

Разделение многокомпонентных растворов методами адсорбции на цеолитах

А.А. Паранук
к.т.н. ассистент¹
rambi.paranuk@gmail.com

Х.Х. А. Сааведра
аспирант¹

Л.К.Н. Киньонез
аспирант¹

¹кафедра ОНПП, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, Россия

В данной статье рассматривается проблема разделения многокомпонентных растворов методами адсорбции с использованием молекулярно-ситовых свойств цеолитов. В технологиях транспорта и добычи данный вопрос является крайне актуальным в связи с тем, что при добыче природного газа на УКПГ (установке комплексной подготовки) добавляется метанол, работающий в больших объемах как ингибитор гидратобразования [1]. Метанол, вода и жидкие углеводороды образуют азеотропную смесь, которая как отдельная фракция отделяется на головной компрессорной станции.

Материалы и методы
Математическое моделирование, экспериментальные данные.

Ключевые слова
молекулярная масса раствора, масса адсорбента, удельная поверхность, весовая доля исходного раствора

В процессе осушки газа на головной компрессорной станции методами адсорбции (силикагель) из газа удаляются азеотропная смесь, которая состоит из:

1. Жидких углеводородов
2. Метанола
3. Воды

Данная азеотропная смесь разделяется на два потока, и часть жидких углеводородов поступает в емкость для дальнейшей переработки и отбензинования, второй поток, который тоже включает в себя жидкие углеводороды только в меньшем объеме, образуя азеотропную смесь, метанол с водой поступает в другую емкость. Данный раствор представляет серьезную проблему для предприятий транспорта и добычи, так как является затратным в плане утилизации и хранения.

Для решения данной задачи надо перейти к бинарной системе и извлечь механическими способами жидкие углеводороды. Для этого необходимо решить ряд технологических задач. То есть раствор перед подачей его на адсорбер с цеолитами выдержать в отстойнике, чтобы жидкие углеводороды отделились как отдельная фракция. Далее будем рассматривать бинарную систему, которую мы разделим, используя молекулярно-ситовые свойства цеолитов [2].

Рассматривая адсорбционную фазу как автономную физическую фазу, прилегающую к поверхности адсорбента и имеющую определенную толщину (монослойная адсорбция, двухслойная адсорбция). Эта фаза имеет определенный состав и находится в равновесном состоянии с однородной объемной фазой, имеющей другой состав. Опираясь на опыт авторов, которые занимались проблемой адсорбции бинарных растворов, можно утверждать, что Γ_v^i, Γ_n^i — Гиббсовы составляющие системы, то тогда можно вычислить зависимость состава «адсорбционной фазы от» соотношения веществ в объеме, т.е. так называемые индивидуальные изотермы

$$m_1^\delta = m_1^\delta(x_2) \text{ и } m_2^\delta = m_2^\delta(x_2)$$

где m_1^δ и m_2^δ — число молей вещества 1 и 2 в адсорбционном слое вблизи поверхности [3] (в расчете на единицу поверхности).

Определение численной характеристики величины адсорбции из жидких растворов на границе жидкое — твердое тело

$$\Gamma_i^v = \frac{V(c_i^0 - c_i)}{n_a \cdot s} \quad (1)$$

где V — объем исходного раствора, c_i^0 — мольная объемная концентрация i -го компонента исходного раствора, c_i — мольная объемная концентрация равновесного раствора [3].

$$\Gamma_i^m = \frac{G(g_i^0 - g_i)}{n_a s M_i} \quad (2)$$

где M_i — молекулярная масса раствора, n_a — масса адсорбента, s — удельная поверхность, G — масса, g_i^0 — весовая доля исходного раствора, g_i — весовая доля i -го компонента [3].

Применительно к адсорбции, на твердых адсорбентах уравнение 1 и 2 не находят

широкого применения, а метод избытка Гиббса используется, в основном, как критерий при выборе термодинамически допустимого объема адсорбционной фазы в методе полного содержания. Наиболее оптимальными оказались уравнения, описывающие зависимости избыточных термодинамических функций для адсорбционной системы в целом от состава двухкомпонентных объемных фаз.

Для более упрощенного решения задачи можно воспользоваться уравнением, принимающей величину адсорбции за X полного содержания воды в адсорбционном объеме a

$$X = \frac{G(\gamma_m - \gamma_{m1})}{m} \quad (3)$$

Для метанола получим тогда

$$a = X + V_a \gamma_{m1} \quad (4)$$

где G — масса раствора, γ_m, γ_{m1} — весовые доли воды в исходном и равновесном растворах, m — навеска адсорбента, V_a — адсорбционный объем.

Применение формул 3, 4 при использовании с изотермами адсорбции позволяет решить ряд практических задач. Например, какой тип цеолита наиболее эффективен в том или ином конкретном случае и какова адсорбционная емкость цеолитов при сушке до определенного минимального содержания воды.

