

УДК 665.752:544.772.4

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВНОСТИ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ПРОЦЕСС КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ

Гликина И.М.

TO STUDY EFFECT OF CATALYST ACTIVITY TO CATALYTIC CRACKING OF VACUUM GASOIL

Glikina I.M.

В статье приведены результаты исследований каталитического крекинга вакуумного газойля на различных катализаторах. В качестве исследуемых катализаторов рассмотрены такие каталитические системы как NaX, Nexus-345p, Al₂O₃, экспериментальный образец Si/Zr, цеолитный тип Y. Показано, что каталитический крекинг вакуумного газойля протекает в условиях аэрозоля соответствующего катализатора со скоростью выше, чем по традиционной технологии с катализатором на носителе. Установлены оптимальные параметры управления 773-873 К, 6-7 Гц и 1 г/м³. Получены математические зависимости скорости реакции от коэффициента коагуляции, диффузионного коэффициента аэрозоля и коэффициента седиментационной устойчивости.

Ключевые слова: аэрозоль катализатора, крекинг, активность, коагуляция, диффузия, седиментационная устойчивость.

1. Введение. Принципом гетерогенного катализа является максимальное использование поверхности катализатора во времени, сохранение ее активности и управление химическими превращениями. Для решения этой задачи необходимо проанализировать распределение катализатора в реакционном пространстве [1, 2]. Это относится как к технологии, использующей катализатор на носителе, так и к новой перспективной технологии – аэрозольный нанокатализ [3]. В данной статье рассмотрено влияние кинетических характеристик на протекание процесса каталитического крекинга вакуумного газойля в аэрозоле катализатора различной структуры.

Изучено влияние основных параметров, управляющих процессом каталитического крекинга вакуумного газойля на различных типах катализаторов. Характер влияния новых параметров был рассмотрен на базе однофакторных экспериментов процесса каталитического крекинга вакуумного газойля, проведенных на лабораторной установке аэрозольного нанокатализа с виброоживленным слоем.

Целью работы рассмотреть влияние поведения частиц в реакционном пространстве процесса каталитического крекинга вакуумного газойля при помощи коэффициента коагуляции, диффузионного коэффициента аэрозоля и седиментационного коэффициента.

2. Анализ последних исследований и публикаций. Влияние подразумевает зависимости скорости реакции на грамм катализатора от нововведенных безразмерных величин, рассчитанных по методике, представленной в [4]: коэффициент коагуляции, диффузионный коэффициент аэрозоля и коэффициент седиментационной устойчивости. Выяснено, что основное влияние на процесс изменения структуры поверхности оказывает коэффициент седиментационной устойчивости, вычисленный по (1), связанный с механохимической активацией каталитической системы.

$$i_{сед} = \frac{2r_{кат}^2 \cdot (\rho_{кат} - \rho_{ам})g \cdot \left(\frac{n_{кат}n_{ам}}{n_{кат} + n_{ам}} \right)}{9\eta_{ср}} \quad (1)$$

3. Результаты исследования. Было изучено влияние температуры, концентрации катализатора и частоты колебаний на скорость реакции и вычислены коэффициенты коагуляции ($K_{коаг}$), диффузионный коэффициент аэрозоля (δ) и коэффициент седиментационной устойчивости ($i_{сед}$), которые характеризуют процесс каталитического крекинга вакуумного газойля в аэрозоле катализатора NaX, Nexus-345p, Al₂O₃, V₂O₅, Fe₂O₃ [5].

В результате исследований отмечено, что явление диффузии связано непосредственно с седиментационной устойчивостью и временем обработки частиц катализатора. Полученные результаты расширили представление о поведении частиц катализатора на протекание процесса и, позволили по новому взглянуть на структуру поверхности.

