

**Д. В. ФИЛОНЕНКО**, аспирант, НТУ «ХПИ»;

**А. В. ШЕСТОПАЛОВ**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

## АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РЕАКТОРА-СМЕСИТЕЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ДИСТИЛЛЯЦИИ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Анализ направлений усовершенствования реактора-смесителя отделения дистилляции содового производства. В статье рассмотрены проблемы производства соды. Рассмотрены недостатки работы смесителя разложения хлорида аммония известковым молоком отделения дистилляции. Проанализированы конструкции смесителей и пути повышения их эффективности. Определены направления дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** реактор, мешалка, смеситель, кальцинированная сода, известковое молоко.

**Вступ.** Кальцинированная сода – один из важнейших продуктов неорганического синтеза, она широко используется в разных отраслях промышленности.

До настоящего времени наиболее распространенным способом производства соды кальцинированной является аммиачный способ Сольве – до 70% мирового производства. Базирующееся на использовании дешевого и доступного сырья (поваренной соли и известняка) производство соды по аммиачному способу имеет высокий уровень организации технологических процессов (непрерывность, комплексная автоматизация) и сравнительно высокую экономическую эффективность. В то же время технология получения соды аммиачным способом весьма несовершенна по степени использования сырья, наличию значительного количества жидких, твердых и газообразных отходов, а также потерь тепловой энергии.

Исследованию технологии, процессов и аппаратов содового производства посвящены работы Г.Г/ Асеева, А.Р. Гольдштейна, И.Д. Зайцева, М.Б. Зеликина, А.Ф. Зозули, З.К. Зубахиной, С.А. Крашеникова, Г.И. Микулина, Г.А. Ткача и др. Вместе с тем, непосредственное применение результатов известных работ в условиях конкретного предприятия не всегда эффективно и даже не всегда возможно.

Общий объем потребления соды в мире примерно 50 млн. т. в год. Тройка мировых лидеров производства: Китай - США - концерн *Solvay* (Бельгия). Мировая экономика демонстрирует устойчивую тенденцию роста потребления кальцинированной соды в различных отраслях промышленности (рис. 1).

В настоящее время в развивающихся странах ожидается существенный рост потребления соды, аналогичная ситуация - в странах Восточной Европы, России и СНГ. Именно поэтому усовершенствование эффективности технологических процессов производства соды является актуальной задачей.

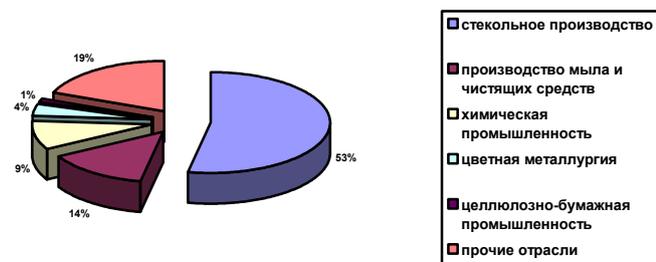


Рис. 1 - Использование кальцинированной соды в разных отраслях промышленности стран СНГ

Целью статьи является анализ направлений усовершенствования работы

отделения дистилляции содового производства.

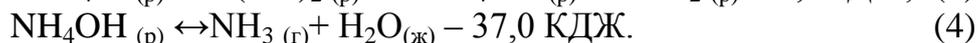
Общеизвестно, что общая масса аммиака, циркулирующего в производстве, составляет около 530 кг на т соды [1]. Из них 450 кг регенерируется из фильтровыйжидкости по схеме так называемой большой дистилляции. Основным назначением отделения дистилляции производства соды является практически полная отгонка диоксида углерода и аммиака из маточной жидкости и формирование непрерывного материального потока парогазовой смеси, направляемой в отделение абсорбции.

В отделении дистилляции кроме маточной жидкости (80% нагрузки отделения) перерабатываются также флегма конденсатора-холодильника газа дистилляции и жидкости, образующаяся в результате промывки газов и аппаратов, а также жидкость из сборных аммиачных канав и аммиачная вода в случае ее подачи в аппараты дистилляции для восполнения потерь аммиака.

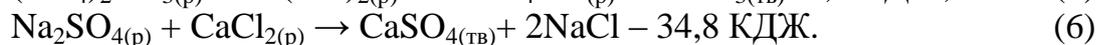
В теплообменнике дистилляции в результате нагрева дистиллируемой жидкости (до 80-97°C) происходит разложение углекислых соединений аммония. Для осуществления следующей стадии регенерации  $\text{NH}_3$  из  $\text{NH}_4\text{Cl}$  жидкость теплообменника дистилляции смешивают с известковым молоком в смесителе.

