

ОЧИСТКА ГАЗОВ В ПЕННОМ АППАРАТЕ ОТ ОКСИДОВ ФОСФОРА РАСТВОРОМ ФОСФАТОВ НАТРИЯ

Лукьянова Е.В., Никандров М.И., Краснов Ю.В.

Дзержинский политехнический институт Нижегородского государственного технического университета, Дзержинск, Россия (606029, г. Дзержинск, ул. Гайдара, 49), e-mail: mnnd@mail.ru

Изучено влияние параметров абсорбции оксидов фосфора водой, 10%-ной фосфорной кислотой и 25%-ным раствором динатрийфосфата в двухполочном пенном аппарате на степень очистки газа и величину коэффициента массопередачи. Свободное сечение решетки на первом слое было равно $0,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$, на втором слое $0,21 \text{ м}^2/\text{м}^2$, диаметр отверстий решетки был равен $0,006 \text{ м}$. При начальном содержании оксидов фосфора в газе $30 \text{ г}/\text{м}^3$ степень поглощения водой составила в среднем 78% (без стабилизатора пенного слоя) и 89% со стабилизатором пенного слоя. С увеличением скорости газа с 1,5 до 2,5 м/с степень поглощения меняется незначительно, а коэффициент массопередачи возрастает ~ в 1,68 раза. При орошении аппарата 25%-ным раствором динатрийфосфата эффективность абсорбции повышается. В аппарате со стабилизатором пенного слоя из газов, содержащих $30 \text{ г}/\text{м}^3$ оксидов фосфора, при скорости газов 2 м/с, плотности орошения $15 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ поглощается в среднем 95% оксидов. Из газов, содержащих 2-3 г/м³ оксидов фосфора, поглощается до 92% оксидов. Коэффициент массопередачи при скорости газа 2,5 м/с в аппарате со стабилизатором пенного слоя равен 8200 м/ч, а без стабилизатора – 7350 м/ч. Высота пенного слоя равна 0,45-0,46 м.

Ключевые слова: фосфорная кислота, туман, абсорбция, пенный аппарат, массопередача.

GAS CLEANING IN THE FOAM SCRUBBER FROM OXIDES OF PHOSPHORUS WITH THE HELP OF SOLUTIONS OF SODIUM PHOSPHATE

Lukyanova E.V., Nikandrov M.I., Krasnov U.V.

Dzerzhinsky Polytechnic Institute of Nizhegorodsky Technical University, Dzerzhinsk, Russia (606029, Dzerzhinsk, avenue of Gaydar, 49) e-mail: mnnd@mail.ru

Was studied the influence of the parameters of phosphorus oxides absorption by the water, 10% phosphoric acid and 25% solution of disodium hydrogen phosphate in the two-stage foam scrubber on the degree of purification and the magnitude of mass-transfer coefficient. The free area of the lattice on the first layer is the $0,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$, on the second layer is the $0,21 \text{ м}^2/\text{м}^2$, the diameter of the holes of the lattice is the $0,006 \text{ м}$. When the initial content of phosphorus oxides $30 \text{ г}/\text{м}^3$ the degree of absorption by means water amounted to an average of 78% (without a stabilizer of the foam layer) and was 89% with the stabilizer of foam layer. With the increase in the speed of gas from 1.5 to 2.5 m/s, the extent of absorption varies slightly, and mass-transfer coefficient increases in 1,68 times. If the irrigation of the apparatus of 25% solution of disodium hydrogen phosphate the efficiency of absorption increases. In the scrubber with the stabilizer of foam layer out of gases containing $30 \text{ г}/\text{м}^3$ oxides of phosphorus with the velocity of the gas 2 m/s and the density of irrigation $15 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{h})$ is absorbed on average 95% of oxides of phosphorus. Out gases containing 2-3 г/м³ oxides of phosphorus is absorbed by up to 92% of oxides. The ratio of mass transfer in gas velocity of 2.5 m/s in the scrubber with the stabilizer of foam layer is 8200 m/h, and without the stabilizer is 7350 m/h. The height of the foam layer equal to 0.45-of 0.46 m.

Keywords: phosphorus pentaoxide, absorption, degree of absorption, mass transfer.

Введение. Пенные аппараты с высокой эффективностью используются для очистки отходящих газов, в том числе и от оксидов фосфора, тумана фосфорной кислоты и пыли [6]. При получении фосфатов натрия представляет интерес использовать для очистки газов маточные растворы динатрийфосфата с последующим возвратом раствора в производство тринатрийфосфата. Это позволит повысить концентрацию нейтрализованного раствора и исключить стадию упарки разбавленных растворов перед кристаллизацией.

