

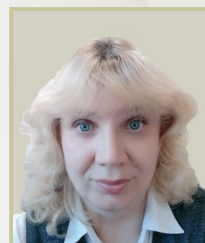
DOI: 10.25558/VOSTNII.2021.17.78.010

УДК 66.074.378.1

© Л.А. Николаева, Э.М. Хуснутдинова, 2021

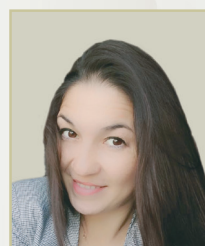
Л.А. НИКОЛАЕВА

д-р техн. наук, доцент,
профессор КГЭУ, г. Казань
e-mail: larisanik16@mail.ru



Э.М. ХУСНУТДИНОВА

соискатель
КГЭУ, г. Казань
e-mail: rr-088@mail.ru



ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО АППАРАТА ОЧИСТКИ АЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ ДИОКСИДА СЕРЫ

Деятельность предприятий химической промышленности вызывает экологические проблемы для окружающей среды. На химических предприятиях образуется значительное количество вредных газовых выбросов, загрязняющих атмосферный воздух.

В работе предлагается использовать адсорбционный метод для очистки газовых выбросов линии производства бисульфита натрия от диоксида серы на АО «Химический завод им. Л.Я. Карпова». В качестве сорбционного материала использован отход энергетики — карбонатный шлам химводоочистки Набережночелнинской ТЭЦ. Представлен способ модификации шлама и технологические характеристики полученного на его основе гранулированного сорбционного материала. Предложена модернизация технологической схемы очистки газовых выбросов от диоксида серы с включенной линией производства сорбционного материала по месту его применения. Произведен расчет адсорбера периодического действия и демистера. Рассчитан экологический и экономический эффект от внедрения предложенных технологий.

Ключевые слова: ДИОКСИД СЕРЫ, КАРБОНАТНЫЙ ШЛАМ, АДСОРБЦИЯ, ГРАНУЛИРОВАННЫЙ СОРБЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ, БИСУЛЬФИТ НАТРИЯ, БРЫЗГОУЛОВИТЕЛЬ, ДЕМИСТЕР.

ВВЕДЕНИЕ

На предприятиях нефтехимического и химического комплексов образуется значительное количество газовых выбросов (ГВ), требующих очистки. К основным выбросам

относятся оксиды углерода, оксиды азота, сернистый ангидрид, аммиак, пыль от неорганических производств, органические вещества, сероводород и сероуглерод, хлористые соединения, фтористые соединения и др. Одним из

опасных ГВ является диоксид серы (SO₂). Диоксид серы относится к III классу опасности и входит в перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды (по распоряжению Правительства РФ № 1316-р от 08.07.2015 г.).

В последнее время все более активно проводится разработка методов снижения экологической нагрузки на окружающую среду с помощью использования отходов производства (распоряжение Правительства РФ № 84-р от 25.01.2018 г. «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года»). Таким многотоннажным отходом производства является карбонатный шлам химводоочистки природной воды [1, 2], который имеет V класс опасности. Использование его в качестве поглотителя вредных примесей из дымовых газов и газовых выбросов предприятий описано в работах [3, 4], что подтверждает его сорбционные свойства. При использовании карбонатного шлама при очистке ГВ промышленности решается ряд важных задач: ресурсосбережение, очистка газовых выбросов, утилизация и переработка отхода производства [5, 6]. В связи с этим повышение эффективности способа очистки газовых выбросов, используя отходы производства, является перспективным и актуальным направлением.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из эффективных способов очистки газовых выбросов является их адсорбция на пористых материалах. Адсорбционный метод является распространенным в промышленности способом очистки газов, обеспечивающим содержание вредных веществ в уходящих газах на уровне нормативов удельных выбросов в атмосферу. Используемые при очистке ГВ сорбенты характеризуются высокой стоимостью, достигающей несколько сотен тысяч рублей за тонну. Следовательно, разработка новых сорбционных материалов для очистки газовых выбросов на основе дешевых сорбентов — отходов производства, —

является актуальной задачей. Одним из таких отходов является карбонатный шлам химводоочистки Набережночелнинской ТЭЦ.

В технологиях очистки газовых выбросов промышленных предприятий применяют адсорберы с зернистой загрузкой. Поэтому для уменьшения гидравлического сопротивления в слое, через который пропускаются газовые выбросы, адсорбент изготавливают в виде гранул.