Итоги

Таким образом, при проектировании установок осушки для регенераций метанола и возврата его в технологическую цепочку необходимо пользоваться приведенными зависимостями в комплексе.

Выводы

В рамках данной статьи можно сказать, что проблема регенерации метанола из водных растворов и возврат его в технологическую цепочку, вполне решаемая задача, а также есть альтернатива установкам регенерации метанола методами ректификаций.

Список используемой литературы

1. Паранук А.А., Кунина П.С. Определение гидратоопасного интервала скважины и способы предотвращения условий гидратообразования // Наука и Техника в газовой промышленности. 2012. № 1(49). С. 33–42.
2. Паранук А.А. Сааведра Х.Х. Новые направления применения природных цеолитов в качестве адсорбентов для разделения азеотропных растворов // Экспозиция Нефть Газ. 2015. №6 (45). С. 32–33.
3. Толмачев А.М. Адсорбция газов, паров и растворов. II. Описание и априорные расчеты адсорбционных равновесий // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2010. Т. 46, № 3. С. 242–260.

Separation of multicomponent solutions by adsorption on zeolites

UDC 66

Authors:

Arambiy A. Paranuk — Ph.D. assistant¹; rambi.paranuk@gmail.com

Jose H.A. Saavedra — postgraduate¹

Christian N. Quinonez Lazovsk — postgraduate¹

¹Department ONGP, FGBOU HPE "Kuban State Technological University", Krasnodar, Russian Federation

Abstract

This article described the problem of the separation of multi-component solution by adsorption using molecular and sieve properties of zeolites. The technology of transport and production of this issue is extremely important due to the fact that natural gas production at the GPP (installation of complex preparation) with methanol's addition, and in large volume it becomes as inhibitor hydrates formation [1]. Methanol, water and liquid hydrocarbons form an azeotrope which

is separated as a separate faction on the main compressor station.

Materials and methods

Mathematical modeling and the experimental data.

Results

Thus, the design of dehydration unit for the regeneration of methanol and return it to the process chain is necessary to use this dependence in the complex.

Conclusions

In this article we can say that the issue of regeneration of the methanol aqueous solution and return it to the process chain is quite solvable problem, also there is an alternative regeneration methanol instead rectification methods.

Keywords

molecular weight of the solution, the weight of the adsorbent, the specific surface, the weight fraction of the initial solution

References

1. Paranuk A.A., Kunina P.S. *Opredelenie gidratoopasnogo intervala skvazhiny i sposoby predotvrashcheniya usloviy gidratoobrazovaniya* [Determination the interval of hydrate hazard in well and ways to prevent conditions of hydrate formation]. Science & Technology in the Gas Industry, 2012, issue 1(49), pp. 33–42.
2. Paranuk A.A. Saavedra Kh.Kh. *Novye napravleniya primeneniya prirodnykh tselolitov v kachestve adsorbentov dlya razdeleniya azeotropnykh rastvorov* [New trends for the use of natural zeolites as adsorbents for the separation of azeotropic solutions]. Exposition Oil Gas, 2015, issue 6 (45), pp. 32–33.
3. Tolmachev A.M. *Adsorbtsiya gazov, parov i rastvorov. II. Opisaniye i apriornyye raschety adsorbtsionnykh ravnovesiy* [Adsorption of gases, vapors, and solutions: II. Description and a priori calculations of adsorption equilibria]. Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2010, Vol. 46, issue 3, pp. 242–260.



Группа компаний «Дамин» — современное предприятие, специализирующееся на разработке и производстве инновационной техники. Продукция компании востребована организациями, работающими в экстремальных природно-климатических условиях и труднодоступных местностях. Нефтяники, газовики, геологи и др. уже смогли по достоинству оценить новую технику, надёжную и удобную в эксплуатации. Кроме того, на производственной базе «Дамина» высококвалифицированные специалисты производят доработку грузовых автомобилей и шасси в соответствии с потребностями и пожеланиями заказчиков.

423800, г. Набережные Челны, Индустриальный проезд, д. 29
+7 (8552) 53-74-54, 53-74-72

damin16@rambler.ru
www.damin16.ru

На базе различных шасси КАМАЗ организовано производство Грузопассажирского автомобиля КАМАЗ (ГПА КАМАЗ). Спецавтомобиль предназначен для перевозки ремонтных и аварийных бригад в шести или семиместной кабине, доставки грузов, оборудования и инструментов, выполнения погрузочно-разгрузочных и ремонтных работ с использованием крано-манипуляторной установки (КМУ).

Благодаря повышенной проходимости автомобиль позволяет осуществлять обслуживание объектов, находящихся в труднодоступных местах.

Двухрядная кабина позволяет транспортировать увеличенную бригаду (водитель + 5–6 пассажиров).

Автомобиль по желанию и выбору заказчика оборудуется КМУ. Грузоподъемность КМУ от 3 до 7,5 тонн.

Модификации автомобиля ГПА возможны на следующих шасси КАМАЗ: 4308, 43502, 43253, 5350, 43118, 65111.