

## Устранение газовых выбросов производства карбамида путем их утилизации в технологическом процессе

А. В. Панин

ОАО «Научно-исследовательский и проектный институт карбамида»,

E-mail: panin@niik.ru

*Рассмотрены задачи, которые необходимо решить для обеспечения работы цехов производства карбамида без передачи газовых сдувок в смежные цехи. Описаны решения по минимизации объема газовых сдувок и их утилизации в технологическом процессе производства карбамида.*

*Детально изложены технологические решения, направленные на уменьшение объема сдувок после I и II ступеней дистилляции. Приведены результаты реализации проекта по «замыканию газовых сдувок», в частности уменьшение выбросов аммиака из абсорберов I ступени до величины, значительно меньшей балансового значения.*

**Ключевые слова:** цех производства карбамида, аммиак, газовые выбросы, абсорбер, теплообменник-рекуператор, стриппер-дистиллятор.

В связи с закрытием «старых» цехов производства аммиачной селитры, а также учитывая тенденцию ужесточения контроля за состоянием окружающей среды, поднимается вопрос о возможности работы «старых» цехов производства карбамида в автономном режиме (без передачи газовых сдувок в смежные цехи) и снижении влияния производства карбамида на окружающую среду. Для обеспечения автономной работы цеха производства карбамида необходимо ликвидировать три основных источника газовых сдувок в смежный цех:

- газовую фазу после конденсаторов жидкого аммиака (I ступень дистилляции);
- газовую фазу из емкости постоянного напора (II ступень дистилляции);
- газовую фазу из танка жидкого аммиака.

Концепция реконструкции цехов с полным жидкостным рециклом включает в себя решение двух взаимосвязанных задач:

- минимизация объема газовых сдувок;
- замыкание газовых сдувок.

Первую задачу можно разделить на две взаимосвязанные подзадачи: снижение объема газовых сдувок после I и II ступеней дистилляции.

Для решения первой подзадачи необходимо снизить нагрузку на узел промывной колонны, а также повысить эффективность работы этого узла. Снижение нагрузки на узел промывной колонны достигается путем рекуперации тепла газов дистилляции I ступени в межтрубном пространстве теплообменника-рекуператора, заменой барботера промывной колонны, а замена тарельчатого промывателя промывной колонны позволяет повысить эффективность работы узла промывной колонны.

*Установка теплообменника-рекуператора.*

Для уменьшения тепловой нагрузки на узел промывной колонны на 30–40%, а также с целью повышения концентрации раствора карбамида перед выпаркой устанавливается теплообменник-рекуператор. Упариваемый раствор карбамида после второй ступени дистилляции вводится в сепарационную камеру, где распределяется по теплообменным трубкам специальными устройствами и стекает тонкой пленкой по внутренней поверхности труб вертикального пучка. Благодаря этому процесс упаривания протекает очень интенсивно даже при малой разности температур. Упаренный раствор передают на выпарку, а соковый пар поступает в сборник сточных вод.

*Замена барботера.* С целью более полной конденсации газов дистилляции I ступени барботер заменяется аппаратом с увеличенной теплообменной поверхностью. Кроме того, в результате увеличения диаметра аппарата происходит увеличение объема жидкости в барботажной зоне, что снижает вероятность колебаний уровня и его влияние на технологический режим. Барботер представляет собой кожухотрубный теплообменник с двумя барботажными трубами, расположенными под трубчаткой. В теплообменнике происходит поглощение аммиаком основного количества диоксида углерода и конденсация водяного пара. Тепло реакции образования углеаммонийных солей отводится оборотной водой, подаваемой в трубное пространство барботера.

*Замена тарельчатого промывателя.* Замена тарельчатого промывателя существующей промывной колонны позволяет минимизировать возможность проскока диоксида углерода в конден-

саторы аммиака. Для тонкой очистки от диоксида углерода орошение тарельчатого промывателя ведется жидким аммиаком из буфера первого по ходу газа конденсатора аммиака.

