

3. Розроблена математична модель взаємодії гранули з лопаткою диска і отримані достатньо прості для інженерного застосування формули з метою визначення швидкості вильоту гранул при різних кутах нахилу лопатки. Розроблено конструкцію відцентрового розкидача добрив, який забезпечує формування декількох потоків добрив, що одночасно сходять з диска з різними швидкостями і різними кутами вильоту. Виготовлено модель диска з основними конструктивними параметрами.

4. Проведено лабораторні експерименти у відповідності до програми досліджень. Експериментально доведено, що допустима швидкість удару становить від 8 до 12 м/с, залежно від вологості. Оптимальною потрібно вважати вологість 9–12 %, за якої спостерігається максимальна стійкість гранул до удару.

5. Виконано математичну обробку одержаних результатів.

Література

- Xisto, A. L. R. P. Volatile profile and physical, chemical, and biochemical changes in fresh cut watermelon during storage [Text] / A. L. R. P. Xisto, E. V. de B. V. Boas, E. E. Nunes, B. M. V. B. Federal, M. C. Guerreiro // Food Science and Technology (Campinas). — 2012. — Vol. 32, № 1. — P. 173–178. doi:10.1590/s0101-20612012005000020
- Erukainure, O. L. Improvement of the Biochemical Properties of Watermelon Rinds Subjected to *Saccharomyces cerevisiae* Solid Media Fermentation [Text] / O. L. Erukainure, O. V. Oke, A. O. Daramola, S. O. Adenekan, E. E. Umanhonlen // Pakistan Journal of Nutrition. — 2010. — Vol. 9, № 8. — P. 806–809. doi:10.3923/pjn.2010.806.809
- Дубенок, Н. Н. Землеустройство с основами геодезии [Текст]: учеб. для вузов / Н. Н. Дубенок, А. С. Шуляк. — М.: Колос, 2004. — 320 с.
- Каштанов, А. Н. Развитие технологий, методов и средств точного земледелия [Текст] / А. Н. Каштанов, Д. С. Булгаков, И. Н. Голаванев, Э. Н. Молчанов, С. А. Рубцов. — М., 2006. — 147 с.
- Шафран, С. А. Агрохимическая эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений с учетом внутривидовой неоднородности почвенного плодородия [Текст] / С. А. Шафран, В. Д. Черевиков, В. М. Пупынин // Инновационно-технологические основы развития земледелия. — Курск, 2006. — С. 414–416.
- Арманд, Д. Л. Наука о ландшафте [Текст] / Д. Л. Арманд. — Москва: Мысль, 1975. — С. 21–29.
- Княжева, Е. В. Пространственная неоднородность уровня плодородия выщелоченного чернозема в пределах поля [Текст] / Е. В. Княжева, С. М. Надеждин, А. С. Фрид // Почвоведение. — 2006. — № 9. — С. 1120–1129.
- Способ внесения органических удобрений [Текст]: Патент RU 2260930 от 27.09.2005 / Афанасьев Р. А., Мерзлая Г. Е., Ладонин В. Ф., Марченко Н. М. — Режим доступа: \www/URL: http://www.freepatent.ru/patents/2260930
- Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины [Текст] / Н. И. Кленин, А. В. Левшин. — М.: Колос, 2008. — 816 с.
- Халанский, В. М. Сельскохозяйственные машины [Текст] / В. М. Халанский. — М.: Колос, 2006. — 412 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧЕГО ОРГАНА МАШИНЫ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Разработаны программа, методика и получены результаты экспериментальных исследований центробежного рабочего органа для внесения минеральных удобрений. Предложен роторный рабочий орган, конструкционные особенности которого позволяют улучшить равномерность рассеивания минеральных удобрений. Разработаны оригинальные методики определения критической скорости удара о металлическую поверхность с учетом влажности гранул и влияния действия ветра на конечное распределение.

Ключевые слова: минеральные удобрения, разбрасыватель центробежного типа, лопасти, центробежный рабочий орган, диск.

Пономаренко Наталья Александрівна, кандидат технічних наук, кафедра експлуатації машинно-тракторного парку, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, Україна, e-mail: nanagieva@yandex.ua.

Пономаренко Наталья Александровна, кандидат технических наук, кафедра эксплуатации машинно-тракторного парка, Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, Украина.

Ponomarenko Natalia, Dnipropetrovsk State Agrarian University of Economics, Ukraine, e-mail: nanagieva@yandex.ua

УДК 66.01.011

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.34785

Склабинский В. И.,
Аль Хайят
Мохаммед Н. К.

САНИТАРНАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ АММИАКА В ПРОИЗВОДСТВЕ КАЛЬЦИНИРОВАННОЙ СОДЫ

Приведены результаты исследования эффективности работы вихревого распыливающего противоточного массообменного аппарата при абсорбции аммиака. Определены основные источники выбросов аммиака в производстве кальцинированной соды, недостатки существующих промышленных аппаратов. Исследована работа модернизированного аппарата для санитарной промывки технологических газов и приведена графическая интерпретация характеристик аппарата.

Ключевые слова: вихревой аппарат, массообмен, скорость газа, поверхность массопередачи, извлечение аммиака из газовых выбросов.

1. Введение

Для содового производства, работающего по аммиачному способу, наиболее характерными являются выбросы

в атмосферу аммиака, окиси углерода, известняковой, известковой, бикарбонатной и содовой пыли, а также выбросы топочных газов. Основными источниками выбросов аммиака в производстве кальцинированной

сода являются аппараты отделения абсорбции и карбонизации. Кроме того, аммиак содержится в выбросных газах вентиляционных систем ряда технологических отделений этого производства. Технологические выбросы аммиака являются результатом недостаточно эффективной промывки газов раствором поваренной соли (рассолом). Промывка обычно осуществляется в так называемых вторых промывателях газа колонн (ПГКЛ). Эти аппараты представляют собой чугунные барботажные абсорберы диаметром до 2800 мм, снабженные колпачковыми тарелками с переливами.

В производстве соды аппарат ПГКЛ-2 в технологии предназначен для более полного извлечения аммиака после ПГКЛ-1. Действующий на производстве аппарат является аппаратом очистки отходящих газов и работает по принципу противотока между газом и жидкостью.

Для выполнения санитарных норм в ПГКЛ-2 достаточно три теоретические ступени. Однако на производстве применяют не три тарелки, а восемь. Увеличенное число тарелок объясняется большим брызгоуносом.

Данное направление исследований актуально, так как позволит решить экологическую проблему доочистки выбросов содового производства.

2. Анализ литературных источников и постановка проблемы

Необходимость исключительно внимательного подхода к проблеме абсорбции аммиака в условиях производства кальцинированной соды объясняется тем, что аммиак является основным по количеству компонентом, поглощаемым в отделении абсорбции.

Аммиак относится к хорошо растворимым газам, скорость абсорбции которых велика и определяется лишь диффузионным сопротивлением газовой пленки [1].

В настоящее время на некоторых содовых заводах после вторых промывателей стоят санитарные промыватели для дополнительной промывки рассолом выбрасываемых в атмосферу технологических газов. Санитарные промыватели снабжены противоточными дырчатыми тарелками с большим диаметром отверстий. Недостатком данных контактных устройств является высокий брызгоунос и малая эффективность.

Следует отметить, что численное значение величины коэффициента массоотдачи в газовой фазе и площади поверхности контакта фаз для многих типов аппаратов известны по литературным данным [2–4]. Высокими значениями величин коэффициента массоотдачи в газовой фазе обладают скоростные аппараты [3]. Например, максимальную величину коэффициента массоотдачи в газе имеют распылительные аппараты типа труб Вентури [3] и вихревые аппараты [3]. Хотя абсолютная площадь поверхности контакта фаз в этих аппаратах мала, но высокая степень обновления поверхности и высокая турбулизация газа обеспечивают эффективный массоперенос. Следует отметить, что скоростные аппараты отличаются повышенным гидравлическим сопротивлением [5, 6]. Энергетические затраты для скоростных аппаратов увеличиваются с увеличением расхода газа.

Анализ конструкций массообменного оборудования, которое появляется в последние годы, позволяет отметить одно из направлений в его развитии. Была разработана и обоснована перспективная конструкция высокоэффективного вихревого аппарата, обеспечиваю-

щая повышенную пропускную способность по газу и жидкости малым гидравлическим сопротивлением, применительно к условиям и процессам производства кальцинированной соды.

Это распыливающие аппараты, течение в которых характеризуется высокой степенью турбулентности. Высокие скорости газа позволяют также производить распыливание жидкости на капли малого размера и значительно ускорить процесс массопередачи благодаря увеличению межфазной поверхности [7].

3. Цель и задачи исследования

Цель исследования — повысить эффективность работы промывателей газа колонн — П в производстве кальцинированной соды.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить такие задачи:

1. Исследовать параметры работы вихревого распыливающего аппарата при абсорбции аммиака.
2. Определить эффективность абсорбции аммиака в аппарате рассматриваемой конструкции.

4. Конструкция вихревого противоточного массообменного аппарата

Организация вихревого противоточного движения газа (пара) и капель жидкости дает возможность достичь изменения концентрации в одной ступени распыления, которое соответствует нескольким теоретическим ступеням изменения концентрации [8]. Это объясняется как наличием развитой межфазной поверхности, так и турбулизацией внутренних циркуляционных токов в каплях, что приводит к более интенсивному обновлению межфазной поверхности капель [9] и ускоряет массообменные процессы. Такого эффекта можно достичь при определенной организации движения вихревых потоков газа и капель жидкости [10] в аппарате ВРПМА, который показан на рис. 1.