Таблиця 1

Каталитический крекинг вакуумного газойля аэрозольным нанокатализом

(частота колебаний 4,5 Гц; концентрация катализатора 5 г/м³(NaX), 2 г/м³(Nexus-345p); диаметр ДМ 1,1 мм)

№	катализатор	T, К	X, %	$\Gamma, \frac{\text{кг}}{\text{кг}_{\text{кат}} \cdot \text{ч}}$	$d_{\text{кат}}^{cp}, \text{нм}$	$\frac{N_{\text{акт}} \cdot 10^{-15}}{1 \text{ м}^3 \cdot \text{с}}$	$K_{\text{коаг}} \cdot 10^{15}$	$\delta \cdot 10^{10}$	$ i_{\text{сед}} $
1	NaX	623	3,3	9480	1390	0,18	0,027	1,91	48,72
2		673	8,5	24419	1327	0,23	0,09	2,18	137,62
3		723	37,7	108305	1120	0,52	0,69	2,77	857,12
4		773	89,7	257690	310	172,42	82,28	10,70	26580,45
5	Nexus-345p	773	5,4	38782	1139	0,129	0,057	0,424	60,27
6		873	30,1	216178	971	0,281	0,577	0,559	462,22
7		823	9,4	67510	1097	0,158	0,118	0,467	113,09
8		823	10,8	77565	1091	0,162	0,138	0,469	131,51
9		903	89,1	1120976	844	0,539	4,725	0,666	3177,85
10		843	86,0	217048	1393	0,055	0,190	0,376	225,46
11		843	86,8	186000	1506	0,038	0,129	0,348	165,36

Влияние температуры на процесс каталитического крекинга на катализаторах NaX, промышленном Nexus-345p (производство Великобритании) представлены в таблице 1.

Катализатор NaX, Nexus-345p хрупкий, их плотность ниже, чем у диспергирующего материала, поэтому для удобства понимания в данном случае коэффициент седиментационной устойчивости будем брать по модулю.

Математические зависимости скорости реакции от коэффициентов: коагуляции, седиментационной устойчивости и диффузионного коэффициента аэрозоля можно представить следующим образом для цеолитного катализатора NaX, Nexus-345p, Al₂O₃.

NaX:

$$r = 5 \cdot 10^{10} \cdot K_{\text{коаг}}^{0,4} \quad (2)$$

$$r = 3 \cdot 10^{14} \cdot \delta - 12720 \quad (3)$$

$$r = 1885,9 \cdot i_{\text{сед}}^{0,5} \quad (4)$$

Nexus-345p:
при X<30%

$$r = 3 \cdot 10^{20} \cdot K_{\text{коаг}} + 26478 \quad (5)$$

$$r = 1 \cdot 10^{16} \cdot \delta - 562521 \quad (6)$$

$$r = 432,68 \cdot i_{\text{сед}} + 17032 \quad (7)$$

при X>40%

$$r = 2 \cdot 10^{20} \cdot K_{\text{коаг}} + 169422 \quad (8)$$

$$r = 3 \cdot 10^{16} \cdot \delta - 889818 \quad (9)$$

$$r = 308,35 \cdot i_{\text{сед}} + 141206 \quad (10)$$

Данные исследований влияния температуры на процесс каталитического крекинга на катализаторе Al₂O₃ представлены в таблице 2.

Математические зависимости скорости реакции от коэффициента коагуляции представлены уравнениями (11 – 14), от диффузионного коэффициента аэрозоля представлены уравнениями (15 – 18), от коэффициента седиментационной устойчивости представлены уравнениями (19 – 22):

$$0,14 \text{ мл/мин} \quad r = 5 \cdot 10^{21} \cdot K_{\text{коаг}} + 4301,1 \quad (11)$$

$$0,31 \text{ мл/мин} \quad r = 3 \cdot 10^{21} \cdot K_{\text{коаг}} + 6117,9 \quad (12)$$

$$0,65 \text{ мл/мин} \quad r = 1 \cdot 10^{21} \cdot K_{\text{коаг}} + 10553 \quad (13)$$