Для решения второй подзадачи необходимо снизить нагрузку на узел конденсации II ступени дистилляции, что достигается путем замены колонны дистилляции I ступени усовершенствованной колонной и установки стриппера-дистиллятора среднего давления вместо тандема подогревателя и сепаратора, а также путем установки отдельного узла конденсации газов десорбции. При этом осуществляется переобвязка технологических трубопроводов с подачей газов дистилляции из стриппера-дистиллятора в новую колонну дистилляции I ступени и далее в межтрубное пространство теплообменника-рекуператора. В результате за счет увеличения температуры на 10–12°C на выходе из колонны дистилляции происходит увеличение степени отгонки непрореагировавших аммиака и диоксида углерода из раствора на I ступени дистилляции, а также снижение нагрузки на узлы дистилляции II ступени, выпарки и абсорбции.

*Установка стриппер-дистиллятора.* Для повышения степени разложения карбамата аммония и увеличения отгонки непрореагировавших аммиака и диоксида углерода из раствора с целью снижения нагрузки на узлы дистилляции II

ступени и абсорбции устанавливается стриппер-дистиллятор взамен подогревателя I ступени дистилляции и сепаратора. В верхней части аппарата имеется распределительное устройство для равномерного распределения плава карбамида по трубкам дистиллятора и создания устойчивого пленочного режима в трубках. В нижней части аппарата смонтировано устройство для ввода стриппинг-агента. В межтрубное пространство дистиллятора подается водяной пар.

*Замена существующей колонны дистилляции I ступени* усовершенствованной колонной позволяет уменьшить рецикл карбамида и воды с раствором углеаммонийных солей в узел синтеза. На ситчатых тарелках происходит эффективный тепломассообмен между входящим потоком плава синтеза и выходящими горячими газами дистилляции. Кроме того, эффективная и прочная конструкция узла ввода плава в колонну позволяет гасить кинетическую энергию струи непосредственно в корпусе узла ввода плава, а не в сепарационном объеме колонны, что практически устраняет брызгоунос плава с отходящими газами. Принципиальная схема реконструкции узлов дистилляции I ступени и форвыпарки представлена на **рис. 1**.

*Установка узла конденсации газов десорбции* с циркуляционным контуром позволяет снизить тепловую нагрузку на конденсаторы II