Авторами был разработан и предложен модернизированный аппарат для санитарной промывки технологических газов.

На рис. 1 приведен принцип работы массообменной камеры, которая используется при проведении экспериментов. Диаметр камеры 600 мм, высота 250 мм.

Принцип работы камеры состоит в следующем: через 6 щелей в корпусе аппарата тангенциально вводится газовая фаза, которая при продвижении к центру увеличивает скорость движения и достигает значения 100 м/с.

Соотношение высоты вихревой массообменной камеры и радиуса, на котором расположены вводы газа, выбирается таким, что в области ограниченной цилиндрической стенкой с тангенциальными щелями ввода газа и цилиндрической поверхностью с радиусом равным радиусу патрубка отвода газа из вихревой камеры, осуществляется плоское противоточное движение вихревых потоков капель жидкости и газа. Противотоком к газовой фазе в камеру через распылитель 3 вводится жидкость, которая за счет энергии газового потока движется от центра к периферии [11]. При этом газ в радиальном направлении движется от периферии к центру вихревой рабочей камеры, а капли под действием центробежных сил в радиальном направлении от

центра к периферии этой массообменной камеры, где затем оседают на стенках и отводятся из аппарата в виде жидкости.

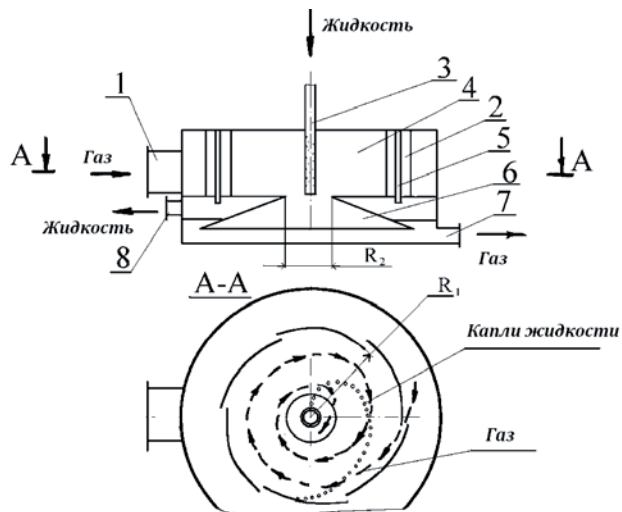


Рис. 1. Конструкция массообменной камеры и схема движения потоков в камере ВРПМА: 1 — патрубок ввода газа; 2 — тангенциальные завихрители; 3 — распылитель; 4 — массообменная камера; 5 — щели для отвода жидкости; 6 — радиальный диффузор; 7 — патрубок отвода газа; 8 — патрубок отвода жидкости

В результате проведенных ранее исследований было показано, что минимальным брызгоуносом по жидкости обладают вихревые аппараты с распылителями жидкости определенной конструкции [12, 13].

Было показано [14], что величина брызгоуноса после вихревых аппаратов значительно меньше величины брызгоуноса после барботажных тарелок.

В промышленных условиях применяется одновременно несколько параллельно работающих ПГКЛ-2 для того, чтобы уменьшить скорость газового потока и сократить брызгоунос, который может быть исключительно большим при увеличении расхода газа.

Становится очевидным, что в качестве ПГКЛ-2 должен быть применен вихревой аппарат, однако даже он не обеспечит полную ликвидацию брызгоуноса. Перед выбросом в атмосферу газовый поток должен проходить через рукавные фильтрующие элементы, которые гарантируют ликвидацию брызгоуноса на 99,99 %.

Отходящие газы, содержащие газообразный аммиак, отсасываются из технологических аппаратов и через входной патрубок аппарата поступают в контактную зону аппарата. Контактный аппарат прост конструктивно и легко эксплуатируется.

Газ, проходя в аппарат, закручивается в тангенциальном завихрителе. Скорость газа достигает 100 м/с. Затем закрученный газовый поток подхватывает жидкость поступающий через распределитель жидкости. Газо-жидкостной поток взаимодействует в рабочей зоне аппарата, а затем газовый поток отделяется от жидкой фазы. В ВРПМА жидкость многократно циркулирует, образуя постоянно обновляющуюся поверхность контакта фаз.

Снижение брызгоуноса приводит к повышению движущей силы процесса массообмена и увеличивает степень абсорбции газообразного аммиака. Аппараты работают в противоточном режиме.