$$1,12 \text{ мл/мин} \quad r = 7 \cdot 10^{20} \cdot K_{\text{коаг}} + 12106 \quad (14)$$

$$0,14 \text{ мл/мин} \quad r = 1 \cdot 10^{15} \cdot \delta - 37100 \quad (15)$$

$$0,31 \text{ мл/мин} \quad r = 2 \cdot 10^{15} \cdot \delta - 63781 \quad (16)$$

$$0,65 \text{ мл/мин} \quad r = 1 \cdot 10^{15} \cdot \delta - 71025 \quad (17)$$

$$1,12 \quad r = 2 \cdot 10^{15} \cdot \delta - 132127 \quad (18)$$

мл/мин

$$0,14 \quad r = 7075 \cdot i_{сед} + 2044,5 \quad (19)$$

мл/мин

$$0,31 \quad r = 4470,2 \cdot i_{сед} + 2968,5 \quad (20)$$

мл/мин

$$0,65 \quad r = 2408,4 \cdot i_{сед} + 5616,9 \quad (21)$$

мл/мин

$$1,12 \quad r = 1822,7 \cdot i_{сед} + 6533,9 \quad (22)$$

мл/мин

Математические зависимости (11-22) показывают, что процессы и коагуляции, и диффузии связаны со временем контакта, т.е. с расходом. Увеличение расхода линейно влияет на коэффициент коагуляции, диффузионный коэффициент аэрозоля и коэффициент седиментационной устойчивости.

Выяснили по экспериментальным данным, что оптимальный режим для технологии аэрозольного

нанокатализа, когда дисперсионная система седиментационно устойчивая, тогда решающую роль играет радиус частиц. Седиментацией можно пренебречь, а диффузия приводит к равномерному распределению частиц по всему объему.

По экспериментальным данным на катализаторе NaX такой режим приближается при 773 К, Nexus-345p ближе всего при низкой степени превращения обладает температура выше 873К, а при повышенной – температура выше 843 К, а для Al_2O_3 – к такому режиму ближе температура 823К, а расход возможно поддерживать 0,65-1,12 мл/мин.

Данные исследований влияния температуры на процесс каталитического крекинга на экспериментальном образце катализаторе Si-Zr, предоставленный предоставленный проф., чл.-корр. УАН В.В. Бреем (Институт сорбции и эндозкологии НАН Украины) представлены на Рис. 1-2 [6].

Таблица 2

Каталитический крекинг вакуумного газойля в аэрозоле катализатора Al_2O_3 .
(концентрация катализатора 5 г/м³; частота колебаний 4,5 Гц; диаметр ДМ 1,1 мм)

№	V_r , мл/мин	T, К	X, %	Γ , $\frac{кг}{кг_{кат} \cdot ч}$	$d_{кат}^{cp}$, нм	$N_{акт} \cdot 10^{-15}$, $\frac{1}{м^3 \cdot с}$	$K_{коаг} \cdot 10^{17}$	$\delta \cdot 10^{10}$	$i_{сед}$
1	0,14	733	28,6	8171,4	1288	0,016	0,081	0,37	0,90
2	0,14	773	40,4	11542,9	1257	0,019	0,13	0,40	1,33
3	0,14	813	56	16000,0	1227	0,021	0,20	0,44	1,93
4	0,14	873	74	21142,9	1187	0,026	0,32	0,48	2,73
5	0,31	733	14,8	10641,9	1028	0,045	0,21	0,47	1,83
6	0,31	773	25	17976,2	999	0,053	0,40	0,51	3,27
7	0,31	813	37,9	27266,3	968	0,062	0,70	0,55	5,28
8	0,31	873	46,8	33651,4	936	0,075	1,03	0,61	6,99
9	0,65	733	12	17200,0	781	0,15	0,76	0,62	5,12
10	0,65	773	18,4	26373,3	756	0,18	1,36	0,67	8,39
11	0,65	813	25,4	36406,7	730	0,22	2,19	0,73	12,41
12	0,65	873	32,4	46440,0	700	0,28	3,41	0,82	17,24
13	1,12	733	4,92	14127,4	691	0,27	0,90	0,70	5,38
14	1,12	773	12,8	36754,3	657	0,35	2,89	0,77	15,48
15	1,12	813	18,8	53982,9	629	0,43	5,09	0,85	24,83
16	1,12	873	25,2	72360,0	595	0,58	8,65	0,96	37,20