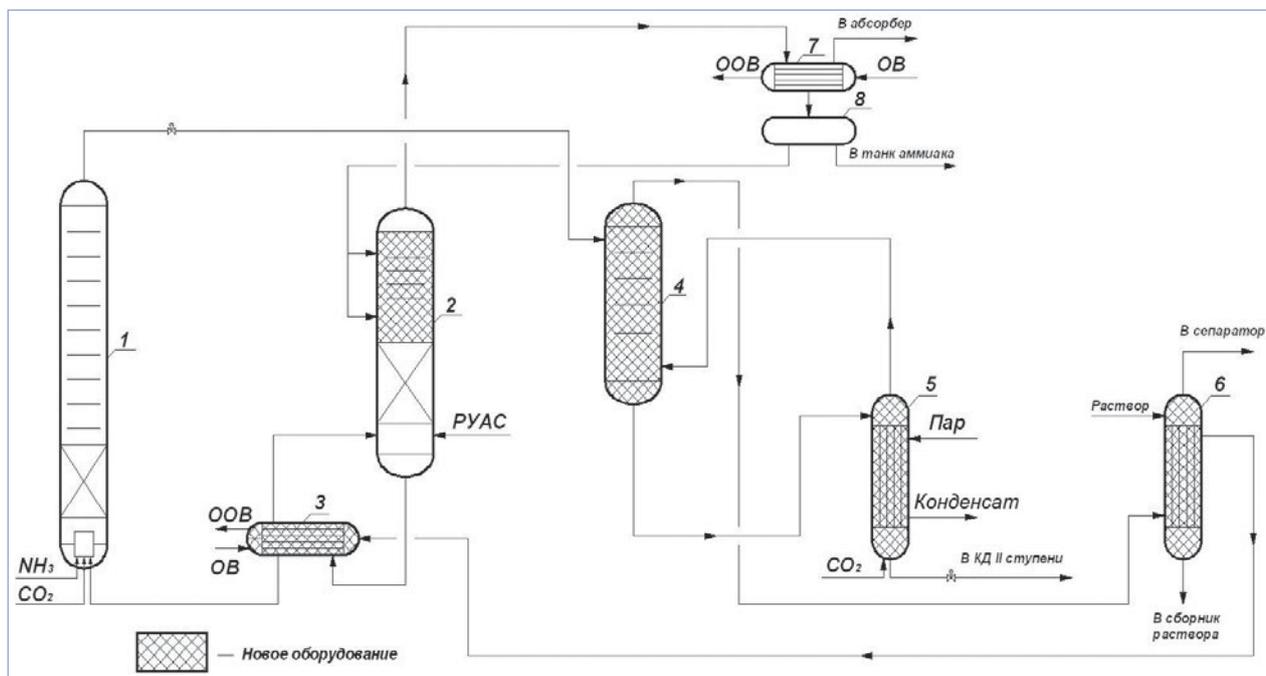


Рис. 1. Принципиальная схема реконструкции узлов дистилляции I ступени и форвыпарки: 1 — колонна синтеза карбамида; 2 — промывная колонна; 3 — барботер; 4 — колонна дистилляции I ступени; 5 — стриппер-дистиллятор; 6 — рекуператор; 7 — конденсатор аммиака; 8 — буферная емкость; ПУАС — раствор углеаммонийных солей; ОВ — обратная вода

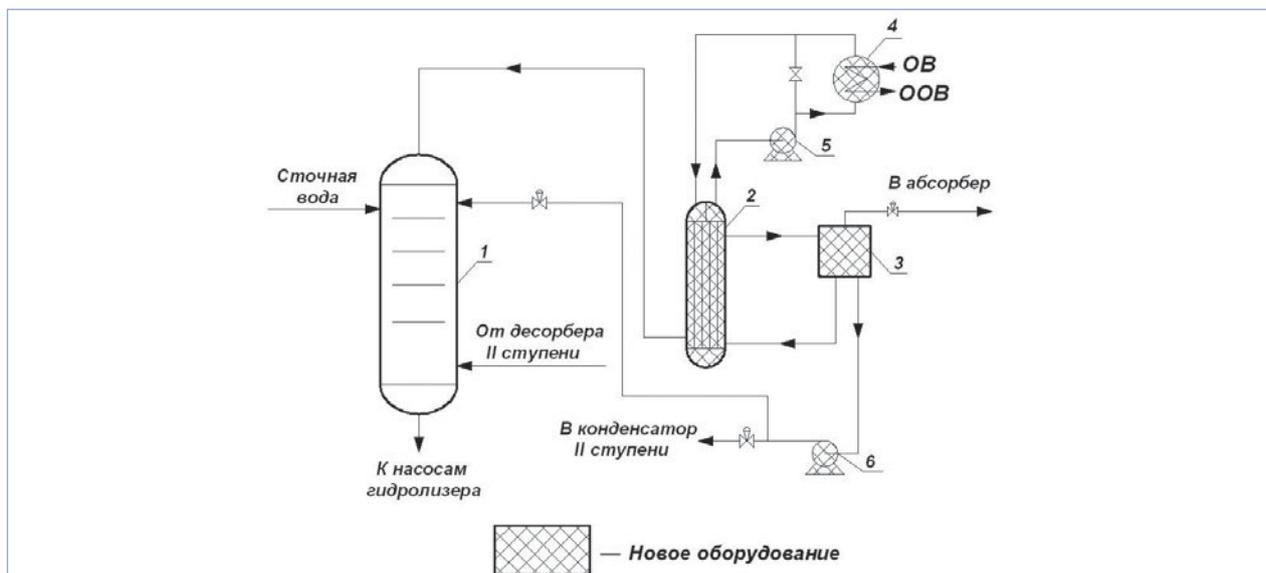


Рис. 2. Принципиальная схема реконструкции узла десорбции: 1 — десорбер I ступени; 2 — конденсатор газов; 3 — сборник флегмы; 4 — холодильник конденсатора; 5 — насос конденсата; 6 — насос флегмы