4. Результаты исследований аппарата

Определялись зависимости коэффициента полезного действия вихревого аппарата по абсорбции аммиака от: концентрации аммиака и сероводорода, отношения L/Q , расхода жидкости, расхода газа, концентрации аммиака в газе на входе в аппарат и концентрации аммиака в жидкости.

На рис. 2 представлена зависимость общей степени газоочистки от поступающей концентрации аммиака в аппарат. Из графика видно, что эффективность аппарата практически не зависит от концентрации аммиака в газе.

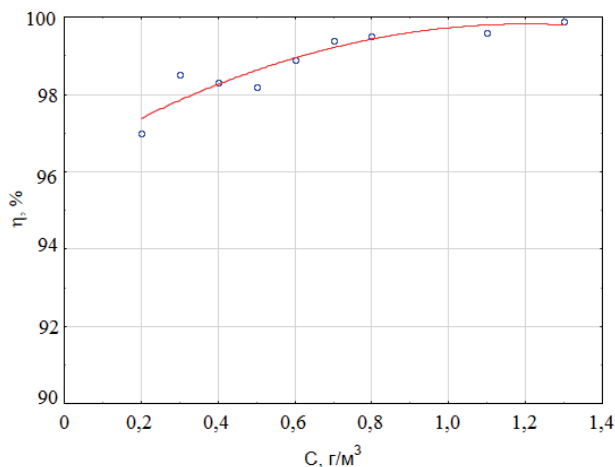


Рис. 2. Зависимость степени газоочистки от концентрации аммиака в газе

В производстве кальцинированной соды для коррозионной защиты аппаратов применяют сульфидный ион. Поэтому в технологических газах присутствует сероводород [15].

На рис. 3 показана зависимость эффективности абсорбции сероводорода от концентрации в газе. Из рис. 3 видно, что с увеличением концентрации сероводорода в газе эффективность абсорбции увеличивается.

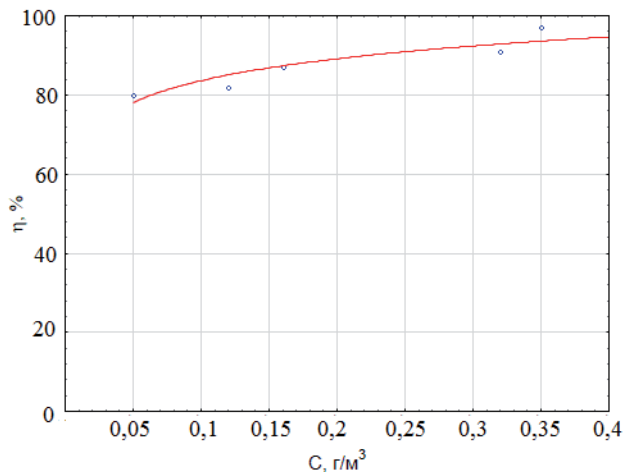


Рис. 3. Зависимость степени абсорбции H_2S от концентрации H_2S в газе

Величина коэффициента полезного действия определялась из соотношения (1):

$$\eta = \frac{P_{NH_3 \text{ вх.}} - P_{NH_3 \text{ вых.}}}{P_{NH_3 \text{ вх.}} - P_{NH_3 \text{ равн.}}} 100 \%, \quad (1)$$

где (P_{NH_3}) — концентрация аммиака в газе.

Результаты исследования абсорбера санитарной очистки от газообразного аммиака показали, что он устойчиво работает в широком диапазоне изменения нагрузок аппарата по фазам. Эффективность нового аппарата значительно выше эффективности существующего на предприятии санитарного промывателя. Степень абсорбции газообразного аммиака в вихревом абсорбере достигает 99,9 %.

Кривые рис. 4 показывают, что коэффициент полезного действия вихревого аппарата увеличивается с увеличением расхода жидкости и находится в диапазоне 80–99 %.

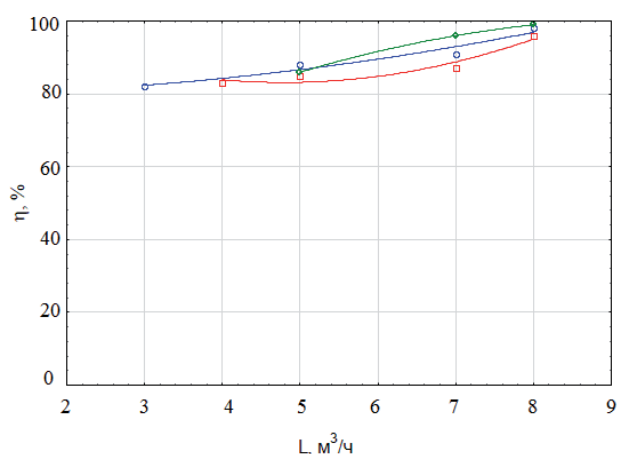


Рис. 4. Зависимость КПД вихревого аппарата по абсорбции аммиака от расхода жидкости. Расход газа: — 750 м³/ч; — 950 м³/ч; — 1150 м³/ч

Значение КПД, равное 99 %, достигалось при расходе жидкой фазы 8 м³/ч. Диапазон расхода газа от 0,6 до 1,5 тысяч м³/ч.

