

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ПАРОВ ПРЕДЕЛЬНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ C₅-C₈ НОРМАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ И ИХ ИЗОМЕРОВ АДСОРБЦИОННО-КАТАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

А.Р. Цыганов¹, А.С. Панасюгин², Н.П. Машерова³, Н.Д. Павловский⁴, В.А. Ломоносов⁵

¹Белорусский государственный технологический университет, Минск

²Белорусский национальный технический университет, Минск

³Военная академия Республики Беларусь, Минск

⁴Гродненский государственный медицинский университет, Гродно

⁵Белорусский государственный университет, Минск

Развитие промышленного производства, использующего органические растворители, ставит задачу предотвращения их выброса в окружающую среду.

При низком содержании органических растворителей наиболее эффективным методом их нейтрализации является адсорбционно-каталитический метод.

Цель данной работы заключается в изучении процессов адсорбции паров предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения и их изомеров на цеолите NaX и оценке эффективности их нейтрализации адсорбционно-каталитическим методом.

Полученные результаты показали, что максимальная эффективность нейтрализации паров предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения и их изомеров адсорбционно-каталитическим методом составила 99,4–99,83 %.

Ключевые слова: предельные углеводороды C₅-C₈, нейтрализация, адсорбционно-каталитический метод.

Развитие промышленного производства, использующего органические растворители, ставит задачу предотвращения их выброса в окружающую среду. Большинство традиционных методов каталитической очистки газовых выбросов являются эффективными при достаточно высоких концентрациях органических примесей.

Ранее было показано, что в реальном производственном процессе суммарные концентрации загрязняющих веществ практически всегда колеблются в широком пределе, и, как следствие, оптимизировать режим работы систем нейтрализации, работающих по принципу метода прямого дожигания, весьма проблематично [1].

При выбросах больших объемов воздуха с низким содержанием вредных органических веществ рациональнее использовать адсорбционно-каталитический метод, суть которого состоит в концентрировании газообразных продуктов испарения на сорбенте, их термической десорбции с последующим периодическим беспламенным каталитическим окислением накопленных органических веществ на катализаторе глубокого низкотемпературного окисления.

Высокая эффективность адсорбционно-каталитического метода показана в процессе нейтрализации паров фенола, формальдегида, одноатомных спиртов и др. [2-4].

Целью данной работы являлось изучение процессов адсорбции паров предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения и их изомеров на цеолите NaX и эффективности их нейтрализации адсорбционно-каталитическим методом.

Для решения поставленной задачи в качестве сорбента нами был выбран синтетический цеолит марки NaX. В качестве катализатора использовали пористые материалы на основе пенокерамики состава Al₂O₃/SiO₂ с нанесенной активной каталитической фазой [3].

Схема модельной установки нейтрализации паров изопропанола адсорбционно-каталитическим методом и принцип ее работы детально описаны в работе [4].

Степень конверсии (S_c) после десорбции газов из сорбционной колонки прохождения через каталитический реактор определяли по формуле:

$$S_c = \frac{C_n - C_k}{C_n} \times 100 \%,$$

где C_n – концентрация паров загрязняющих веществ на входе в каталитический реактор, C_k – концентрация паров загрязняющих веществ на выходе из каталитического реактора.

Ранее было установлено, что оптимальными условиями проведения сорбционного процесса являются: скорость газо-воздушного потока в пределах 0,6 – 0,8 м/с, высота слоя сорбента не более 20 см, диаметр реактора 40 мм, высота 250 мм, загрузка цеолита NaX – 275 г [2].

На рисунке 1 (а, б) представлена зависимость изменения динамической сорбционной емкости цеолита NaX от количества атомов углерода в молекулах предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения, а также для изомеров пентана и октана.

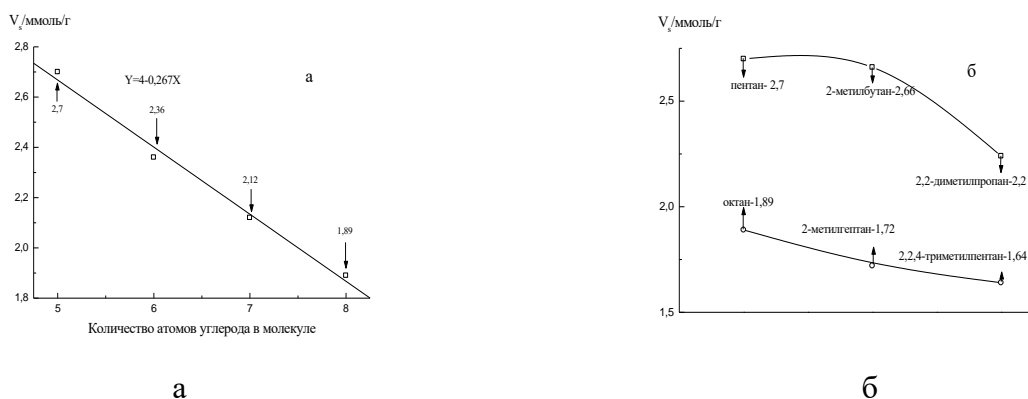


Рисунок 1 – Зависимость изменения динамической сорбционной емкости цеолита NaX, ммоль/г:
а – от количества атомов углерода в молекулах предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения;
б – от строения углеродного скелета пентана и октана.