В себестоимости кальцинированной соды стоимость известкового молока занимает значительное место, поэтому уменьшение расхода его на тонну соды при больших масштабах производства дает большой экономический эффект.

Взаимодействие твердого хлорида аммония и известкового молока происходит в реакторе-смесителе, являющемся одним из основных аппаратов в схеме. Регенерация аммиака из твердого хлорида аммония сопровождается сложным комплексом физико-химических и термодинамических условий, влияющих на протекание массообменных процессов. При этом в реакторе-смесителе имеют место следующие реакции [2]:



Ввиду того, что твердый хлорид аммония не промывается (массовая доля воды до 5%), в нем содержится незначительное количество примесей из маточника, которые также вступают в реакцию обменного разложения



Энтальпия, масса и состав образующихся твердой, жидкой и газовой фаз в многокомпонентной системе будут определяться соотношением термодинамических и кинетических параметров трех основных процессов, описываемых (1)-(4), а также массой, составом и энтальпией входных материальных потоков.

Реактор-смеситель служит для смешения жидкости фильтров с известковым молоком, здесь же протекает реакция между  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . В смесителе возможно также побочное взаимодействие  $\text{CaCl}_2$ , присутствующего в жидкости сульфата натрия и оставшегося неразложенного карбоната аммония. При этом осаждаются  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{CaCO}_3$ , склонные к образованию сильно пересыщенных растворов. В дальнейшем на поверхности дистиллера из этих растворов отлагаются трудно удаляемые корки. Кристаллизация этих солей при снятии пересыщения является также существенным фактором в процессе образования твердых, отложений на стенках аппаратов. Поэтому необходимы мероприятия, способствующие

уменьшению и даже снятию пересыщения. Скорость снятия пересыщения зависит от условий смешения жидкости с известковым молоком, качества известкового молока, наличия твердых примесей и кристаллов затравки как центров кристаллизации  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{CaCO}_3$ .

Реакция между  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$  проходит достаточно быстро — в течение от 3 мин. до 5 мин. — при использовании нормально обожженной извести, поэтому объем смесителя не должен быть большим. Однако с целью ликвидации пересыщения раствора по  $\text{CaSO}_4$  и  $\text{CaCO}_3$  и увеличения срока работы дистиллера между чистками пребывание жидкости в смесителе увеличивают до 30—40 мин, что и определяет объем аппарата. При этом удается использовать и некоторое количество от 25% до 30% малоактивной извести.

Перспективным направлением исследований, является снижение времени разложения хлористого аммония до 5 мин и менее, что позволит существенно сократить объем реакционной зоны и в несколько раз уменьшить циркуляционный поток кристаллов ангидрита в реакторе-смесителе, а также более полно использовать малоактивную часть суспензии гидрата кальция. Все это приводит к снижению затрат на проведение вышеуказанных процессов.

Реактор-смеситель типовой дистилляционной колонны (рис. 2) представляет собой цилиндрический стальной резервуар диаметром 3,2 м и высотой 10,7 м, снабженный рамной мешалкой 2 с частотой вращения 13,9 об·мин.<sup>-1</sup> [3].

Верхняя, не заполненная жидкостью часть реактора-смесителя служит сепаратором брызг, поступающих с парогазовым потоком из дистиллера. В производстве соды начали применяться смесители диаметром 3,4 м и 4,5 м с увеличенной (до 6 м) сепарационной зоной для уменьшения брызгоуноса.

При этом большое внимание уделяется узлу ввода парогазовой смеси в смеситель. Для уменьшения брызгоуноса устанавливается специальный отбойник, который направляет парогазовую смесь по периметру аппарата.

Возможно осуществление тангенциального ввода парогазовой смеси в аппарат. Следует отметить, что трубопроводы для подачи суспензии из смесителя в дистиллер должны иметь минимальное число изгибов. Желательно также, чтобы они были наклонены в сторону дистиллера, что позволит (сократить число чисток трубопроводов).