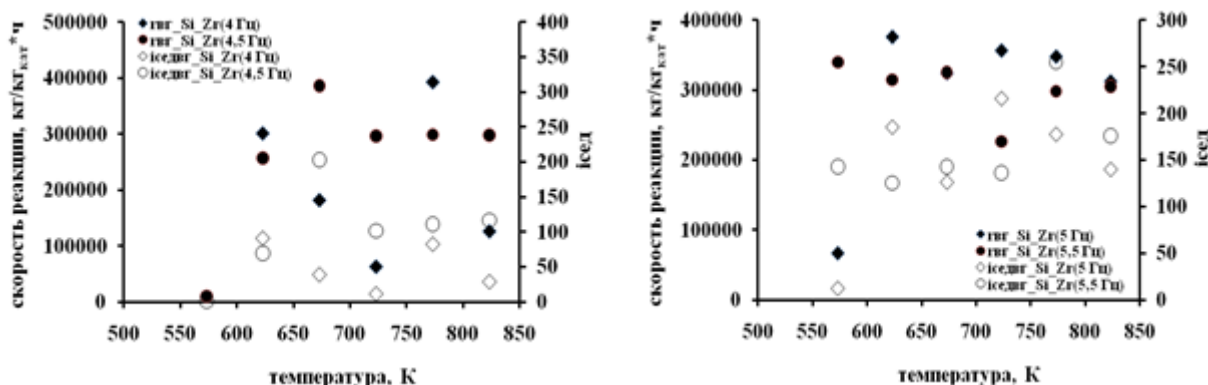


Рис. 1. Влияние температуры на процесс каталитического крекинга вакуумного газойля на катализаторе Si-Zr при частоте колебаний реактора 4 – 5,5 Гц

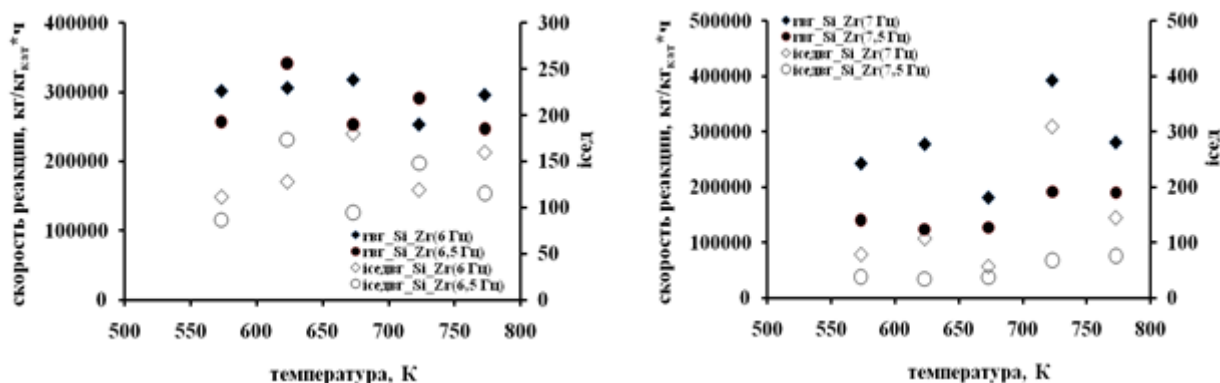


Рис. 2 Влияние температуры на процесс каталитического крекинга вакуумного газойля на катализаторе Si-Zr при частоте колебаний реактора 6 – 7,5 Гц [56]