Из данных рисунка 1а видно, что при увеличении количества атомов углерода в молекулах предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения четко прослеживается линейная зависимость: увеличение углеродной цепи на один атом углерода приводит к снижению динамической сорбционной емкости с 2,7 до 1,89 ммоль/г с шагом 0,267 ммоль/г.

Для изомеров пентана и октана зависимость изменения значений динамической сорбционной емкости имеет более сложный характер (рисунок 1б). При изменении строения углеродного скелета для изомеров пентана наблюдается заметное снижение сорбционного объема (от 2,7 до 2,2 ммоль/г), что обусловлено не только увеличением размеров посадочной площадки молекул вследствие усиления разветвленности углеродного скелета, но и особенностями конформаций молекул, увеличивающих пространственные затруднения при адсорбции. Аналогичная картина имеет место для изомеров октана (1,89–1,64 ммоль/г).

Десорбция паров предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения и их изомеров и процесс каталитического окисления протекают практически одновременно, некоторые свойства углеводородов и характеристики процесса их конверсии представлены в таблице.

Таблица – Некоторые свойства адсорбатов и характеристики процесса их конверсии.

№, п.п.	Свойства адсорбатов [5]			Емкость сорбционной колонки, ммоль (мг)	Степень конверсии макс., %
	Название	Молекулярная масса, М	Посадочная площадка ω, нм ²		
1	Пентан	72,15	0,37525	742,5 (53 460)	99,7
2	2-метилбутан	72,15	0,37886	731,5 (52 668)	99,6
3	2,2-диметилпропан	72,15	0,38215	605,0 (43 560)	99,4
4	Гексан	86,17	0,41164	649,0 (55 814)	99,7
5	Гептан	100,21	0,44224	583,0 (58 300)	99,8
6	Октан	114,22	0,47389	519,8 (59 257)	99,83
7	2-метилгептан	114,22	0,47593	473,0 (53 922)	99,6
8	2,2,4-триметилпентан	114,22	0,47868	451,0 (51 414)	99,5

Следует отметить, что в ходе протекания термокatalитического окисления предельных углеводородов их нейтрализация происходит в интервале 7–15 минут, при этом температура в реакторе поднимается до 680 °С. За счет инерционности процесса разогрева в объеме катализатора создается зона высокотемпературного горения, где в автокаталитическом режиме реализуется процесс практически полного разложения паров предельных углеводородов C₅-C₈ и их изомеров с эффективностью 99,40–99,83 %.

Таким образом, установлено, что при конверсии паров предельных углеводородов C₅-C₈ нормального строения и их изомеров температура в каталитическом реакторе доходит до 680 °С, а за счет инерционности процесса разогрева в объеме каталитического реактора создается высокотемпературная зона, где в автокаталитическом режиме происходит процесс нейтрализации органических веществ. Показано, что при этом степень конверсии паров предельных углеводородов C₅-C₈ и их изомеров составляет 99,40–99,83 %.

Список использованных источников

1. Панасюгин А.С., Ратько А.И., Бондарева Г.В. / Окислительная активность адсорбентов-катализаторов на основе высококремнеземных цеолитов // ЖПХ. 2002, т.75, №11, с. 1860-1863.
2. Панасюгин А.С., Ломоносов В.А., Смoryго О.Л. / Использование адсорбционно-каталитического метода для очистки выбросов в атмосферу, образующихся при использовании антипригарных покрытий, содержащих этиловый спирт// Литье и металлургия. 2014, № 4, с. 44-46.
3. Lomonosov V.A., Panasyugin A.S., Smorygo O.L., Mikutskii V.A., et al. /Pd/γ-Al₂O₃ catalysts on cellular supports for VOC vapor neutralization// Catalysis in Industry. 2010, Vol. 2, No 4, pp. 38-392.
4. Панасюгин А.С., Ломоносов В.А., Смoryго О.Л. / Использование адсорбционно-каталитического метода для очистки выбросов формовочных участков литейных цехов от паров фенола и формальдегида // Литье и металлургия. 2014, № 2, с. 19-25.
5. Панасюгин А.С. и др. Сорбция компонентов органических растворителей на цеолите NaX, протекающая в динамических условиях// Химресурс. 2011, №1, с. 38-42.

Tsyganov A.R.¹, Panasyugin A.S.², Masherova N.P.³, Pavlovsky N.D.⁴, Lomonosov V.A.⁵
NEUTRALIZATION OF VAPOURS OF C₅-C₈ SATURATED HYDROCARBONS OF NORMAL STRUCTURE AND THEIR ISOMERS BY THE ADSORPTION-CATALYTIC METHOD

¹Belarusian State Technological University (Belarus)

²Belarusian National Technical University (Belarus)

³Military Academy of the Republic of Belarus (Belarus)

⁴Grodno State Medical University (Belarus)

⁵Belarusian State University (Belarus)

Prevention of the emission of organic solvents vapours into the environment is a high priority task due to development of the industrial production using organic solvents.

At the low concentrations of organic solvent vapours adsorption-catalytic method is the most effective way to neutralize them.

This work is concerned with the study of adsorption of vapours of C₅-C₈ saturated hydrocarbons of normal structure and their isomers on NaX zeolite and the estimation of the efficiency of adsorption-catalytic method.

The results have shown that the efficiency of neutralization of vapours of C₅-C₈ saturated hydrocarbons of normal structure and their isomers by adsorption-catalytic method is 99,40–99,83 %.

Keywords: C₅-C₈ saturated hydrocarbons, neutralization, adsorption-catalytic method.