ступени дистилляции, а переобвязка технологических трубопроводов газовой фазы после десорбера I ступени десорбера в конденсатор, раствора углеаммонийных солей из сборника флегмы в конденсаторы II ступени дистилляции и на орошение десорбера I ступени обеспечивает получение раствора углеаммонийных солей с меньшим содержанием воды. Принципиальная схема реконструкции узла десорбции представлена на **рис. 2**.

Для решения второй задачи (замыкание газовых сдувок) предусматривается реализация следующих технических решений.

1. Установка абсорбера и сепаратора.
2. Линия «дыхания» из танка жидкого аммиака направляется в линию газовой фазы из первого конденсатора аммиака во второй конденсатор аммиака каждого агрегата.
3. Линия газовой фазы из напорного бака II ступени дистилляции направляется в атмосферный абсорбер.
4. Установка тарельчатого промывателя в верхней части существующего абсорбера атмосферного давления.

*Установка абсорбера I ступени дистилляции.*  
Установка абсорбера и сепаратора после последнего по ходу газа конденсатора аммиака позволяет возвращать аммиачную воду в промывную колонну и далее в узел синтеза. Не сконденсировавшийся в конденсаторах аммиак и инертные примеси из последнего по ходу конденсатора аммиака подаются в межтрубное пространство абсорбера через барботажные устройства.

Абсорбер (**рис. 3**) состоит из кожухотрубного теплообменника, совмещенного с насадочной частью. Последняя заполнена металлическими кольцами с целью сведения к минимуму свободного объема, в котором возможно образование взрывоопасной смеси водорода и кислорода, входящих в состав инертных примесей.

Межтрубное пространство и насадочная часть абсорбера заполнены очищенной сточной водой. Газовая фаза поступает через распределитель и барботирует через слой жидкости. При этом из газовой фазы абсорбируется аммиак с образованием аммиачной воды. Теплота абсорбции аммиака отводится обратной водой, подаваемой в трубное пространство абсорбера. Аммиачная вода из абсорбера по переливной