Сегодня ведутся поиски новых конструкций реакторов-смесителей отделения дистилляции и пути интенсификации процессов их работы. Так в работах Посторонко А. И. [4] для увеличения скорости реакции между  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$  суспензию шлама

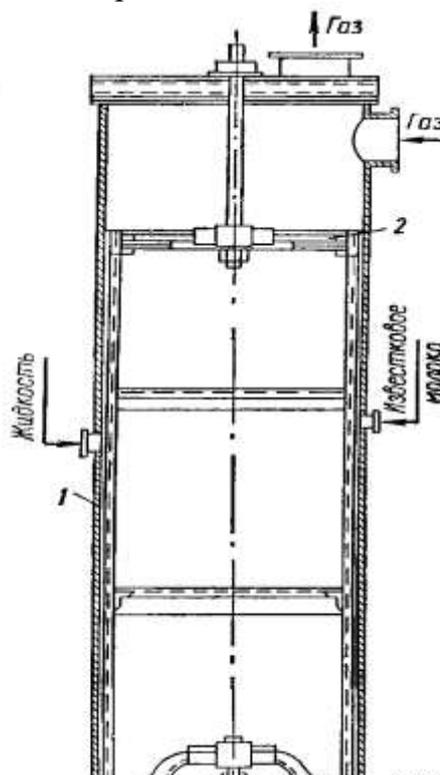


Рис. 2 - Реактор-смеситель: 1 - корпус; 2 - рамная мешалка; 3 - днище

каустификации подвергали дроблению с использованием колеса со струнными элементами центробежного насоса-мешалки, общий вид которого представлен на рис 3.

Доля частиц  $\text{CaCO}_3$  размером менее 15 мкм после обработки струнными элементами по экспериментальным данным [4] составляет 80%, что способствует лучшему взаимодействию  $\text{CaCO}_3$  с  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Колесо со струнными элементами центробежного насоса-мешалки состоит из ступицы 1, диска 2 с отверстиями 3, на которые крепятся Т-образные выступы 4, пальцевые опоры 7, расположенные симметрично относительно диска. В Т-образных выступах, пальцевых опорах и диске проточены направляющие пазы 5, в которые укладываются струнные элементы в виде медных канатиков 6 диаметром 3-5 мм.

На Стерлитамакском производственном объединении «Сода» предложен смеситель дистилляции производства кальцинированной соды, который содержит корпус, перемешивающее устройство, штуцеры ввода жидкости, вывода суспензии, ввода и вывода парогазовой смеси и устройство для ввода извести, снабженное бункером и шнеком [5]. Такая конструкция с применением струйного насоса позволяет существенно уменьшить объем реакционной зоны, время разложения хлорида аммония и снятия сульфатного и карбонатного пересыщения.

Известные сегодня математические модели реактора-смесителя основаны на заданных значениях характеристик и потому не могут быть непосредственно использованы для расчетов конструкций в схеме содового производства, поскольку не позволяют точно рассчитывать материальные и тепловые балансы и степень отгонки  $\text{NH}_3$  из-за существенных изменений технологических параметров входных материальных потоков. В связи с этим существует необходимость разработки математической модели реактора-смесителя, которая включает систему уравнений покомпонентного материального и теплового балансов.

Подводя итог, необходимо констатировать, что разработка реактора-смесителя отделения дистилляции с целью снижения объема реакционной зоны является весьма актуальной задачей, так как позволит в несколько раз уменьшить циркуляционный поток кристаллов ангидрита в реакторе-смесителе и более полно использовать малоактивную часть суспензии гидрата кальция. Ввиду того, что на ход описанной химической реакции оказывает влияние состав подаваемых в смеситель веществ, гидродинамика потоков и тепло-массообменные процессы протекающие в реакторе, то для повышения эффективности работы смесителя необходимо проведение экспериментальных исследований кинетики разложения хлорида аммония гидроокисью кальция и выявление факторов влияющих на этот процесс. Полученные экспериментальные зависимости станут основой для разработки математической модели процесса и усовершенствования работы реактора смесителя дистиллерного отделения производства соды.

