

УДК 681.5

## АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА КАРБАМИДА

А.Е. Косинов, студент гр. ИЗб-191, IV курс

Научный руководитель: Т.Н. Теряева Т.Н., д.т.н., профессор

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

Минеральные удобрения являются одним из важнейших видов продукции химической промышленности. Карбамид (мочевина) среди азотных удобрений занимает второе место по объему производства после аммиачной селитры. Рост производства карбамида обусловлен широкой сферой его применения в сельском хозяйстве. Он обладает большой устойчивостью к выщелачиванию по сравнению с другими азотными удобрениями, т. е. менее подвержен вымыванию из почвы, менее гигроскопичен.

Карбамид представляет собой высококонцентрированное азотное удобрение с содержанием азота в товарном продукте не менее 46,2 %. По сравнению с другими твердыми азотными удобрениями карбамид содержит наибольшее количество азота, это, в основном, и определяет экономическую целесообразность его использования в сельском хозяйстве в качестве удобрения [1].

Карбамид очень широко применяется также для технических целей. В довольно больших количествах используется в получении карбамидоформальдегидных смол основанных на процессах поликонденсации, происходящих при взаимодействии карбамида с формальдегидом.

В электротехнической и машиностроительной промышленности карбамид является сырьем для производства ряда изделий.

В фармацевтической и химической промышленностях, а также для товаров народного потребления карбамид используется в качестве доступного сырья для получения большого количества продуктов.

К отходам в производстве карбамида относится некондиционная продукция (твёрдые отходы) выбросы в атмосферу (газообразные оксиды азота и аммиак) и промышленные стоки, содержащие аммиак и мочевину [2].

Образование отходов рассмотрено ниже, при описании технологии производства карбамида.

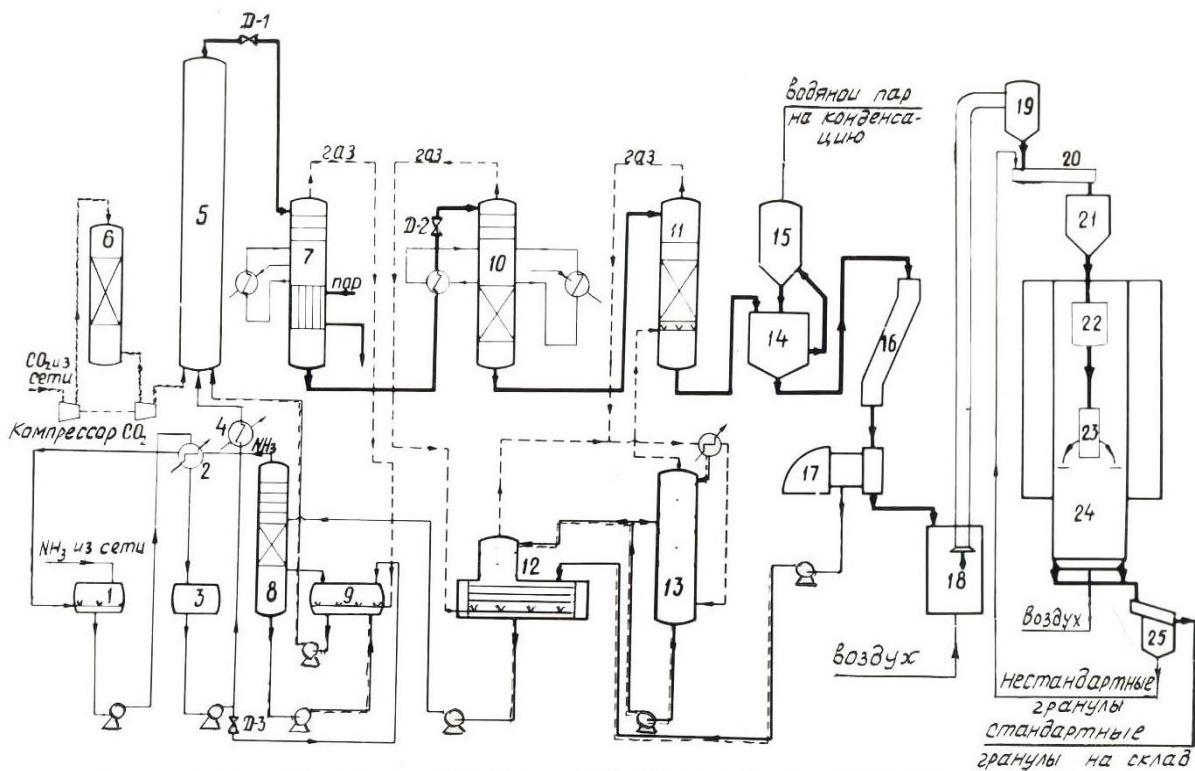


Рис. Принципиальная схема производства карбамида:

1 – регенератор жидкого аммиака, 2 – конденсатор возвратного аммиака, 3 – резервуар жидкого аммиака, 4 - подогреватель жидкого аммиака, 5 – колонна синтеза карбамида, 6 – колонна дегидрирования, 7 – колонна дистилляции первой ступени, 8 – абсорбер высокого давления, 9 – холодильник для абсорбера высокого давления, 10 – колонна дистилляции второй ступени, 11 – газосепаратор, 12 – абсорбер низкого давления, 13 – абсорбер непрореагировавшей смеси, 14 и 15 – вакуум – кристаллизатор, 16 – сгуститель - декантатор, 17 – центрифуга, 18 – сушилка псевдоожженного слоя, 19 – циклон, 20 – шнековый транспортер, 21 – плавильник, 22 – напорный бак, 23 – гранулятор, 24 – грануляционная башня, 25 – грохот.

При производстве карбамида углекислый газ сжимается турбокомпрессором до давления 25 МПа и в состоянии газа подается в четырехступенчатый компрессор. В колонне дегидрирования с помощью каталитического метода удаляются примеси водорода, содержащиеся в углекислом газе. Далее жидкий аммиак из резервуара подается в реактор с помощью насоса под давлением 25 МПа. При этом жидкий аммиак нагревается в подогревателе. Снизу реактора подается рециркулирующий раствор УАС, из холодильного абсорбера [3].

Из реактора поступает реакционная смесь, состоящая из аммиака, карбамида, карбоната аммония и воды через дроссель  $D_1$  в дистиллятор первой ступени. Дистиллятор первой ступени работает под давлением 1,7 МПа и температуре 165 °С. В нем разлагается почти весь карбомат аммония и испаряется большая часть аммиака.

Газы, образовавшиеся при дистилляции из верхней части аппарата направляются в холодильник абсорбера высокого давления. Раствор карбамида с оставшимися карбаматом аммония и аммиаком направляются в колонну дистилляции второй ступени. Дополнительно в нижнюю часть колонны дистилляции 2-й ступени вводят  $\text{CO}_2$  с небольшими добавками воздуха для пассивации внутренних поверхностей аппарата.

Газы дистилляции из колонны направляются в абсорбер низкого давления. Далее в газосепараторе выделяют оставшиеся примеси аммиака и углекислого газа. Газы из газосепаратора направляются в абсорбер. Почти чистый водный раствор карбамида с концентрацией 70-71 % и температурой 90 °C подается в вакуум - кристаллизационную установку. В верхней части вакуум - кристаллизатора поддерживается вакуум, и из раствора карбамида начинает интенсивно испаряться вода. В то же время температура раствора понижается и начинается кристаллизация карбамида.

Образовавшаяся суспензия стекает в нижнюю часть кристаллизатора, где установлена тихоходная мешалка, которая работает под атмосферным давлением. На этом этапе кристаллы растут до определенного размера и осаждаются на дно. При помощи скребковой мешалки суспензия с концентрацией твердой фазы примерно 30 % выгружается, и поступает в декантатор для предварительной гидроклассификации и сгущения.

Крупные кристаллы карбамида в виде сгущенной суспензии с концентрацией твердой фазы 70 % поступают самотеком в автоматическую центрифугу непрерывного действия для окончательного обезвоживания и промывки водой от примесей биурета, а мелкие фракции, которые прошли через сетку, возвращаются в производственный цикл.

Очищенный осадок кристаллов карбамида с влажностью от 2, до 3 % выгружается и окончательно высушивается теплым воздухом в сушилке с псевдоожженным слоем. Высушенные кристаллы с влажностью не более 0,2 % при помощи пневмотранспорта направляются в верхнюю часть грануляционной башни.