Математические зависимости скорости реакции от коэффициента коагуляции, диффузионного коэффициента аэрозоля и коэффициента седиментационной устойчивости для частоты колебаний 4 – 5,5 Гц:

$$4 \text{ Гц} \quad r = 7 \cdot 10^{20} \cdot K_{коаз} + 28182 \quad (23)$$

$$4,5 \text{ Гц} \quad r = 3 \cdot 10^{20} \cdot K_{коаз} + 105198 \quad (24)$$

$$5 \text{ Гц} \quad r = 2 \cdot 10^{20} \cdot K_{коаз} + 120231 \quad (25)$$

$$5,5 \text{ Гц} \quad r = -1 \cdot 10^{19} \cdot K_{коаз} + 313901 \quad (26)$$

$$4 \text{ Гц} \quad r = -3 \cdot 10^{28} \cdot \delta^2 + 1 \cdot 10^{18} \cdot \delta - 2 \cdot 10^7 \quad (27)$$

$$4,5 \text{ Гц} \quad r = -2 \cdot 10^{27} \cdot \delta^2 + 9 \cdot 10^{16} \cdot \delta - 860652 \quad (28)$$

$$5 \text{ Гц} \quad r = -3 \cdot 10^{27} \cdot \delta^2 + 1 \cdot 10^7 \cdot \delta - 881734 \quad (29)$$

$$5,5 \text{ Гц} \quad r = 1 \cdot 10^{27} \cdot \delta^2 - 5 \cdot 10^{16} \cdot \delta + 858840 \quad (30)$$

$$4 \text{ Гц} \quad r = 3675,3 \cdot i_{сед} + 27421 \quad (31)$$

$$4,5 \text{ Гц} \quad r = 1793,5 \cdot i_{сед} + 77600 \quad (32)$$

$$5 \text{ Гц} \quad r = 1526 \cdot i_{сед} + 79660 \quad (33)$$

$$5,5 \text{ Гц} \quad r = 1,5332 \cdot i_{сед} + 301352 \quad (34)$$

Математические зависимости скорости реакции от коэффициента коагуляции, диффузионного коэффициента аэрозоля и

коэффициента седиментационной устойчивости для частоты колебаний 6 – 7,5 Гц:

$$6 \text{ Гц} \quad r = 2 \cdot 10^{19} \cdot K_{коаз} + 278751 \quad (35)$$

$$6,5 \text{ Гц} \quad r = 1 \cdot 10^{20} \cdot K_{коаз} + 206348 \quad (36)$$

$$7 \text{ Гц} \quad r = 1 \cdot 10^{20} \cdot K_{коаз} + 203934 \quad (37)$$

$$7,5 \text{ Гц} \quad r = 3 \cdot 10^{20} \cdot K_{коаз} + 100385 \quad (38)$$

$$6 \text{ Гц} \quad r = 9 \cdot 10^{26} \cdot \delta^2 - 3 \cdot 10^{16} \cdot \delta + 511107 \quad (39)$$

$$6,5 \text{ Гц} \quad r = -6 \cdot 10^{27} \cdot \delta^2 + 1 \cdot 10^{17} \cdot \delta - 592879 \quad (40)$$

$$7 \text{ Гц} \quad r = 5 \cdot 10^{27} \cdot \delta^2 - 1 \cdot 10^{17} \cdot \delta + 705403 \quad (41)$$

$$7,5 \text{ Гц} \quad r = 3 \cdot 10^{27} \cdot \delta^2 - 3 \cdot 10^{16} \cdot \delta + 188873 \quad (42)$$

$$6 \text{ Гц} \quad r = 440,08 \cdot i_{сед} + 233301 \quad (43)$$

$$6,5 \text{ Гц} \quad r = 972,5 \cdot i_{сед} + 157826 \quad (44)$$

$$7 \text{ Гц} \quad r = 731,56 \cdot i_{сед} + 173250 \quad (45)$$

$$7,5 \text{ Гц} \quad r = 1671,3 \cdot i_{сед} + 70119 \quad (46)$$

В результате выяснено, что дисперсионная система – седиментационно-устойчива, но с ростом частоты колебаний вплоть до 7,5 Гц стремительно приближается к седиментационно-диффузионному равновесию. Вероятно, получается, что катализатор становится по свойствам подобен катализатору на носителе. Отмечено, что более стабильно данный катализатор обеспечивает работу в условиях аэрозоля при частоте 5,5 – 7 Гц.