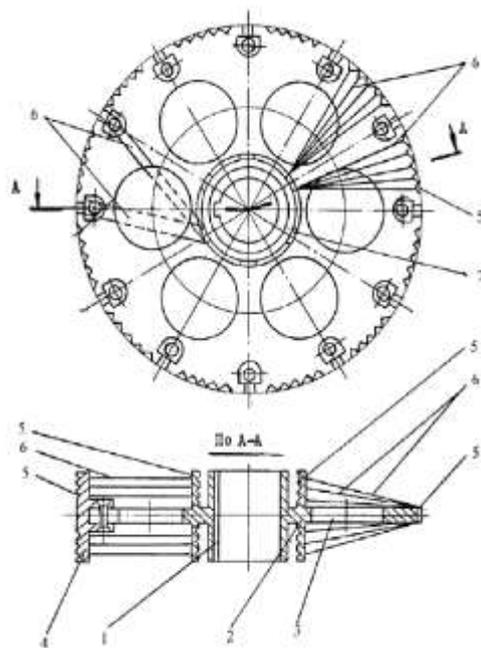


Рис. 3 - Общий вид колеса со струнными элементами центробежного насоса-мешалки и разрез А-А

**Список литературы:** 1. Шокин И. Н., Крашенинников С. А. Технология соды / И. Н. Шокин, С. А. Крашенинников. — М.: Химия, 1975. — 288 с. 2. Хексель, Л. К. Совершенствование технологии производства кальцинированной соды на основе циклического метода / В. Ф. Корнюшко, Н. Н. Фальковский, Л. К. Хексель // Экология и промышленность - 2008. - №8, с.11-18. 3. Зайцев И. Д. Производство соды / И. Д. Зайцев, Г. А. Ткач, Н. Д. Стоев. — М.: Химия, 1986. — 312 с. 4. Посторонко А. И. Исследование регенерации аммиака из фильтровой жидкости содового производства / А. И. Посторонко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Хімія і хімічна технологія". Випуск 152. — Донецьк: ДонНТУ, 2009. - С. 127 – 131 5. А. с. 1428439 СССР, МПК<sup>4</sup> В01F5/04, С01D7/18. Смесь дистиляции производства кальцинированной соды / М. С. Бакиров, А. В. Воронин, П. М. Автин, Ю. И. Мальцев. — №4116565; заявл. 04.09.1986, опубл. 07.10.1988.

Надійшла до редколегії 10.05.2013

УДК 661.333

**Анализ направлений усовершенствования реактора-смесителя отделения дистиляции содового производства / Филоненко Д. В., Шестопапов А. В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. — Х: НТУ «ХПІ», — 2013. - № 26 (999). — С.194-198 . — Бібліогр.: 5 назв.

Аналіз напрямів удосконалення реактора-змішувача відділення дистиляції содового виробництва. У статті розглянуті проблеми виробництва соди. Розглянуті недоліки роботи змішувача розкладання хлориду амонію вапняним молоком відділення дистиляції. Проаналізовані конструкції змішувачів і шляху підвищення їх ефективності. Визначені напрями подальших досліджень.

**Ключові слова:** реактор, мішалка, змішувач, кальцинована сода, вапняне молоко.

Analysis of directions reactor-mixer improvement of soda production distillation department. The problems of soda production are considered in the article. The lacks of mixers work of destruction salmiac by the limewater of distillation department are considered. Constructions of mixers and way of increasing their efficiency are analyzed. Directions of further researches are certain.

**Keywords:** reactor, mixer, blender, soda ash, lime milk.

УДК 621.224

**О. В. ПОТЕТЕНКО**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»;  
**В. Э. ДРАНКОВСКИЙ**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПІ»;  
**Л. М. ЦЕХМИСТРО**, канд. филос. наук, доц., НТУ «ХПІ»;  
**О. С. ВАХРУШЕВА**, ассистент, НТУ «ХПІ»

### **ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ТЕЧЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ВЫСОКОНАПОРНОГО ГИДРОАГРЕГАТА**

Представлены результаты расчетного исследования пространственного потока жидкости в проточной части радиально-диагонального гидроагрегата, выполненного с помощью программного комплекса FlowVision.

**Ключевые слова:** гидроагрегат, проточная часть, направляющий аппарат, двухрядная лопастная система

**Постановка задачи.** Последние исследования в области гидромеханики и гидравлических машин [1 - 3] связано с расчетом численного моделирования пространственного потока жидкости. Это позволило сэкономить значительные средства на проведение физического эксперимента при создании новых или модификации существующих технических устройств [4]. При этом до недавнего времени область применения соответствующих методов расчета была ограничена теми классами задач, для которых они разрабатывались, а само проведение расчетов было под силу лишь разработчикам этих методов.

© О. В. ПОТЕТЕНКО, В. Э. ДРАНКОВСКИЙ, Л. М. ЦЕХМИСТРО, О. С. ВАХРУШЕВА, 2013