

УДК 661.183

Л.И. КАРИЕВА, студент гр. ЭОм-1-22 (КГЭУ)
Научный руководитель Е.А. ЛАПТЕВА, к.т.н., доцент (КГЭУ)
г. Казань

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АДСОРБЕНТОВ

Адсорбция — это процесс, в ходе которого атомы, молекулы или ионы одного вещества накапливаются на поверхности другого вещества. Этот процесс играет важную роль в различных областях, включая промышленность, охрану окружающей среды и медицину. Выбор правильного адсорбента является ключевым аспектом процесса адсорбции и может существенно повлиять на эффективность и экономическую целесообразность данного процесса [1].

Адсорбенты играют ключевую роль в процессе адсорбции, обеспечивая взаимодействие с адсорбатом и обеспечивая эффективную очистку или разделение веществ [2].

Для того, чтобы выявить какой лучше адсорбент подойдет для химической промышленности, первым делом рассмотрим виды адсорбентов, их преимущества и недостатки, которые занесены в таблицу 1 [3].

Табл. 1

	Активированный уголь	Силикагель	Алюмосиликаты	Цеолиты
Достоинства	-хорошая адсорбционная способность; -широкий спектр применения; -относительная дешевизна	-высокая поверхностная площадь; -химическая и термическая стабильность; -высокая емкость; -селективность к влаге	-высокая поверхностная площадь; -химическая стабильность; -возможность селективного разделения; -возможность регенерации	-высокая поверхностная площадь; -возможность регенерации; -химическая устойчивость
Недостатки	-может потребоваться регенерация или замена; -неэффективен для некоторых типов загрязнений.	-высокая стоимость; -низкая механическая прочность, -требует осторожного обращения	-ограниченная емкость; -высокая стоимость; -чувствительность к влажности	-высокая стоимость; -ограниченные возможности; -затраты на регенерацию

После того, как мы рассмотрели адсорбенты в теоретическом плане, необходимо провести расчет и выявить какой же окажется эффективнее при работе с адсорбером периодического действия.

В качестве поглотителя будем применять поочередно 4 вида адсорбента, представленных в таблице 1.

Перепад давления насыпного слоя равен:

$$\Delta P = \lambda \frac{H}{d_{\text{э}}} \frac{\rho \omega_{\text{ист}}^2}{2} = 7,2 \cdot \frac{0,9}{0,002} \cdot \frac{1,2 \cdot 0,22^2}{2} = 90,33 \text{ Па}, \quad (1)$$

где λ - коэффициент трения; $\omega_{\text{ист}}$ - истинная скорость потока паровоздушной смеси; $d_{\text{э}}$ - эквивалентный диаметр.

В неподвижном слое поглотителя коэффициенты массоотдачи можно вычислить по уравнениям для ламинарного и турбулентного режима соответственно:

$$\beta = 0,62 \left(\frac{\Delta P \varepsilon_{\text{св}} \nu}{a_{\text{в}} H L \rho} \right)^{1/3} (\text{Pr})^{-2/3} \quad (2)$$

$$\beta = 0,175 \left(\frac{\varepsilon_{\text{св}} \nu}{\rho} \right)^{0,25} (\text{Pr})^{-2/3}, \quad (3)$$

где $\varepsilon_{\text{св}}$ - удельный свободный объем адсорбента; ν - коэффициент кинематической вязкости; $a_{\text{в}}$ - удельная поверхность адсорбента.

Коэффициент массоотдачи для активированного угля равен:

$$\beta = 0,62 \left(\frac{90,33 \cdot 0,375 \cdot 15 \cdot 10^{-6}}{720 \cdot 0,9 \cdot 62,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,2} \right)^{1/3} (1,74)^{-2/3} = 0,02 \text{ м/с}, \quad (4)$$

Продолжительность адсорбции:

$$\tau = \sqrt{\Gamma \cdot H / \omega_{\text{и}}} - b \sqrt{\Gamma / \beta_{\text{г}}} \quad (5)$$
$$\tau = \sqrt{11000 \cdot 0,9 / 0,22} - 1,84 \sqrt{11000 / 14,53} = 26086,67 \text{ сек} = 7,25 \text{ ч},$$

где $\beta_{\text{г}}$ - объемный коэффициент массоотдачи.