Для получения гранул мелкодисперсный карбонатный шлам с размером частиц от 0,01 до 0,09 мм смешивается с жидким натриевым стеклом при массовом и объемном соотношении 2:1 соответственно. Данное соотношение подобрано экспериментальным путем. Полученные гранулы имеют размер 0,5...2,5 мм [7, 8].

Для исследования сорбционных свойств гранулированного сорбционного материала (ГРСМ) в газовой среде, приближенной по составу к газовым выбросам, использовалась созданная на кафедре «Технологии в энергетике и нефтегазопереработке» Казанского государственного энергетического университета модельная установка с неподвижным слоем сорбента (рис. 1). В установку включен лабораторный адсорбер, в качестве которого применяли реакционную колонку, корпус (1), который изготовлен из нержавеющей стали, что обеспечивало ее стойкость к агрессивным средам. Загрузку ГРСМ проводили через люк (5). Отвод очищенного газа осуществляется с помощью штуцера (3). Подводящий штуцер газовой смеси (13) соединен с распылителем (10) с помощью резьбы. Это обеспечивало равномерное распределение газов по слою ГРСМ (8), размещенного на сетке (9), и препятствовало выносу частиц материала. Для нагрева колонки использовался термостат с электронагревателем (6), представляющую собой обогреваемую рубашку. Температура газовой среды контролировалась с помощью установленной термопары (4) и составляла 40 °С. Регенерацию ГРСМ и продувку колонки проводили сжатым воздухом через штуцер (11). Адсорбтив после регенерации отводился из штуцера (2). Конденсат,

образовавшийся в процессе эксперимента, скапливался в нижней части колонки и отводился через патрубок (12). Оработанный адсорбент выгружался через люк (7).

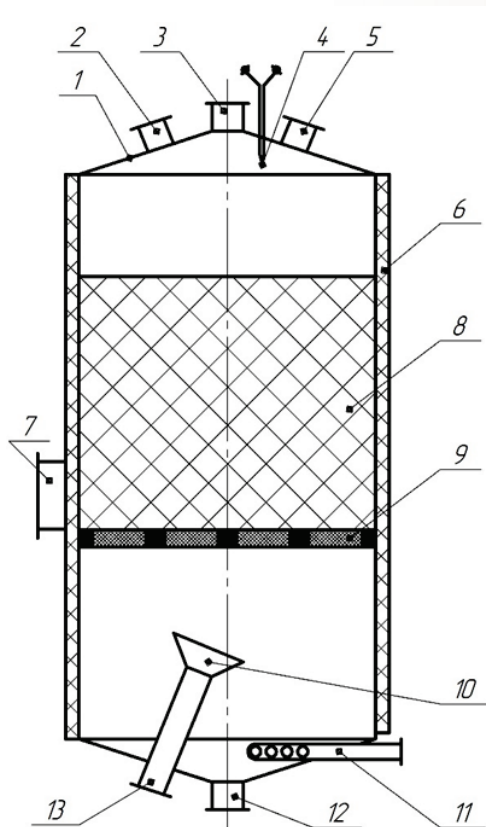
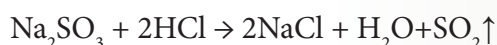


Рис. 1. Реакционная колонна с неподвижным слоем ГРСМ

- 1 — корпус; 2 — штуцер отвода адсорбтива;
3 — штуцер отвода очищенного газа; 4 — термopapa;
5 — люк для загрузки адсорбента; 6 — электронагреватель; 7 — люк для выгрузки адсорбента; 8 — слой ГРСМ; 9 — стальная сетка с отверстиями, диаметром не более 1 мм; 10 — распылитель, 11 — штуцер подвода пара; 12 — патрубок отвода конденсата; 13 — штуцер подвода газовой смеси

Газовая среда в течение экспериментов имела следующий состав, %: O_2 — 4–5,7; N_2 — 75–78; H_2O — 3. Оставшуюся часть объёма газовой смеси составлял CO_2 . При сорбции оксида серы концентрация изменялась в диапазоне 0–3000 мг/м³. Расход газов, приведённый к нормальным условиям, составлял 4×10^{-4} м³/с. Диоксид серы образовывался в лабораторных условиях по следующей реакции:



Результаты исследования сорбционных свойств ГРСМ по отношению к диоксиду

серы показали, что адсорбционная емкость ГРСМ реализуется в течение первых минут контакта и по истечению 26 минут достигает 140 мг/г по диоксиду серы. Технологические характеристики полученного гранулированного сорбционного материала представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технологические характеристики ГРСМ