Здесь кристаллы улавливаются в групповом циклоне и с помощью шнека подаются в плавильник, оборудованный мешалкой. Образовавшийся расплав карбамида фильтруется от механических примесей и разбрызгивается при помощи специальных устройств во внутреннюю шахту грануляционной башни в виде отдельных капель навстречу восходящему потоку воздуха.

За время падения с такой высоты капли успевают закристаллизоваться с образованием гранул сферической формы, которые дополнительно охлаждают воздухом в нижней части башни в холодильнике с псевдоожженным слоем, классифицируются, и товарная фракция гранул размером от 1 до 4 мм., обрабатывается антислётывающими добавками и складируются.

Основным и самым опасным выбросом при производстве карбамида является аммиак, его выбросы могут достигать 28 килограмм аммиака на 1 тонну карбамида. Наибольшие потери аммиака (исходного сырья) происходят

в выпарных аппаратах на стадии выпарки растворов карбамида и в грануляционных башнях на стадии грануляции.

Основными причинами потерь аммиака с отходящими газами являются уменьшение количества или повышение температуры охлаждающей воды в конденсаторах сокового пара, а также повышение давления в выпарных аппаратах.

Аммиак является токсичным веществом, его относят к 4-му уровню опасности.

По физиологическому действию на организм относится к группе веществ удушающего и нейротропного действия, способных при ингаляционном поражении вызвать токсический отёк лёгких и тяжёлое поражение нервной системы.

Аммиачные пары раздражают слизистые оболочки глаз и органов дыхания, а также кожные покровы, сопровождается резким запахом. Пары аммиака вызывают обильное слезотечение, боль в глазах, химический ожог роговицы, потерю зрения, приступы кашля, покраснение и зуд кожи. При соприкосновении сжиженного аммиака и его растворов с кожей возникает жжение, возможен химический ожог. Кроме того, сжиженный аммиак при испарении поглощает тепло, и при соприкосновении с кожей возникает обморожение различной степени.

Эффективным способом уменьшения потери аммиака в окружающую среду является полная конденсация сокового пара узла выпарки. Поэтому на современных промышленных предприятиях для уменьшения выброса аммиака в окружающую среду устанавливают серию дополнительных конденсаторов.

В сепараторе 11 происходит интенсивное выделение сокового пара, который направляется в конденсатор, охлаждаемый обратной водой. Несконденсировавшиеся пары направляются на повторную конденсацию в хвостовой конденсатор. Здесь происходит полная конденсация аммиака, карбамида и паров воды. Несконденсировавшиеся инертные газы из хвостового конденсатора выбрасываются в атмосферу

Также негативное влияние на здоровье человека оказывает пыль карбамида, относящаяся к 3 классу опасности (умеренно опасные вещества). Максимально допустимая концентрация карбамида в воздухе рабочей зоны составляет  $10 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

Пыль карбамида (мочевины) выделяется на стадии подготовки карбамида. Большое количество пыли образуется при разгрузке карбамида из мешков в бункер. Также при недостаточной герметизации машин и неисправности систем улавливания пыль образуется при работе дробилки, шнека и элеватора [4, 5].

Карбамид может попасть в тело человека, через пищеварительный тракт, органы дыхания, глаза, а также при оседании на коже. Длительное вдыхание воздуха при превышении в нем ПДК может вызвать хроническое воспаление слизистой оболочки трахеи и бронхов, изменениям функции пе-

чени и почек. При ингаляционном отравлении наблюдается раздражение слизистой дыхательных путей и затрудненное дыхание.

Для предотвращения негативного воздействия на здоровье человека необходимо оборудовать все производственные помещения общеобменной принудительной вентиляцией, а места возможного запыления - местными отсосами.

#### Список литературы:

1. Аммиак [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Аммиак> (дата обращения: 22.10.2022)
2. Выбросы карбамида [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru-ecology.info/term/39360/> (дата обращения: 22.10.2022)
3. Техника безопасности и охрана труда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studbooks.net/2297540/matematika\\_himiya\\_fizika/tehnika\\_bezopasnosti\\_ohrana\\_truda](https://studbooks.net/2297540/matematika_himiya_fizika/tehnika_bezopasnosti_ohrana_truda) (дата обращения: 22.10.2022)
4. Пыль мочевины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ngpedia.ru/id350909p1.html> (дата обращения: 22.10.2022)
5. Регламент карбамид № 88, от РТН 110418 20.04.2018 г.