Цель работы: получение отсутствующих в литературе сведений по массопередаче при поглощении оксида фосфора раствором динатрийфосфата в пенном аппарате.

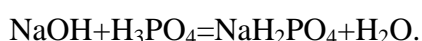
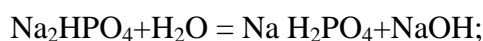
Экспериментальная часть

Исследование проводили на опытном двухполочном пенном аппарате с решеткой со свободным сечением на первом слое $0,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$, $0,21 \text{ м}^2/\text{м}^2$ на втором слое и диаметром отверстий $0,006 \text{ м}$. Степень абсорбции оксидов фосфора определяли по содержанию P_2O_5 в газе до и после слоя, определяемому фотоколориметрически [4].

Результаты и их обсуждения

Исследование абсорбции оксидов фосфора из газов, содержащих $30 \text{ г}/\text{м}^3 \text{ P}_2\text{O}_5$, в пенном аппарате без стабилизатора пенного слоя, орошаемом водой, показало, что в интервале изменения скорости газа $1,5\text{--}2,5 \text{ м}/\text{с}$ степень поглощения оксида возрастает с 73 до $82,5\%$. С увеличением высоты пенного слоя при установке стабилизатора пены степень поглощения возрастает соответственно до $86\text{--}92\%$. Двухполочный пенный аппарат имел на 1 слое решетку со свободным сечением $S_0 = 0,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$, на втором слое $S_0 = 0,21 \text{ м}^2/\text{м}^2$, диаметр отверстий $0,006 \text{ м}$. Изменение доли пентаоксида фосфора в газе, поступающем на абсорбцию, в пределах $20\text{--}40 \text{ г}/\text{м}^3 \text{ P}_2\text{O}_5$ практически не влияло на степень абсорбции. В аппарате со стабилизатором пенного слоя с увеличением скорости газа с $1,5$ до $2,5 \text{ м}/\text{с}$ коэффициент массопередачи линейно возрастает с 4500 до $7400 \text{ м}^3/\text{ч}$ одновременно с увеличением высоты пены до $0,32 \text{ м}$. Увеличение плотности орошения с 5 до $10 \text{ (м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч)}$ повышает степень поглощения оксида фосфора на $\sim 5\%$. Дальнейший рост плотности орошения сказывается менее значительно (на $1\text{--}1,5\%$). При орошении аппарата фосфорной кислотой степень поглощения практически остается на том же уровне, как и при абсорбции водой. Поскольку получаемая фосфорная кислота имеет низкие концентрации ($12\text{--}18\% \text{ P}_2\text{O}_5$), то было предложено [1–3] подавать на орошение пенного аппарата 25% -ный раствор динатрийфосфата. После абсорбции оксидов фосфора фосфатный раствор может быть возвращен на стадию приготовления содовой суспензии в производство тринатрийфосфата. В связи с этим изучена абсорбция оксидов фосфора 25% -ным раствором динатрийфосфата из газов с долей P_2O_5 30 и $2 \text{ г}/\text{м}^3$.

При орошении пенного аппарата раствором динатрийфосфата наряду с образованием кислоты проходит взаимодействие:



С увеличением доли динатрийфосфата в растворе, как видно из рисунка 1, степень поглощения в равных условиях возрастает на $3\text{--}3,5\%$ одновременно с ростом высоты пенного слоя из-за изменения вязкости и поверхностного натяжения раствора.

