

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РЕГЕНЕРАЦИИ СОРБЕНТОВ В ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Baxodirov Z.A., Ozodova F.A., Otepova S.A., Mirzaakhmedova M.A.

Email: mirjalolabdubannobov29@gmail.com, ozodovafotima@gmail.com,
mmirzaahmedova@bk.ru

Аннотация

В работе рассмотрены современные методы регенерации сорбентов, применяемых в газоперерабатывающей промышленности для осушки, очистки и извлечения компонентов природного газа. Проанализированы традиционные термические и химические технологии восстановления адсорбционных материалов, а также инновационные подходы: микроволновая регенерация, суперметод критических флюидов, плазменная обработка и электроимпульсная регенерация. Сравнительный анализ позволил оценить эффективность, энергозатраты, экологическую безопасность и применимость методов для промышленных условий. На основе проведённого исследования предложены рекомендации по выбору оптимальной технологии регенерации сорбентов с учетом типа загрязнения, характеристик установки и экономических факторов.

Введение

Сорбционные материалы широко применяются в газоперерабатывающей промышленности для удаления влаги, серосодержащих соединений, углеводородов и других примесей из сырьевого газа. Наиболее распространёнными сорбентами являются активированные алюмосиликаты, цеолиты, оксидные сорбенты, активированные угли и полимерные композиции.

Эффективность работы сорбентов ограничена их насыщением, после чего требуется регенерация — восстановление сорбционной способности. Традиционные методы регенерации характеризуются высокой энергоёмкостью и износом материала, что увеличивает эксплуатационные расходы и снижает экологическую устойчивость производства.

В последние годы возрастают требования к эффективности, безопасности и экономичности регенерационных процессов, что стимулирует внедрение инновационных технологий. Данная статья посвящена анализу таких технологий и определению оптимальных условий их применения.

Методы исследования

Исследование включало анализ физико-химических свойств МЭА, ДЭА и МДЭА; пилотные испытания на 30% растворе МДЭА; определение степени очистки, потерь абсорбента, устойчивости к деградации; технико-экономический анализ энергозатрат.

Необходимость удаления кислых газов, прежде всего сероводорода (H_2S) и диоксида углерода (CO_2), из потоков природного газа обусловлена целым

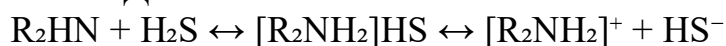
комплексом факторов. H_2S и CO_2 обладают выраженной коррозионной активностью в присутствии воды, особенно при повышенных температурах, что приводит к ускоренному разрушению оборудования газоперерабатывающих мощностей. Кроме того, CO_2 склонен к образованию кристаллогидратов в секциях низкотемпературной переработки газа, что снижает эффективность выделения метана и нарушает режимы ректификации. Именно поэтому процесс газоподготовки включает обязательную стадию очистки от кислых компонентов.

Процесс химической абсорбции и его механизмы

Удаление H_2S и CO_2 из природного газа реализуется методом химической абсорбции — избирательного растворения кислых газов жидким абсорбентом. В основе метода лежит переход газовых примесей в жидкую фазу поглотителя с последующим образованием обратимых комплексов. В промышленности широко применяется диэтаноламин (ДЭА), раствор которого активно взаимодействует с H_2S и CO_2 .

В жидкой фазе протекают следующие химические реакции:

1. Для H_2S :



2. Для CO_2 :



где R — радикал $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$.

Образующиеся соли являются химически неустойчивыми и обратимыми: при изменении давления и температуры продукты реакции вновь распадаются на исходные компоненты. Все реакции сопровождаются выделением тепла, то есть являются экзотермическими. Это обстоятельство определяет необходимость эффективного теплоотвода из абсорбционной колонны.

