

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ АДСОРБЦИОННОГО АККУМУЛИРОВАНИЯ МЕТАНА НА УГЛЕРОДНОМ ВОЛОКНИСТОМ СОРБЕНТЕ

Сапожников С.В.¹, Сафонов В.В.¹, проф., Третьякова А.Е.¹, доц., Фомкин А.А.²

¹ Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство),

² Институт физической химии и электрохимии РАН,

г. Москва, Российская Федерация

Реферат. В статье рассматривалась разработка технологии адсорбционного аккумулирования природного газа (метана) на углеродном волокнистом сорбенте С300, позволяющая многократно использовать отработанный газ.

Ключевые слова: волокнистый сорбент, метан, аккумулирование, объем микропор, уравнение Дубинина-Радушкевича, давление, температура.

В настоящее время природный газ является единственным видом топлива, который есть в изобилии и отличается экологической чистотой. Это экономически жизнеспособное топливо с инфраструктурой, необходимой для использования на автомобильном транспорте во всем мире в течение следующих 40 лет. Применение природного газа на транспорте позволяет достичь 66% экономии по сравнению с бензином и 33% по отношению к дизельному топливу. Двигатели, работающие на природном газе (метане) выбрасывают на 25% меньше углекислого газа, чем работающие на бензине, и на 35% меньше, чем на дизельном топливе (СО₂ способствует глобальному изменению климата в связи с парниковым эффектом).

В последние годы стали актуальны, особенно в альтернативной энергетике, задачи накопления и обратимого аккумулирования природного газа - метана с использованием микропористых углеродных адсорбентов при сверхкритических давлениях и температурах. В этих условиях достигаются высокие заполнения микропор, а адсорбированное вещество находится в особом нанодиспергированном состоянии (НДС-состояние). В связи с этим применение адсорбентов разной природы и морфологии для аккумулирования метана приводит к необходимости и актуальности исследования фундаментальных закономерностей адсорбции.

Современные адсорбционные технологии в большинстве случаев работают при повышенных давлениях, что обеспечивает оптимальность массообменных процессов. Подобные адсорбционные системы используются, например, при подготовке природного газа для дальнейшей транспортировки, при получении чистых газов, в процессах очистки и осушки воздуха в криогенной технике.

Адсорбированный природный газ (АПГ) – природный газ, адсорбированный на углеродном пористом сорбенте при относительно низком давлении 30-50 атм. и температуре окружающей среды.

Микропористые углеродные адсорбенты рассматриваются как наиболее перспективные материалы для создания эффективных способов хранения газового топлива в мобильных системах.

Использование углеродных волокнистых сорбентов позволяет устранить проблему пыления адсорбентов, а также способствует увеличению ресурсов работы двигателя.

Углеродный волокнистый сорбент (УВС) – это пористый волокнистый материал на основе углерода и обладающий выраженными адсорбционными свойствами.

Сорбент выбирался среди широкого ряда промышленных пористых углеродных адсорбентов по характеристической энергии адсорбции, удельному объему микропор и насыпному весу.

В качестве сорбента выбран пористый волокнистый материал С300, полученный на основе полимерных волокон из вискозы. В отличие от гранулированных и порошкообразных сорбентов, он обладает рядом преимуществ, а именно: повышенной кинетикой сорбции за счет высокой удельной поверхности и большей доступности функциональных групп, высокой скоростью поглощения различных веществ, прочностью, отсутствием пыления, высокой адсорбционной активностью. Волокна сорбента сплетены из отдельных нитей, которые имеют размер порядка 10⁻³ мм.

Для теоретического анализа общих закономерностей адсорбции метана на углеродных волокнистых сорбентах использовали Теорию объемного заполнения микропор Дубинина и термическое уравнение Дубинина-Радушкевича. Адсорбцию рассчитывали по уравнению (1).

$$a = W_0 \rho_a \exp \left(- \left(\frac{RT \ln \left(\frac{f_s}{f} \right)}{\beta E_0} \right)^2 \right) \quad (1)$$

где W_0 - удельный объем микропор, см³/г; ρ_a - предельная плотность адсорбата при температуре T , г/см³; E_0 - характеристическая энергия адсорбции стандартного пара - бензола, кДж/моль; β - коэффициент подобия для метана относительно бензола; R - универсальная газовая постоянная, кДж/моль*К; T - температура, К; f_s - летучесть насыщенного пара при данной температуре; f - летучесть пара при данных температуре и давлении.

Из анализа уравнения Дубинина-Радушкевича (1) следует, что адсорбция зависит от давления (летучести) и определяется объемным (W_0) и энергетическим факторами (E_0). Чем больше эти параметры для сорбента, тем больше адсорбция метана.

Для расчета температурной зависимости адсорбции на линии давления насыщенного пара используется метод Дубинина-Николаева.

Адсорбированное вещество в микропорах в поле адсорбционных сил подобно жидкости, находящейся в сильно сжатом состоянии. По ориентировочной оценке этому сжатию отвечает гидростатическое давление порядка нескольких сотен атмосфер. Для температур, значительно ниже критических, например нормальной температуре кипения, сжимаемостью в объемной фазе, а следовательно и адсорбата, можно пренебречь.

Изотермы адсорбции метана на волокнистом сорбенте С300 в области температур, превышающих критическую, рассчитаны из условия линейности изостер по двум изотермам адсорбции для температуры кипения T_b и критической температуры T_{cr} .

В координатах $a=f(\ln p)$ изотермы адсорбции метана на волокнистом углеродном сорбенте С300 имеют s-образный вид.

Расчет на основе теории объемного заполнения микропор (ТОЗМ) с использованием уравнения Дубинина – Радушкевича, удовлетворительно описывает в большей области давлений ход экспериментальных кривых изостер адсорбции.

Изостерическая теплота адсорбции на начальном участке уменьшается с повышением температуры. Теплота адсорбции плавно падает с увеличением адсорбции, т.е. с ростом заполнения объема микропор. Начальная теплота адсорбции составляет порядка 14 - 15 кДж/моль. В средней области величины достигают 12 кДж/моль и далее падают при увеличении давления до 30 МПа. Молекулы адсорбата первоначально занимают наиболее выгодные адсорбционные центры, в результате теплота падает с ростом адсорбции.

Наибольшая эффективность использования углеродного волокнистого сорбента для адсорбционного аккумулирования метана наблюдается в интервале давлений от 3 до 7 МПа и температуре 303-333 К.

УДК 372.8 (476.5)

СРАВНЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ В ЗАДАНИЯХ ПО ХИМИИ ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ В ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ ТЕСТИРОВАНИИ И ЕДИНОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ЭКЗАМЕНЕ

Соколова Т.Н., доц., Дрюкова Г.Н., методист

Витебский государственный технологический университет,

г. Витебск, Республика Беларусь

Реферат. В статье проведено сравнение химических компетенций заданий вступительных испытаний по учебному предмету «Химия» для абитуриентов Республики Беларусь - централизованное тестирование и по химии Российской Федерации - единый государственный экзамен за 2016 год.

Ключевые слова: абитуриент, задания вступительных испытаний по химии РБ и РФ.