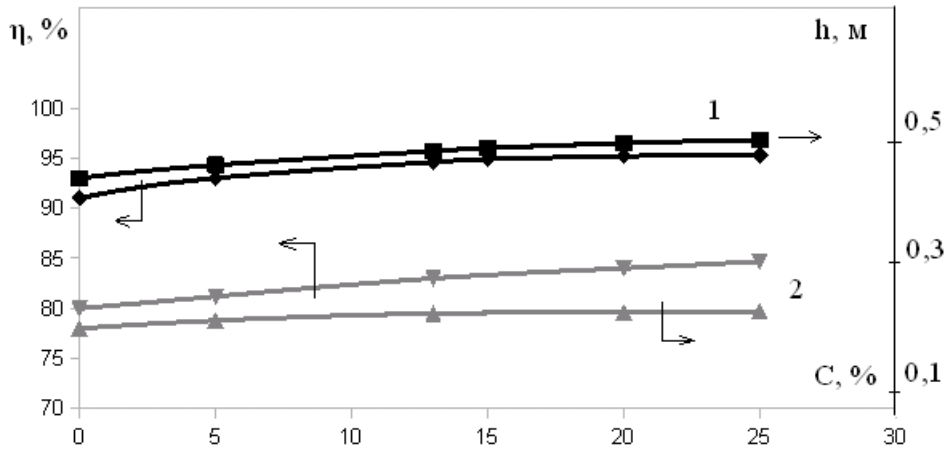


Рис. 1. Зависимость степени абсорбции (η , %) пентаоксида фосфора раствором динатрийфосфата и высоты пенного слоя (h , м) от концентрации фосфата в растворе (C , %); (1 – со стабилизатором, 2 – без стабилизатора) при доле пентаоксида в газе 30 г/м^3 , $L_0=10 \text{ м}^3/(\text{м}^2\cdot\text{ч})$, $d_3=0,0006 \text{ м}$ и $W=2 \text{ м/с}$.

С увеличением скорости газа в пенном аппарате с 1,5 до 2,5 м/с степень абсорбции пентаоксида снижается в 1,01 раза (рис. 2) из-за уменьшения времени контакта газа и жидкости. Средняя степень абсорбции пентаоксида фосфора в пенном аппарате со свободным сечением $S_0=0,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$ без стабилизатора составляет 83%, со стабилизатором пенного слоя 95% при плотности орошения $10 \text{ м}^3/(\text{м}^2\cdot\text{ч})$. Температура раствора на выходе из пенного аппарата составляет 60-65 °С при орошении раствором с температурой 30 °С. При этом коэффициент массопередачи возрастает с 4300 до 8500 м/ч. Это в 1,18 раза выше, чем при поглощении водой.

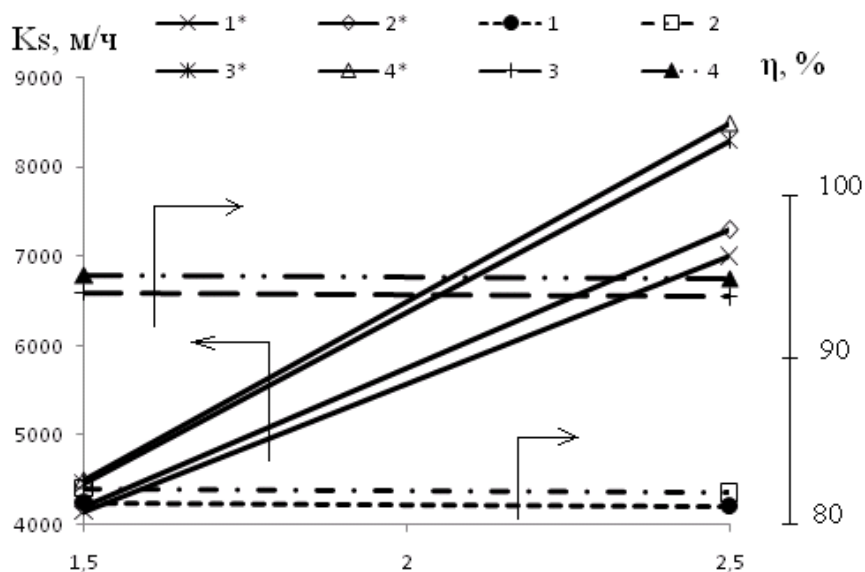


Рис. 2. Влияние скорости газа (W , м/с) на степень поглощения пентаоксида фосфора раствором динатрийфосфата (η , %) (линии 1, 2, 3, 4) и коэффициента массопередачи при абсорбции (K_S , м/ч) (линии 1*, 2*, 3*, 4*) при доле динатрийфосфата в растворе (для 1,3, 1*, 3*) = 12%, и (для 2, 4, 2*, 4*) = 25%; (1,2, 1*, 2* – без стабилизатора, 3,4, 3*, 4* – со стабилизатором пенного слоя).

Эффективность абсорбции пентаоксида фосфора из газов, содержащих 2–3 г/м³ Р₂О₅, в пенном аппарате со свободным сечением решетки $S_0 = 0,21 \text{ м}^2/\text{м}^2$ со стабилизатором пены при плотности орошения 10–20 м³/(м²*ч) составляет 90–91,6% (рис. 3). Коэффициент массопередачи для интервала скоростей газа 1,5–2,5 м/с составляет 4500–8200 м/ч с увеличением высоты пенного слоя с 0,41 до 0,46 м.