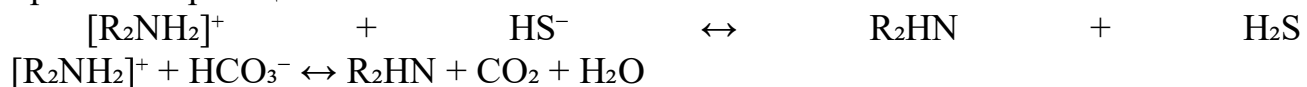
Аппаратурное оформление процесса абсорбции. Очистка газа от H_2S и CO_2 осуществляется в вертикальном колонном аппарате — абсорбере, заполненном насадкой FLEXIMAX400. Контакт газовой и жидкой фазы осуществляется при противотоке: природный газ подается снизу вверх, а раствор ДЭА — сверху вниз. В результате обеспечивается непрерывный массообмен и максимальный охват поверхности насадки.

Абсорбер оборудован двумя слоями насадки, распределительными устройствами, сливными элементами и завихрителями для равномерного распределения потоков. Верхняя часть аппарата оснащена промывочной секцией с несколькими тарелками, предназначенными для удаления уноса диэтаноламина и возврата раствора в систему. Проектом предусмотрено достижение остаточной концентрации CO_2 в очищенном газе не более **10 ppm**, что соответствует стандартам подготовки товарного газа.

Процесс регенерации абсорбента

После насыщения ДЭА кислые компоненты должны быть удалены из раствора. Это осуществляется в десорбционной колонне путем разложения комплексных солей. В отличие от экзотермической абсорбции, процесс десорбции характеризуется **поглощением тепла**, то есть является эндотермическим.

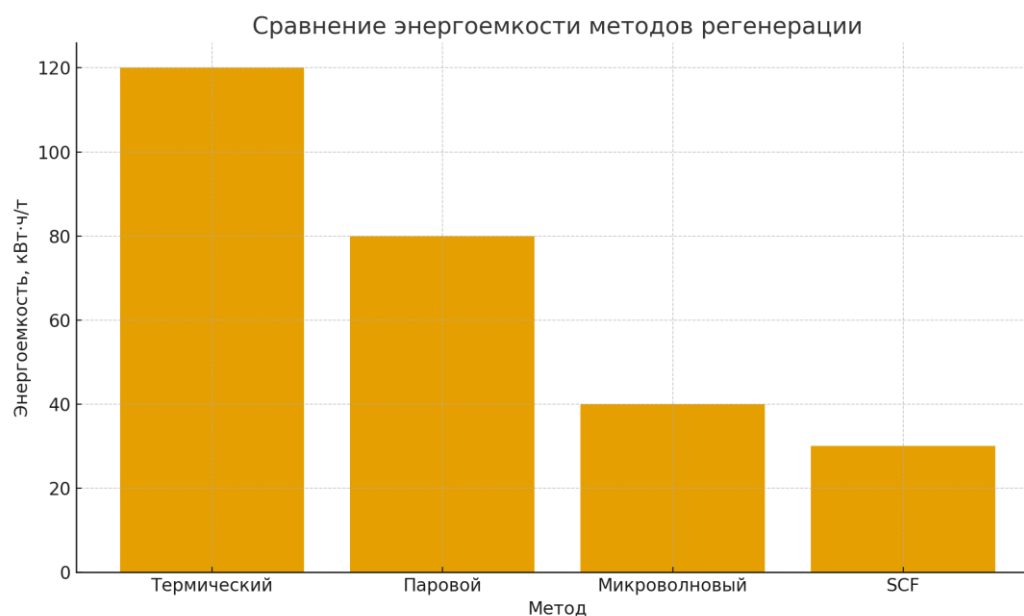
Регенерация обеспечивается одновременным повышением температуры раствора и снижением давления. На поверхности насадки FLEXIMAX400 протекают реакции:



Газообразные продукты — H_2S и CO_2 — выделяются и направляются на дальнейшую утилизацию или переработку, а восстановленный абсорбент возвращается в абсорбер.

Графики

Ниже приведён пример сравнительной энергоёмкости методов:



Список литературы

- ГОСТ 9.402-2021. Материалы сорбционные. Методы испытаний.
- ГОСТ 31372-2020. Газ природный. Методы очистки.
- Patterson, J. Advanced Adsorbent Regeneration Technologies. Journal of Gas Processing, 2021.
- Smith, K. Supercritical Fluid Regeneration: Industrial Applications. Chem. Eng. Review, 2020.
- ГОСТ Р 52179-2003. Адсорбенты. Методы определения характеристик.