Параметр	Показатель
Адсорбционная емкость по SO_2 , $A_{ГРСМ}$, мг/г	140
Диаметр зерен, d_z , мм	0,5–2,5
Суммарный объем пор, V_{Σ} , см ³ /г	0,450
Насыпная плотность, ρ_n , кг/м ³	560,0
Удельная поверхность, a_v , м ² /кг	720,0
Удельный свободный объем, $\epsilon_{св}$	0,375

Из приведенных результатов следует, что гранулированный сорбционный материал имеет высокую пористость, что особенно важно при использовании его адсорбционных свойств в режиме пропускания газа. Низкая стоимость ГРСМ на основе карбонатного шлама химводоочистки, доступность, возможность регенерации, позволяют использовать его для очистки газовых выбросов промышленных предприятий с минимальными затратами и наибольшей эффективностью.

Рассмотрим очистку газовых выбросов на примере АО «Химический завод им. Л.Я. Карпова». Предприятие расположено в Республике Татарстан в городе Менделеевск и является градообразующим. В настоящее время предприятие выпускает более 40 наименований продукции технической, реактивной и фармакопейной квалификации. В процессе деятельности предприятия выделяется 49 наименования загрязняющих веществ из 78 источников выбросов (в том числе 60 организованных, 18 неорганизованных). АО «Химический завод им. Л.Я. Карпова» относится к предприятиям 3 категории опасности. Среди основных токсичных истоков химического производства выделяют такие, как оксиды

азота; растворители органического происхождения; соединения серы (диоксида серы), железа, фосфора; хлора и его производных. Основными источниками выбросов диоксида серы на заводе являются: цех по производству гипосульфитных солей (бисульфит, тиосульфат натрия), производство катализатора дегидрирования легких парафиновых углеводородов и производство плит из экструдированного пенополистирола [9].

Производство бисульфита натрия оказывает неблагоприятное воздействие на окружающую среду, так как при его производстве выбросы в атмосферу SO_2 составляют порядка 18,5 т/год. Объем выпускаемого NaHSO_3 на АО «Химический завод им. Л.Я. Карпова» составляет 3700 т/год. Технологический процесс получения бисульфита натрия состоит из сле-

дующих стадий: получение сернистого газа, охлаждение сернистого газа и его транспортировка, растворение кальцинированной соды, абсорбция сернистого газа, получение растворов сульфита натрия и упаковка.

На рис. 2 представлена технологическая схема производства бисульфита натрия с модернизированной схемой очистки газовых выбросов от диоксида серы и производством гранулированного сорбционного материала.

Первым этапом является разработка схемы производства ГРСМ. Для схемы производства подобрано стандартное технологическое оборудование, которое состоит из следующих операций: гранулирование (19), прокаливание (20), охлаждение (21) и бункер подачи сорбента (22) в брызгоуловитель.

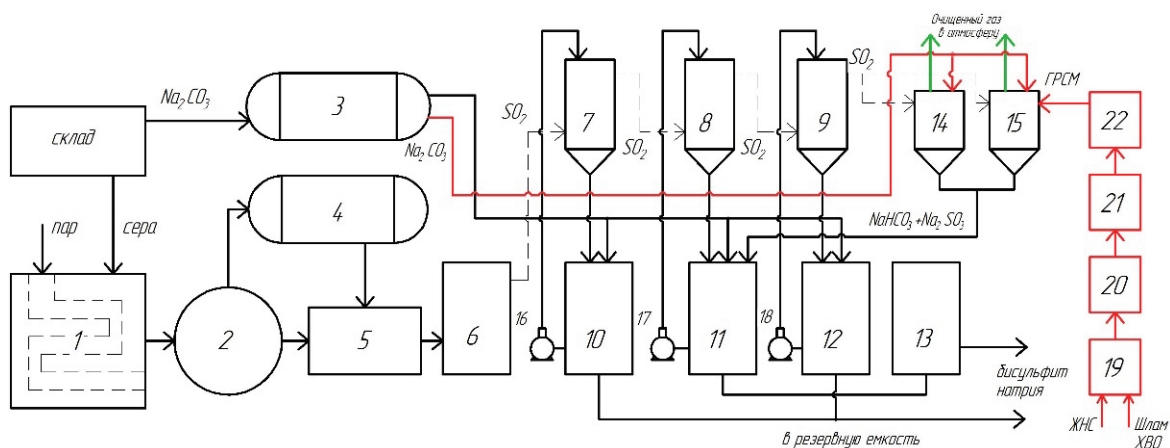


Рис. 2. Технологическая схема процесса производства бисульфита натрия:

- 1 — плавильник серы; 2 — отстойник; 3 — напорная емкость содового раствора; 4 — напорная ёмкость серы; 5 — циклонная печь; 6 — башня охлаждения; 7 — абсорбер I ступени; 8 — абсорбер II ступени; 9 — абсорбер III ступени; 10 — циркуляционный сборник; 11 — циркуляционный бисульфитный сборник; 12 — санитарный сборник; 13 — сборник готовой продукции; 14, 15 — брызгоуловитель; 16, 17, 18 — центробежный насос; 19 — тарельчатый гранулятор ГТ-0,6; 20 — муфельная печь; 21 — бункер охлаждения и хранения готового сорбента, 22 — бункер подачи сорбента.

При работе массообменных аппаратов часто наблюдается унос капельной влаги паром или газом. В абсорбционных колоннах линии производства бисульфита натрия унос жидкой фазы уменьшает эффективность проводимых процессов.

Одним из наиболее перспективных методов разделения является применение инерционных каплеуловителей. В промышленной

практике применяются различные материалы для их изготовления: сетка из нержавеющей проволоки диаметром от 150 до 300 мкм, полимерные материалы (фторопласт и пр.). Наибольшее распространение получила вязаная сетка из нержавеющей проволоки. Ее применяют для изготовления сетчатых демистеров (сетчатых каплеуловителей).

Для предотвращения уноса капельной

влаги и снижения концентрации диоксида серы в газовых выбросах технологической схемы производства бисульфита натрия вторым этапом предлагается модернизировать массообменный аппарат — брызгоуловитель (рис. 3). Брызгоуловитель, эксплуатируемый в данном производстве (рис. 3а), представляет собой фаолитовый цилиндрический аппарат с патрубками входа (3) и выхода (1) конической формы, где уносимые брызги раствора отделяются, собираются в корпусе (2) и затем стекают в циркуляционный сборник через патрубок (5). Газы, содержащие около 0,1 %

диоксида серы, выбрасываются в атмосферу через штуцер (1).

Модернизация заключается в установке в корпус брызгоуловителя (рис. 3б) стальной сетки с отверстиями диаметром не более 1 мм (7) и загрузкой на нее разработанного гранулированного сорбционного материала (9). Загрузка и разгрузка ГРСМ осуществляется через люки (10) и (8) соответственно. Для отделения частиц жидкой фазы из газовых выбросов устанавливается на стальную сетку (7) сетчатый демистер (6) [11].

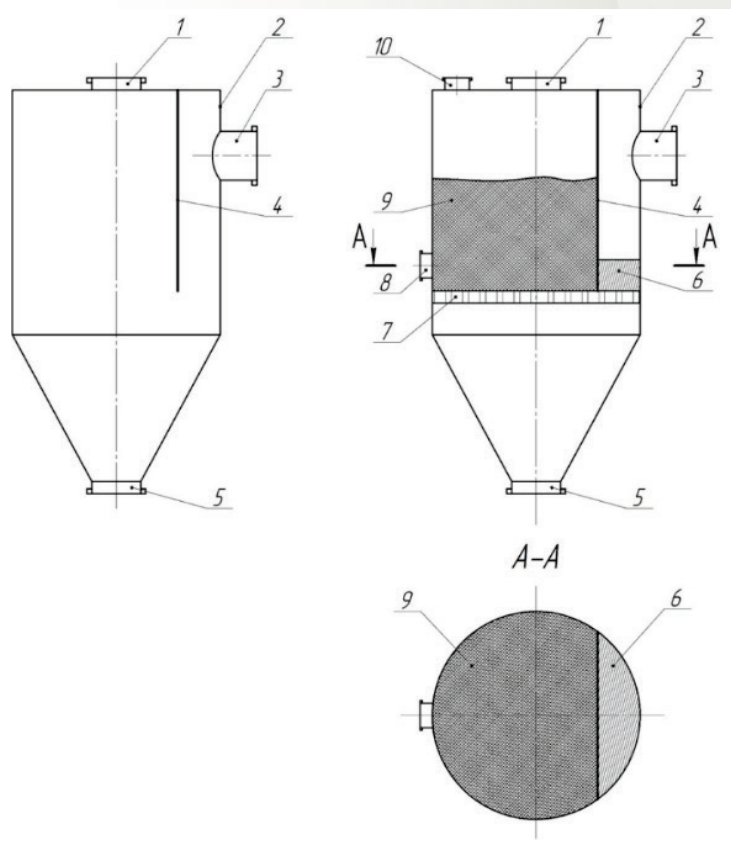


Рис. 3. Фаолитовый брызгоуловитель производства бисульфита натрия: (а) в производстве бисульфита натрия, (б) модернизированный брызгоуловитель.