Определим количество паровоздушной смеси, проходящей через адсорбер за это время:

$$V = \frac{\pi D_a^2}{4} w \tau = \frac{\pi \cdot 0,11}{4} \cdot 0,22 \cdot 161,5 = 511,04 \text{ м}^3 \quad (6)$$

По условиям, за один период через адсорбер должно пройти 100 м³. Следовательно, диаметр адсорбера:

$$D_a = \sqrt{\frac{100 \cdot 4}{\rho_n \cdot \pi \cdot H}} = \sqrt{\frac{100 \cdot 4}{500 \cdot 0,9 \cdot \pi}} = 0,149 \text{ м}, \quad (7)$$

где ρ_n -насыпная плотность адсорбента; H- высота слоя угля.

Высчитаем количество активного угля необходимое на одну загрузку:

$$G_1 = \frac{\pi D_a^2}{4} H \rho_n = \frac{0,149^2 \pi}{4} \cdot 0,9 \cdot 500 = 7,84 \text{ кг} \quad (8)$$

Аналогично рассчитаем остальные виды адсорбентов и внесем в таблицу 2.

Табл.2

	Активированный уголь	Силикагель	Алюмосиликаты	Цеолиты
G, кг	7,840	10,740	4,930	7,320
D _a , м	0,149	0,147	0,088	0,122
ΔP, Па	90,326	29,687	446,054	111,514
B, м/с	0,020	0,016	0,332	0,023
τ, ч	7,246	7,407	20,989	10,866
V, м ³	511,044	441,504	1097,246	647,662

На основании расчетов можно сделать вывод, что время, затраченное на процесс адсорбции, больше у алюмосиликатов, следовательно, его теоретически не выгодно использовать на производстве. В то время как время, затрачиваемое на процесс адсорбции с использованием активированного угля, будет меньше, что говорит о более быстрой и эффективной очистке среды, а также это может снизить затраты на материал и энергию, что является важным фактором при выборе адсорбента.

Об адсорбционной емкости адсорбентов свидетельствует разница в объеме загружаемого материала. Загрузка активированного угля в адсорбер может происходить в меньших объемах, что позволяет сократить расход этого материала.

В следствие чего активированный уголь будет намного эффективнее и экономичнее по сравнению с остальными видами адсорбентов.

В заключение статьи можно отметить, что правильный подход к выбору адсорбента важен для достижения поставленных целей в области адсорбционных процессов. Расчет выбора адсорбента, основанный на фундаментальных принципах и научных данных, обеспечивает оптимальные результаты и эффективное использование адсорбционных материалов.

Список литературы:

1. Кариева, Л. И. Выбор наиболее эффективного адсорбента для осушки воздуха / Л. И. Кариева // Тинчуринские чтения - 2023 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 26–28 апреля 2023 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 2. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 566-568.

2. Патент № 2566141 С1 Российская Федерация, МПК В01J 20/30, В01J 20/16. способ получения адсорбента: № 2014123241/05: заявл. 06.06.2014: опубл. 20.10.2015 / В. Ф. Новиков, О. Р. Каратаев, А. А. Карташова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный энергетический университет" (ФГБОУ ВПО "КГЭУ").

3. Сравнительная характеристика адсорбентов для жидкостной колонной хроматографии / Ю. В. Снигирева, А. В. Дмитриева, Р. Н. Хизбуллин [и др.] // Энергетика транспорта. Актуальные проблемы и задачи: сборник научных трудов IV Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 06–07 октября 2020 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 95-98.

Информация об авторах:

Кариева Лиана Ильдаровна, студент гр. ЭОм-1-22, КГЭУ, 420066, г. Казань, ул. Красносельская 51

Лаптева Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, КГЭУ, 420066, г. Казань, ул. Красносельская 51