Высокое значение коэффициента полезного действия вихревого контактного аппарата говорит о том, что принятое направление интенсификации процесса абсорбции аммиака в промышленных условиях является правильным.

На рис. 5 представлена зависимость коэффициента полезного действия вихревого аппарата от величины относительной нагрузки аппарата (L/G). Диапазон изменения L/G находился в пределах от 3 до 10. При относительной нагрузке вихревого аппарата по L/G равной 10, коэффициент полезного действия вихревого аппарата достигает 99 %. При уменьшении относительной нагрузки коэффициент полезного действия вихревого аппарата уменьшается. При $L/G = 4$, коэффициент полезного действия вихревого аппарата равен 80 %.

На рис. 6 представлена зависимость коэффициента полезного действия вихревого контактного аппарата от расхода газа. Из рис. 6 видно, что при изменении расхода газа от 0 до 0,6 тысяч м³/с коэффициент полезного действия по абсорбции аммиака будет максимальным и равным 99 %.

При дальнейшем увеличении расхода газа величина коэффициента полезного действия начинает медленно уменьшаться до 70 % при расходе газа 1800 м³/ч.

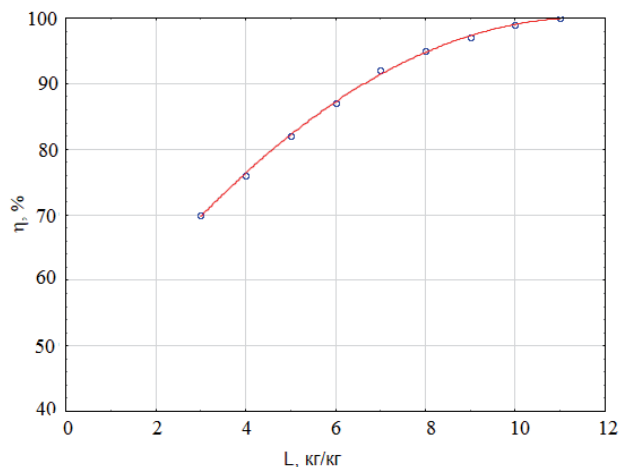


Рис. 5. Зависимость КПД вихревого аппарата по абсорбции аммиака от отношения L/G

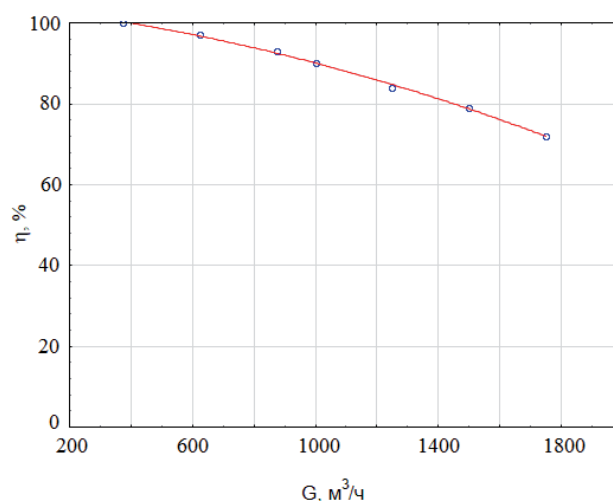


Рис. 6. Зависимость КПД вихревого аппарата по абсорбции аммиака от расхода газа. Расход жидкости $L = 7$ м³/ч

На рис. 7 представлена зависимость коэффициента полезного действия вихревого контактного аппарата по абсорбции аммиака от концентрации аммиака в газе на входе в вихревой аппарат. Данные показывают, что коэффициент полезного действия вихревого аппарата по абсорбции аммиака практически не зависит от изменения концентрации аммиака в газе до концентрации 35 г/м³. Величина коэффициента полезного действия в области концентрации аммиака до 30 г/м³ достигает 99 %.

Однако при увеличении концентрации аммиака на входе в вихревой аппарат с 35 г/м до 100 г/м начинается медленное уменьшение коэффициента полезного действия до 90 %. Уменьшение коэффициента полезного действия при увеличении концентрации аммиака в газе объясняется увеличением температуры жидкости непосредственно на поверхности контакта фаз и образованием тумана NH_4OH , который улавливается только волокнистыми фильтрами.

Следует отметить, что во всем диапазоне изменения каждого из факторов, коэффициент полезного действия вихревого аппарата довольно высок. При концентрации аммиака в газе менее 30 г/м³, расходе газа до 80 м³/ч и расходе жидкости более 8 м³/ч коэффициент полезного действия одного вихревого аппарата по абсорбции аммиака достигает более 99 %.