1 — штуцер отвода очищенного газа; 2 — фаолитовый корпус; 3 — штуцер подвода газовой смеси;

4 — каплеотбойник; 5 — патрубок отвода конденсата; 6 — демистер; 7 — стальная сетка с отверстиями диаметром не более 1 мм; 8 — люк для выгрузки адсорбента; 9 — слой ГРСМ; 10 — люк для загрузки адсорбента

Газовая смесь, содержащая SO_2 , поступает в брызгоуловитель через штуцер (3). Демистер (6) служит для отсека частиц жидкой фазы из газового потока, которые стекают в бисульфитный сборник (11) (рис. 1) через патрубок (5). Очищенный от

жидкости газ под разрежением, создаваемый эжектором, направляется в слой ГРСМ (9), где осуществляется адсорбция SO_2 . Очищенные газы поступают в атмосферу через штуцер (1).

РАСЧЕТ СЕТЧАТОГО ДЕМИСТЕРА

Сетчатые демистеры используются в очистке природных газов от капельной влаги на предприятиях «Газпром», а также в очистке технологических газов на различных производствах ПАО «Нижнекамскнефтехим», ПАО «Казаньоргсинтез» и АО «ТАНЕКО» [10].

В настоящее время отсутствует зарекомендовавшая себя методика оценки эффективности улавливания капельной жидкости из газового потока при работе сеточных демистеров. Также малоизученным остается вопрос об эффективности сепарации капельной жидкости в зависимости от плотности сетчатых пакетов. В данной работе произведен расчет сетчатого демистера с регулярной рулонной гофрированной насадкой с шероховатой поверхностью.

При расчете демистера использованы исходные данные из технологического регламента процесса производства бисульфита натрия (табл. 2).

Таблица 2
Исходные данные производства бисульфита натрия

Параметр	Показатель
Удельная поверхность насадки, a_v , $\text{м}^2/\text{м}^3$	240,0
Высота слоя насадки, h , м	2,0
Эквивалентный диаметр насадки, d_s , м	0,015
Средняя скорость газа, u_{cp} , м/с	5,0
Коэффициент кинематической вязкости газа, ν , $\text{м}^2/\text{с}$	0,0001
Диаметр частиц, d_p , м	10^{-5}
Плотность частиц, ρ_p , $\text{кг}/\text{м}^3$	10^3
Плотность газа, ρ_g , $\text{кг}/\text{м}^3$	2,533

Основным показателем, определяющим действенность сетчатого демистера, является его эффективность сепарации. Для определения эффективности сепарации во всем насадочном слое используем уравнение эффективности по ячейкам [11]:

$$\eta = 1 - \left[1 + \frac{Ku_t a_v (h - 5d_s)}{u_{cp} \cdot n} \right]^{-n}, \quad (1)$$

где K — поправочный коэффициент (для хаотичных насадок $K = \pi/2$, для регулярных $1 \leq K\pi/2$ и зависит от угла наклона гофр насадки, примем $K = 1,2$), u_t — скорость турбулентной миграции, м/с; a_v — удельная поверхность насадки; h — высота слоя насадки; d_s — эквивалентный диаметр насадки (значение $5d_s$ учитывает участок гидродинамической стабилизации потока на входе в слой); u_{cp} — средняя скорость газа; n — число ячеек.

Скорость турбулентной миграции определяется по формуле

$$u_t = u_* \cdot u_t^+, \quad (2)$$

где u_* — динамическая скорость, м/с, u_t^+ — приведенная скорость турбулентного осаждения частиц, м/с.

Для определения динамической скорости движения потока в трубе используется уравнение:

$$u_* = u_{cp} \sqrt{\frac{\xi}{8}}, \quad (3)$$

где ξ — удельный свободный объем насадки. Эмпирические зависимости для нахождения коэффициента гидравлического сопротивления некоторых металлических насадочных элементов. При расчете удельного свободного объема регулярной рулонной гофрированной насадки с шероховатой поверхностью используется следующее уравнение:

$$\xi = 3,89 Re^{-0,294}, \quad (4)$$

где Re — число Рейнольдса.

Согласно ячейечной модели структуры потоков, при $n \rightarrow 1$ получим модель идеального смешения, а при $n \rightarrow \infty$ идеального вытеснения. Используя эквивалентную связь между ячейками идеального смешения и модифицированным числом Пекле, запишем число ячеек следующим выражением:

$$n = \frac{h \cdot Pe}{2d_s}, \quad (5)$$

где Pe — число Пекле.