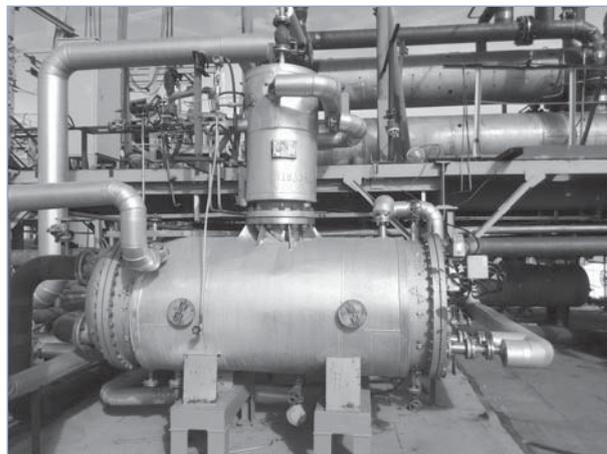


Рис. 3. Абсорбер I ступени дистилляции

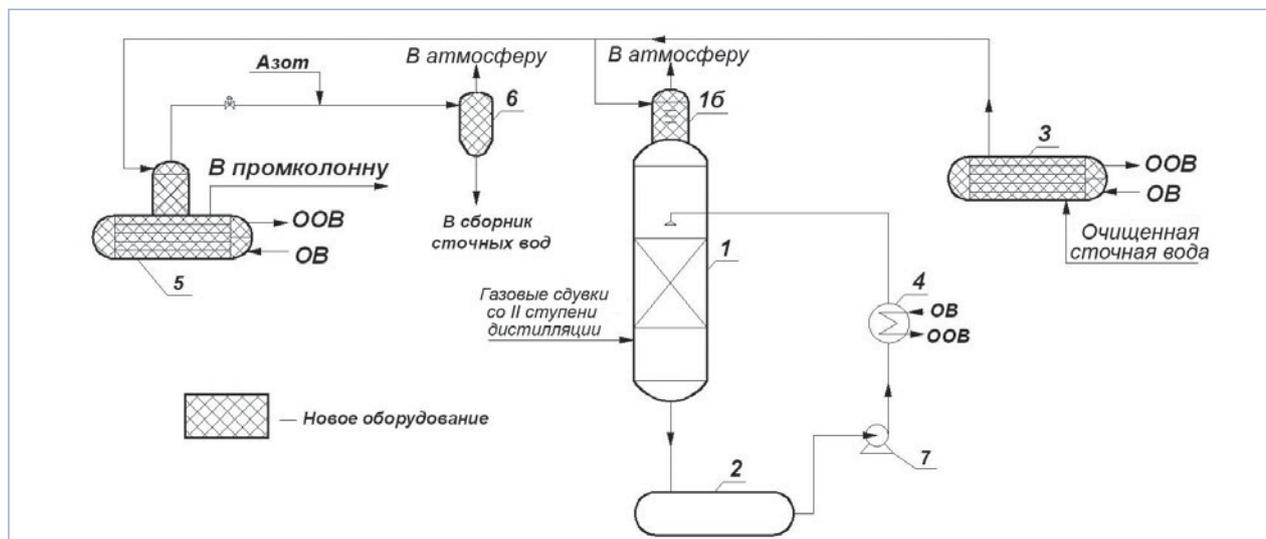


Рис. 4. Принципиальная схема реконструкции узлов абсорбции: 1 – абсорбер под атмосферным давлением; 1б – тарельчатый промыватель; 2 – сборник сточной воды; 3 – холодильник; 4 – холодильник абсорбера; 5 – абсорбер I ступени дистилляции; 6 – сепаратор; 7 – насос абсорбера

трубе отводится в промывную колонну. За счет переливной трубы в абсорбере обеспечивается постоянный уровень жидкости и минимально возможный свободный объем в насадочной части.

Рабочее давление в системе дистилляции первой ступени поддерживается сбросом инертных примесей из насадочной части абсорбера через клапан в сепаратор, а далее в атмосферу.

Установка тарельчатого промывателя в верхней части абсорбера под атмосферным давлением позволяет более эффективно улавливать аммиак за счет подачи очищенной сточной воды с температурой не более 35°C после вновь устанавливаемого холодильника. Количество выбросов аммиака с учетом перевода газовой фазы со II ступени дистилляции не превышает допустимых значений. Принципиальная схема реконструкции узлов абсорбции представлена на **рис. 4**.

Проект по замыканию газовых сдувок был внедрен в цехе «Карбамид-2» ОАО «НАК «Азот» (Тульская область, г. Новомосковск). Ранее в цехе уже были реализованы технические мероприятия по реконструкции I ступени дистилляции и форвыпарки (установка стриппера-дистиллятора, колонны дистилляции и рекуператора). Затем ОАО «НИИК» была разработана проектная документация, и выполнены конструкторские чертежи по основному технологическому оборудованию проекта, включающего оставшиеся технические решения по «замыканию газовых сдувок»

(установка узла конденсации газов десорбции, концевой абсорбер I ступени дистилляции и реконструкция узла абсорбции под атмосферным давлением). Также осуществлены изготовление и поставка основного технологического оборудования на площадку Заказчика. На площадке Заказчика проводился шефмонтаж и авторский надзор специалистами ОАО «НИИК».

В марте 2015 г. совместно со специалистами ОАО «НАК «Азот» были проведены пусконаладочные работы по проекту «Расширение узлов производства с замыканием газовых сдувок цеха «Карбамид-2». В результате проведенных пусконаладочных работ были достигнуты следующие результаты:

- обеспечена автономная работа цеха в режиме замыкания газовых сдувок и стабилизация его работы на нагрузке 1200 т/сут.;
- выбросы аммиака из абсорберов I ступени в атмосферу составили 0,5–0,6 кг/ч из каждого при балансовом значении не более 2,5 кг/ч.