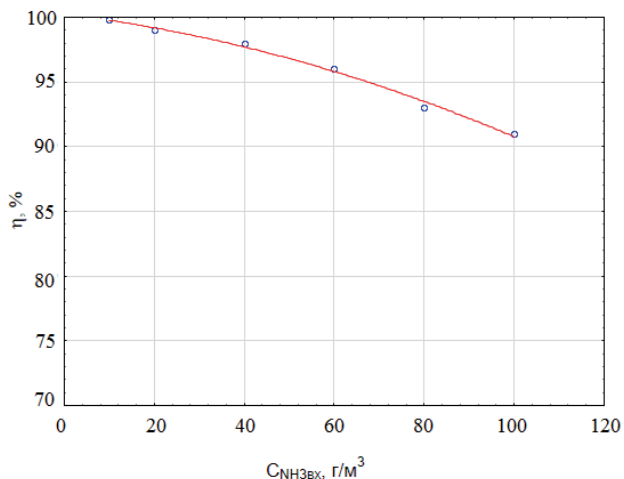


Рис. 7. Зависимость КПД вихревого аппарата по абсорбции аммиака от концентрации аммиака в газе на входе в аппарат при $L/G = 10$

При уменьшении расхода жидкости в вихревом аппарате с 8 до 4 м³/ч (соответствующее изменению L/G с 10 до 5) коэффициент полезного действия вихревого аппарата в одной ступени контакта фаз уменьшается до 97,75 %.

При создании принципиально новых конструкций промышленных ПГКЛ-II особое внимание необходимо уделить сокращению брызгоуноса жидкости после первого промывателя газов. Во втором промывателе необходимо сокращать брызгоунос и устанавливать после него волокнистые фильтрующие элементы.

На рис. 8–10 показано влияние гидродинамических факторов на эффективность процесса абсорбции аммиака в вихревом аппарате. Экспериментальные данные показывают, что степень абсорбции аммиака достигает 99,9 % и более. Концентрация аммиака в газовом выбросе составляет не более 0,05 г/м³. Практическую полезность представляет высокая устойчивость эффективной работы аппарата в широком диапазоне изменения параметров.

Высокая степень абсорбции аммиака практически постоянна при изменении не только гидродинамических режимов работы аппарата, но и при изменении концентрации аммиака в газе на входе в аппарат (рис. 11).

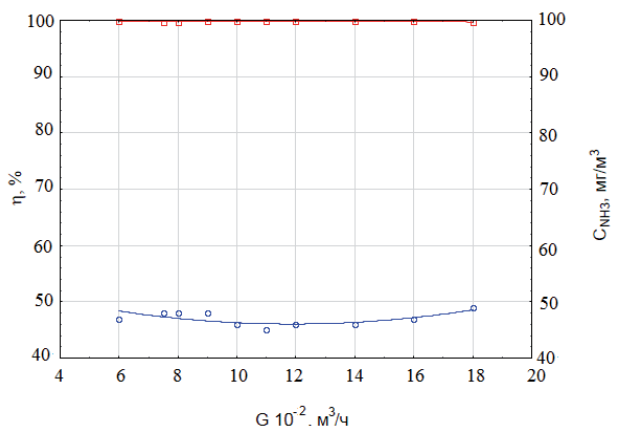


Рис. 8. Влияние расхода газа на эффективность абсорбции аммиака в вихревом аппарате (при расходе жидкости от 4 до 8 м³/ч): — концентрация аммиака в газовом выбросе; — степень абсорбции аммиака

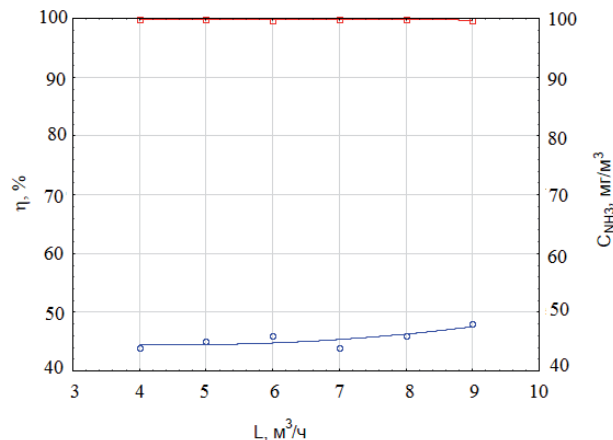


Рис. 9. Влияние расхода жидкости на эффективность абсорбции аммиака в вихревом аппарате (при расходе газа от 750 до 1440 м³/ч): — концентрация аммиака в газовом выбросе; — степень абсорбции аммиака