Увеличение плотности орошения решетки в пенном аппарате со стабилизатором пенного слоя с 5 до 20 м³/(м²*ч) приводит к повышению эффективности поглощения оксидов фосфора раствором динатрийфосфата при скорости газа 2 м/с с 84 до 91,6%.

В результате абсорбции пентаоксида фосфора рН раствора снижается с 9,7 до 6–6,5. Полученный фосфатный раствор используется для поглощения оксидов фосфора в распылительной колонне, после прохождения которой раствор возвращается на стадию нейтрализации производства тринатрийфосфата. При соблюдении оптимальных режимов работы пенного аппарата отходящие газы содержат 50–100 мг/м³ оксида фосфора.

Дальнейшая очистка газов при прохождении волокнистого фильтра, заполненного полипропиленовым волокном с размером волокна 72 мкм, позволяет снизить содержание тумана фосфорной кислоты до значений менее ПДК в воздухе рабочей зоны.

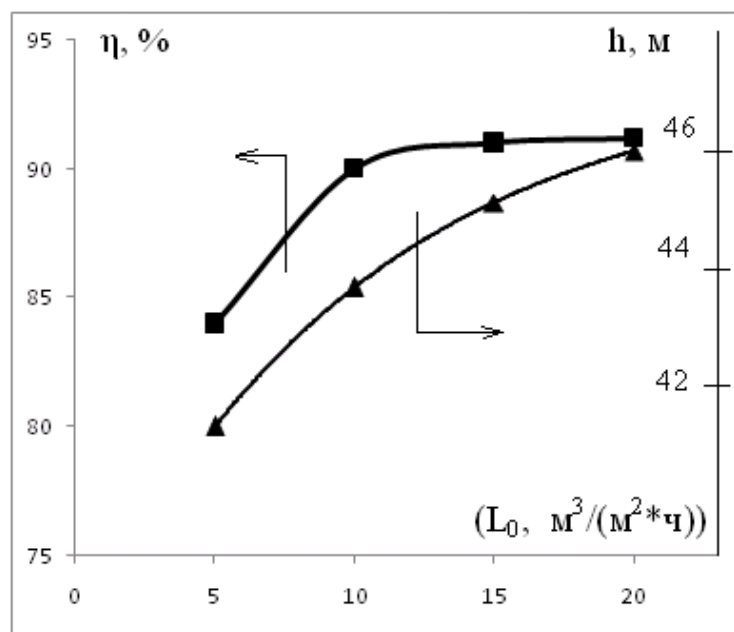


Рис. 3. Влияние плотности орошения (L_0 , м³/(м²*ч)) на степень абсорбции пентаоксида фосфора (η ,%) и высоту пенного слоя (h , м) при скорости $W=2,0$ м/с, свободном сечении $S_0 = 0,21$ м²/м² и $d_э = 0,006$ м.

Заклучение

При абсорбции оксидов фосфора раствором динатрийфосфата степень поглощения на ~ 3% выше, чем при абсорбции водой или фосфорной кислотой. Степень абсорбции на первом слое достигает 95%, на втором слое 91,6%.

Список литературы

1. Никандров М.И., Ефимова Е.О., Никандров И.С. Способ получения семиводного динатрийфосфата : Патент РФ № 2 277 067, С01 в 21/30, приоритет 04.10.04 ; опубл. 27.05.06, Бюл. № 15.
2. Никандров М.И., Никандров И.С. Способ получения десятиводного тринатрийфосфата : Патент РФ № 2275328 ; Бюл. изобретений № 12. – 2006.
3. Никандров М.И., Никандров И.С. Исследование приготовления содовой суспензии в производстве фосфатов натрия // Труды НГТУ. – 2011. – № 2 (87). – С. 222-226.
4. Позин М.Е. [и др.] Практическое руководство по технологии неорганических веществ. – Л. : Химия, 1978. – 324 с.
5. Позин М.Е., Мухленов И.П., Тарат Э.Я. Пенные газоочистители, теплообменники и абсорберы. – М.-Л. : Химия; Госхимиздат, 1959. – 153 с.

Рецензенты:

Луконин В.П., д.техн.н., профессор, генеральный директор Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский институт химии и технологии полимеров им. акад. В.А. Каргина с опытным заводом» (ФГУП «НИИ Полимеров»), г. Дзержинск.

Ширшин К.В., д.хим.н., профессор, заместитель директора Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский институт химии и технологии полимеров им. акад. В.А. Каргина с опытным заводом» (ФГУП «НИИ Полимеров») по научной работе, г. Дзержинск.