Согласно полученным расчетным данным, рассчитывается эффективность сепарации сетчатого демистера по (1) и составит: $\eta = 0,99$.

Выполненные расчеты показывают, что эффективность сетчатого демистера приближается к 100 %.

РАСЧЕТ КОМБИНИРОВАННОГО БРЫЗГОУЛОВИТЕЛЯ С АДСОРБЦИОННЫМ СЛОЕМ

На базе проведенных исследований на третьем этапе произведен расчет комбинированного брызгоуловителя с адсорбционным слоем периодического действия. В качестве сорбционного материала использован гранулированный сорбционный материал на основе карбонатного шлама, характеристики которого приведены в табл. 1.

В расчете использованы режимные и конструктивные параметры, взятые из технологического регламента процесса очистки газовых выбросов производства бисульфита натрия. Конструктивно брызгоуловитель выполнен в виде вертикальной колонны и представляет собой после модернизации адсорбер. Технические характеристики брызгоуловителя (адсорбера) представлены в табл. 3.

Таблица 3
Технические характеристики адсорбера

Параметр	Показатель
Высота, H , мм	1700
Диаметр, D_a , мм	850
Объем, V , м ³	0,96
Давление на входе, $P_{вх}$, кПа	4,5
Давление на выходе, $P_{вых}$, кПа	5,0

Высота слоя ГРСМ определяется по результатам исследований на модели с учетом скорости потока смеси (4–7 м/с) и рекомендуемых соотношений высоты слоя и диаметра — H/D_a адсорбера в пределах 2 ÷ 6 [2]. Диаметр адсорбера равен 0,85 м. Согласно ограничению связанных с конструкцией брызгоуловителя, примем высоту слоя ГРСМ — 0,9 м. Режимные и конструктивные параметры проектирования адсорбера представлены в таблице 4.

Таблица 4
Режимные и конструктивные параметры проектирования адсорбера

Параметр	Показатель
Диаметр адсорбера, D_a , м	0,85
Температура процесса, T , °C	50,0
Объемный расход газа через адсорбер, V_a , м ³ /ч	3672
Концентрация диоксида серы в газе на входе в адсорбер, V_r , г/м ³	1,71
Скорость потока газовой смеси, u_{cp} , м/с	5,0

Количество ГРСМ на одну загрузку следует определять по формуле:

$$G_1 = V_a \cdot \rho_n, \quad (6)$$

где V_a — объем ГРСМ в адсорбере, м³; ρ_n — насыпная плотность, кг/м³.

Расчет продолжительности регенерации ГРСМ (t_{per}) проводится (при заданной температуре 40 °C) по формуле:

$$t_{per} = H \cdot F / V_a \cdot k, \quad (7)$$

где k — константа скорости окисления SO_2 раствором Na_2CO_3 , $k = 0,4 \text{ ч}^{-1}$.

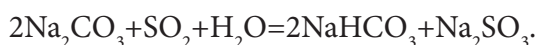
Итоговые показатели рассчитанного адсорбера представлены в табл. 5.

Таблица 5
Итоговые показатели предлагаемого адсорбера

Показатель	Значение
Объемный расход газа через адсорбер, V_a , м ³ /ч	
Высота слоя ГРСМ, H , м	0,9
Диаметр адсорбера, D_a , м	0,85
Количество ГРСМ на одну загрузку, кг	244,24
Продолжительность работы адсорбера t , ч	5,45
Продолжительность регенерации, ч	2,5

Следующий этап модернизации схемы очистки газовых выбросов от диоксида серы — процесс регенерации ГРСМ. Регенерация начинается с подачи в адсорбер кальцинированной соды (Na_2CO_3) из напорной емкости содового раствора (3) (рис. 2). Кон-

центрация Na_2CO_3 составляет 250–280 г/дм³. Время промывания составляет 0,5 часов. Кальцинированная сода реагирует с диоксидом серы, вымывая его из ГРСМ с образованием бикарбоната и сульфита натрия по реакции:



Полученный раствор направляется в циркуляционный бисульфитный сборник (11), где осуществляется последующее образование бисульфита натрия. ГРСМ просушивают подаваемым свежим газом в адсорбер.

Таким образом, при регенерации ГРСМ SO_2 из адсорбера возвращается в цикл производства бисульфита натрия. Количество оксида серы составляет около 18,5 т/год, что может привести к экономии материальных ресурсов при производстве бисульфита натрия.