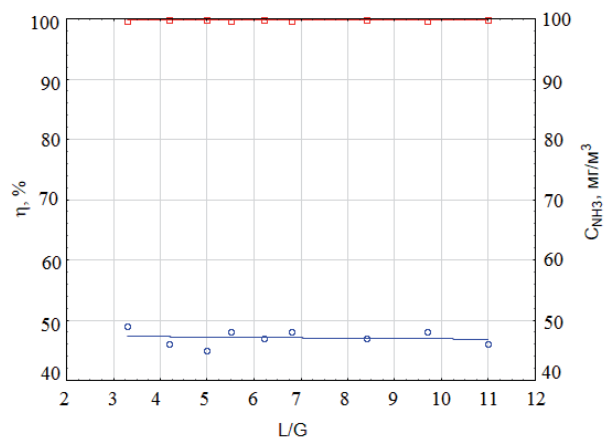


Рис. 10. Влияние отношения L/G на эффективность абсорбции аммиака в вихревом аппарате: — концентрация аммиака в газовом выбросе; — степень абсорбции аммиака

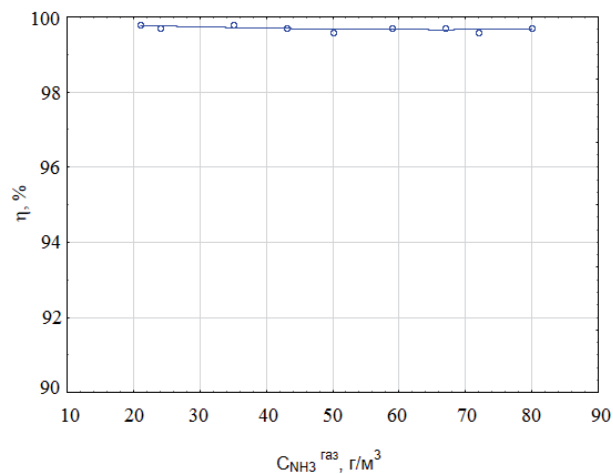


Рис. 11. Влияние концентрации аммиака в газе на эффективность абсорбции аммиака в вихревом аппарате

5. Обсуждение результатов исследования эффективности вихревого распыливающего аппарата

Высокая степень абсорбции аммиака — ценное для практики явление, которое позволяет гарантировать

низкую концентрацию аммиака в газовом выбросе при выходе аппарата на оптимальный режим работы и повышении брызгоуноса из первого промывателя газов во второй промыватель, а также при повышенном расходе газа через аппарат.

Непосредственно при производстве кальцинированной соды в вихревом ПГКЛ-II будет абсорбироваться не только аммиак, но и углекислый газ в широком диапазоне изменения относительной нагрузки аппарата по L/G .

Следует отметить, что абсорбция CO_2 в ПГКЛ-II позволит без применения дополнительных аппаратов увеличить объем производства соды на 1–2 %. В масштабах многотоннажного производства возможно дополнительно выпустить десятки тысяч тонн кальцинированной соды в без больших дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат.

Поэтому рассмотренный способ интенсификации работы ПГКЛ-II позволяет не только решать экологические проблемы, но и обеспечить значительный экономический эффект за счет ресурсо- и энергосбережения.

6. Выводы

В результате проведенных исследований были экспериментально определены параметры работы вихревого распыливающего аппарата при абсорбции аммиака. Определена эффективность абсорбции аммиака в вихревом распыливающем противоточном массообменном аппарате.

Показано, что эффективность аппарата практически не зависит от концентрации аммиака в газе и достигает 99,9 %. Также эффективность работы вихревого аппарата увеличивается с увеличением расхода жидкости и находится в диапазоне от 80 до 99,9 %. С увеличением относительной нагрузки аппарата его эффективность увеличивается. Однако значительный рост нагрузки по газу снижает эффективность работы вихревого аппарата.

Таким образом, принятое направление интенсификации процесса абсорбции аммиака в промышленных условиях является правильным.

При создании новых конструкций промышленных ПГКЛ-II необходимо уделить внимание сокращению брызгоуноса жидкости после первого промывателя газов. Во втором промывателе необходимо также сокращать брызгоунос и устанавливать после него волокнистые фильтрующие элементы перед выбросом газов в атмосферу.

В результате внедрения результатов исследования в промышленную практику повысится эффективность работы ПГКЛ-II в производстве кальцинированной соды.