При реализации проекта по замыканию газовых сдувок достигается ликвидация газовых выбросов из производства карбамида в цех аммиачной селитры (обеспечивается автономная работа цеха производства карбамида), а также происходит снижение расходного коэффициента по аммиаку за счет переработки газовых сдувок в цехе карбамида. Таким образом, уменьшается негативное воздействие производства карбамида на окружающую среду.

A. V. Panin

Research and Design Institute of Urea and Organic Synthesis Products

**Elimination of Gas Discharge at Urea Production Plants by Utilization in Technological Chain**

*The article considers the aims that are to be dealt with in order to provide urea production plants operation without gas vents disposal to related plants. Possible solutions for gas vents ratio minimization and gas vents closing are described. Process design solutions are stated in details, aimed at decrease of gas vents ratio after the first and the second distillation stages. Implementation results of the project on gas vents closing are presented, including ammonia discharge decrease from the first stage absorbers to a value that is considerably lower than settle-out value.*

**Key words:** urea production plant, ammonia, gas discharge, absorber, recuperative heat exchanger, distillation stripper.

*Вниманию авторов!***Требования к оформлению и представлению материалов для публикации**

1. Материалы для публикации представляются в виде файла в формате Microsoft Word for Windows — по электронной почте.
2. Титульный лист статьи, заверенный подписью автора, следует прислать по факсу или электронной почте (скан).
3. Материалы для публикации обязательно должны содержать аннотацию и ключевые слова на русском и (желательно) английском языках.
4. К материалам для публикации прилагаются сведения обо всех авторах: фамилия, имя, отчество, место работы полностью, e-mail, адрес (с индексом), телефон.
5. Статья должна быть написана хорошим литературным языком. В ней не должны содержаться базисные, общеизвестные, сведения по профильной научной тематике.
6. Объем материала не должен превышать 14 страниц, включая рисунки и таблицы. Рекомендуется использовать 12 шрифт с полуторным межстрочным интервалом.
7. При использовании единиц измерения необходимо придерживаться международной системы единиц СИ (давление — в МПа, плотность — в кг/м<sup>3</sup> и т. д.).
8. Дублирование данных в тексте, таблицах и рисунках недопустимо.
9. Если авторы статьи ссылаются на собственные труды, то их общее количество не может превышать 50% списка литературы.
10. Ссылки на литературу приводятся в тексте в квадратных скобках, например [1, 2], [4–6]. Список литературы формируется в соответствии с очередностью упоминания цитируемых источников в тексте статьи (а НЕ в алфавитном порядке).
11. Графическая информация должна быть черно-белой (за исключением фотографий). Графики, диаграммы, схемы и др. рекомендуется представлять в файлах формата EPS или TIFF (300 dpi, CMYK или grayscale), за исключением рисунков, сделанных в программах Microsoft Office (Excel, Visio, PowerPoint и т. д.), которые представляются в оригинале. Рисунки должны быть четкими и выполняться на белом фоне. Каждый рисунок должен быть снабжен подрисуночной подписью. Оси графиков должны иметь подписи без сокращений. Элементы схем, чертежей и др. должны иметь подписи или обозначения, расшифровка которых должна содержаться в подрисуночной подписи.
12. Таблицы выполняются в форматах Microsoft Word или Excel. Каждая строка таблицы должна оформляться именно как отдельная строка. Разделение строк и столбцов таблицы с помощью знаков «пробел», «Enter» не допускается.
13. Простые формулы рекомендуется выполнять в Microsoft Word, более сложные — в Редакторе формул Microsoft Equation Editor или аналогичном редакторе. Все входящие в формулу параметры должны быть расшифрованы. Расшифровку приводят один раз, когда параметр встречается впервые. Выполнение формул в виде рисунков не допускается.

Подробнее о правилах публикации — на сайте [www.nitu.ru](http://www.nitu.ru).