Модернизация схемы очистки отходящих газов позволяет довести очистку газовых выбросов от SO_2 до 99,9 % и частично решить проблему утилизации многотоннажного отхода энергетики — карбонатного шлама химводоочистки Набережночелнинской ТЭЦ.

В работе произведен расчет экономического эффекта и предотвращенного экологического ущерба в результате природоохранной деятельности от деградации почв, земель и снижения выбросов SO_2 в атмосферный воздух на рассматриваемой территории. Общий предотвращенный экологический ущерб составит 248,407 тыс. руб./год. Экономический эффект составит 162,4 тыс. руб./год, срок окупаемости 4,5 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаева Л.А., Хуснутдинов А.Н. Решение экологических проблем промышленных предприятий при очистке газовых выбросов гранулированным шламом // Вода: химия и экология. 2019. № 2. С. 83–89.
2. Таранов М.А., Ахметшина А.М., Фасхутдинов Р.А. и др. Технологические расчеты установок переработки нефти. М.: Химия, 1987. 352 с.
3. Акбалина З.Ф., Минигазимов Н.С., Белан Л.Н., Зверева Т.И., Ремезова Ф.М., Лучинина С.Я. Состояние проблемы обращения с промышленными отходами на предприятиях республики Башкортостан // Уральский экологический вестник. 2015. № 1. С. 41–44.
4. Николаева Л.А., Хуснутдинов А.Н. Очистка газовых выбросов предприятий химической промышленности карбонатным шламом // Экология и промышленность России. 2018. № 22 (8). С. 14–18.

ВЫВОДЫ

1. Разработан гранулированный сорбционный материал для очистки газовых выбросов на промышленных предприятиях на основе отхода энергетики.
2. Предложена модернизация существующей технологической схемы производства бисульфита натрия в части очистки газовых выбросов от диоксида серы. Произведена модернизация брызгоуловителя в комбинированный аппарат, включающий сетчатый демистер и адсорбер периодического действия с неподвижным слоем гранулированного сорбционного материала.
3. Рассчитаны характеристики сетчатого демистера и адсорбера периодического действия с неподвижным слоем гранулированного сорбционного материала. Расчеты показали, что степень очистки ГВ от SO_2 составляет более 99 %.
4. Низкая стоимость ГРСМ на основе карбонатного шлама химводоочистки, близость расположения Набережночелнинской ТЭЦ к АО «Химический завод им. Л.Я. Карпова» позволяют решить проблему ресурсосбережения при производстве материала по месту использования.
5. Произведен расчет экономического и экологического эффекта модернизации технологической схемы очистки газовых выбросов от оксида серы линии производства бисульфита натрия АО «Химический завод им. Л.Я. Карпова». Общий предотвращенный экологический ущерб составит 248,407 тыс. руб./год. Экономический эффект составит 162,4 тыс. руб./год.

5. Крылов И.О., Луговская И.Г., Коровушкин В.В., Макеев Д.Б. Влияние термической обработки на сорбционные и каталитические свойства шунгитовых пород // Экология и промышленность России. 2008. № 10. С. 24–27.

6. Терехова М.В., Русакова С.М. Исследование адсорбционных закономерностей анионов на поверхности красного шлама // Известия МГТУ «МАМИ». 2013. № 3. Т. 1. С. 147–151.

7. Пат. 117420 РФ: МПК C02F 1/28(2006.01), C02F 1/24(2006.01), C02F 9/02(2006.01), C02F 103/02(2006.01). Система очистки сточных вод от нефтепродуктов / заявители Николаева Л.А., Бородай Е.Н.; патентообладатели Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский государственный энергетический университет» (ФГБОУ ВПО «КГЭУ»). — № 2012100491/05; заявл. 10.01.2012; опубл. 27.06.2012. Бюл. № 3.

8. Семакина О.К., Якушева Ю.С., Шевченко А.А. Выбор способа гранулирования адсорбентов из отходов производства // Фундаментальные исследования. 2013. № 8–3. С. 720–725.

9. Официальный сайт АО «Химический завод им Л.Я. Карпова». URL: <http://www.karpovchem.ru/o-kompanii/> (дата обращения: 15.02.2021).

10. Асибаков Л.И., Лаптев А.Г. Характеристики сетчатых демистеров очистки газов от брызгоуноса // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2010. № 7–8. С. 84–87.