Литература

1. Хоблер, Т. Массопередача и абсорбция [Текст] / Т. Хоблер. — Л.: Химия, 1964. — 479 с.
2. Кафаров, В. В. Принципы математического моделирования химико-технологических систем [Текст] / В. В. Кафаров, В. Л. Перов, В. П. Мешалкин. — М.: Химия, 1974. — 344 с.
3. Защита атмосферы от промышленных загрязнений [Текст]: справочник. — М.: Металлург, 1988. — 760 с.
4. Плановский, А. Н. Процессы и аппараты химической технологии [Текст] / А. Н. Плановский, В. М. Рамм, С. З. Кагон. — М.: Госхимиздат, 1968. — 848 с.
5. Николаев, Н. А. Исследование и расчет ректификационных и абсорбционных аппаратов вихревого типа [Текст]: автореф. дисс. ... докт. техн. наук / Н. А. Николаев. — Казань: КХТИ им. С. М. Кирова, 1974. — 350 с.

6. Цейтлин, М. А. Системное исследование явлений массопередачи в процессах очистки и охлаждения газов и жидкостей содового производства [Текст]: автореф. дисс. ... докт. техн. наук / М. А. Цейтлин. — Харьков: ХГПУ, 2003. — 342 с.
7. Рамм, В. М. Абсорбция газов [Текст] / В. М. Рамм. — М.: Химия, 1976. — 655 с.
8. Холін, Б. Г. Використовування вихрових масообмінних апаратів з протитечею фаз у зоні контакту у процесі ректифікації [Текст] / Б. Г. Холін, В. І. Склабинський // Хімічна промисловість України. — 1998. — № 4. — С. 61–66.
9. Склабинский, В. И. Интенсификация внутренних токов капли в потоке газа с поперечным градиентом скорости [Текст] / В. И. Склабинский, Б. Г. Холін // Теоретические основы химической технологии. — 1992. — Т. 26. — С. 741–745.
10. Ковалев, И. А. Основные принципы организации противоточного движения вихревых газокапельных потоков в массообменных аппаратах [Текст] / И. А. Ковалев, В. И. Склабинский // Вісник ІАН. — 1998. — № 3–4. — С. 71–76.
11. Склабинский, В. И. Радиальное течение газового потока в вихревой камере ВРПМА [Текст] / В. И. Склабинский // Вісник СумДУ. — 1998. — № 2. — С. 163–168.
12. Склабинский, В. И. Вихревые распыливающие противоточные массообменные аппараты. Интенсификация массообмена [Текст] / В. И. Склабинский, Н. К. Аль Хайят Мохаммед // Хімічна промисловість України. — 2010. — № 6(101). — С. 11–14.
13. Склабинский, В. И. Влияние гидродинамических параметров газового потока на интенсивность внутренних циркуляционных токов в каплях жидкости в массообменной камере распыливающего противоточного аппарата [Текст] / В. И. Склабинский, Н. К. Аль Хайят Мохаммед // Вісник СумДУ. — 2012. — № 2. — С. 29–35.
14. Sklabinskiy, V. I. The characteristics of Vortex spray countercurrent mass exchange device [Text] / V. I. Sklabinskiy, N. K. Al Hayat Mohammed // Engineering & technology journal. — 2011. — No. 15, Vol. 29. — P. 3211–3223.
15. Подбор и испытание коррозионноустойчивых материалов для аппаратов содового производства [Текст]: Отчет по теме № 33а-53. — Харьков, 1953. — 66 с.

САНІТАРНА ОЧИСТКА ГАЗОВИХ ВИКИДІВ ВІД АМІАКУ В ВИРОБНИЦТВІ КАЛЬЦИНОВАНОЇ СОДИ

Наведено результати дослідження ефективності роботи вихревого розпилюючого протиточного масообмінного апарату при абсорбції аміаку. Визначено основні джерела викидів аміаку у виробництві кальцинованої соди, недоліки існуючих промислових апаратів. Досліджена робота модернізованого апарату для санітарної промивки технологічних газів і приведена графічна інтерпретація характеристик апарату.

Ключові слова: вихровий апарат, масообмін, швидкість газу, поверхня масопередачі, витяг аміаку з газових викидів.

Склабинский Всеволод Иванович, доктор технических наук, профессор, кафедра процессов и оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств, Сумский государственный университет, Украина, e-mail: pohnv@ukr.net.

Аль Хайят Мохаммед Надим Касим, аспирант, кафедра процессов и оборудования химических и нефтеперерабатывающих производств, Сумский государственный университет, Украина, e-mail: mohamed_100200070@yahoo.com.

Склабинський Всеволод Іванович, доктор технічних наук, професор, кафедра процесів і обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв, Сумський державний університет, Україна. Аль Хайят Мохаммед Надим Касим, аспірант, кафедра процесів і обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв, Сумський державний університет, Україна.

Sklabinsky Vsevolod, Sumy State University, Ukraine, e-mail: pohnv@ukr.net.

Al Hayat Mohammad Nadeem Qasim, Sumy State University, Ukraine, e-mail: mohamed_100200070@yahoo.com