11. Башаров М.М. Определение эффективности сетчатых демистеров (каплеуловителей) // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 7–8. С. 135–137.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2021.17.78.010

UDC 66.074.378.1

© L.A. Nikolaeva, E.M. Khusnutdinova, 2021

L.A. NIKOLAEVA

Doctor Engineering Sciences, Associate Professor,
Professor of KSPEU, Kazan
e-mail: larisanik16@mail.ru

E.M. KHUSNUTDINOVA

applicant
KSPEU, Kazan
e-mail: rr-088@mail.ru

IMPROVING EFFICIENCY OF COMBINED DEVICE FOR PURIFICATION OF GAS EMISSIONS FROM SULPHUR DIOXIDE

The activities of the chemical industry cause environmental problems for the environment. Chemical plants generate a significant amount of harmful gas emissions polluting the air.

The work proposes to use the adsorption method to clean gas emissions of the sodium bisulfite production line from sulfur dioxide at the JSC « L.Ya. Karpov Chemical Plant». Waste from the power industry was used as a sorption material — carbonate sludge from the chemical water treatment plant at Naberezhnye Chelny CHPP. Method of sludge modification and technological characteristics of granulated sorption material obtained on its basis are presented. The modernization of the technological scheme for the purification of gas emissions from sulfur dioxide with the included production line of the sorption material at the place of its application is proposed. Calculated batch adsorber and demister. The ecological and economic effect of the proposed technologies is calculated.

Keywords: SULFUR DIOXIDE, CARBONATE SLUDGE, ADSORPTION, GRANULATED SORPTION MATERIAL, SODIUM BISULPHITE, SPRAY TRAP, DEMISTER.

REFERENCES

1. Nikolaeva L.A., Khusnutdinov A.N. Solution of environmental problems of industrial enterprises when cleaning gas emissions with granular sludge // Water: chemistry and ecology [Voda: khimiya i ekologiya]. 2019. No. 2. P. 83–89.
2. Taranov M.A., Akhmetshina A.M., Faskhutdinov R.A. and other Technological calculations of oil refining installations. M.: Chemistry, 1987. 352 p.
3. Akbalina Z.F., Minigazimov N.S., Belan L.N., Zvereva T.I., Remezova F.M., Luchinina S.Ya. State of the problem of industrial waste management at enterprises of the Republic of Bashkortostan // Ural ecological bulletin [Uralskiy ekologicheskiy vestnik]. 2015. No. 1. P. 41–44.
4. Nikolaeva L.A., Khusnutdinov A.N. Purification of gas emissions from chemical industry enterprises with carbonate sludge // Ecology and Industry of Russia [Ekologiya i promyshlennost Rossii]. 2018. No. 22 (8). P. 14–18.
5. Krylov I.O., Lugovskaya I.G., Korovushkin V.V., Makeev D.B. Influence of heat treatment on sorption and catalytic properties of shungite rocks // Ecology and Industry of Russia [Ekologiya i promyshlennost Rossii]. 2008. No. 10. P. 24–27.
6. Terekhova M.V., Rusakova S.M. Investigation of the adsorption patterns of anions on the surface of red mud // Izvestiya MGTU «MAMI» [Izvestiya MGTU «MAMI»]. 2013. No. 3. T. 1. P. 147–151.
7. Pat. 117420 RF: IPC C02F 1/28 (2006.01), C02F 1/24 (2006.01), C02F 9/02 (2006.01), C02F 103/02 (2006.01). Wastewater treatment system from oil products / applicants L.A. Nikolaeva, E.N. Boroday; patent holders Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Kazan State Power Engineering University» (FSBEI HPE «KSPEU»). — No. 2012100491/05; declared 01/10/2012; publ. 27.06.2012. Bul. No. 3.
8. Semakina O.K., Yakusheva Yu.S., Shevchenko A.A. Choice of a method for granulating adsorbents from production waste // Fundamental research [Fundamentalnyye issledovaniya]. 2013. No. 8–3. P. 720–725.
9. Official site of JSC « L.Ya. Karpov Chemical Plant». URL: <http://www.karpovchem.ru/o-kompanii/> (date of the application: 15.02.2021).
10. Asibakov L.I., Laptev A.G. Characteristics of mesh demisters for cleaning gases from splashes // News of higher educational institutions. Energy Problems [Izvestiya VUZov. Problemy energetiki]. 2010. No. 7–8. P. 84–87.
11. Basharov M.M. Determination of the efficiency of mesh demisters (drop catchers) // News of higher educational institutions. Energy Problems [Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy energetiki]. 2014. No. 7–8. P. 135–137.

Оформление подписки на журнал «Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности» осуществляется по Каталогу Агентства «Роспечать» «Газеты. Журналы»

Подписной индекс 80814