Данные исследований влияния температуры на процесс каталитического крекинга на цеолитном катализаторе типа Y, предоставленный для наших исследований проф. К.И. Патриляком (Институт органической химии и нефтехимии НАН Украины) представлены на Рис. 3 [7].

Математические зависимости скорости реакции от коэффициента коагуляции, диффузионного коэффициента аэрозоля, коэффициента седиментационной устойчивости для 4 - 5,5 Гц и 6 - 7,5 Гц:

$$4 \text{ Гц} \quad r = 5 \cdot 10^{20} \cdot K_{\text{коаг}} + 74436 \quad (47)$$

$$4,5 \text{ Гц} \quad r = -2 \cdot 10^{21} \cdot K_{\text{коаг}} + 121379 \quad (48)$$

$$5 \text{ Гц} \quad r = -1 \cdot 10^{21} \cdot K_{\text{коаг}} + 195378 \quad (49)$$

$$5,5 \text{ Гц} \quad r = 1 \cdot 10^{21} \cdot K_{\text{коаг}} + 37279 \quad (50)$$

$$4 \text{ Гц} \quad r = 7 \cdot 10^{29} \cdot \delta^2 - 5 \cdot 10^{18} \cdot \delta + 7 \cdot 10^6 \quad (51)$$

$$4,5 \text{ Гц} \quad r = -4 \cdot 10^{16} \cdot \delta + 140559 \quad (52)$$

$$5 \text{ Гц} \quad r = -6 \cdot 10^{16} \cdot \delta + 212281 \quad (53)$$

$$5,5 \text{ Гц} \quad r = 3 \cdot 10^{17} \cdot \delta - 162477 \quad (54)$$

$$4 \text{ Гц} \quad r = 1842 \cdot i_{\text{сед}} + 50422 \quad (55)$$

$$4,5 \text{ Гц} \quad r = 8050,5 \cdot i_{\text{сед}} - 76875 \quad (56)$$

$$5 \text{ Гц} \quad r = -6239,1 \cdot i_{\text{сед}} + 361566 \quad (57)$$

$$5,5 \text{ Гц} \quad r = 2230,8 \cdot i_{\text{сед}} + 26921 \quad (58)$$

$$6 \text{ Гц} \quad r = 5 \cdot 10^{20} \cdot K_{\text{коаг}} + 89025 \quad (59)$$

$$6,5 \text{ Гц} \quad r = 3 \cdot 10^{20} \cdot K_{\text{коаг}} + 69692 \quad (60)$$

$$7 \text{ Гц} \quad r = 6 \cdot 10^{20} \cdot K_{\text{коаг}} + 52425 \quad (61)$$

$$7,5 \text{ Гц} \quad r = -7 \cdot 10^{20} \cdot K_{\text{коаг}} + 24744 \quad (62)$$

$$6 \text{ Гц} \quad r = 2 \cdot 10^{17} \cdot \delta - 35710 \quad (63)$$

$$6,5 \text{ Гц} \quad r = 1 \cdot 10^{17} \cdot \delta + 29198 \quad (64)$$

$$7 \text{ Гц} \quad r = 7 \cdot 10^{17} \cdot \delta - 286661 \quad (65)$$

$$7,5 \text{ Гц} \quad r = -3 \cdot 10^{16} \cdot \delta + 29892 \quad (66)$$

$$6 \text{ Гц} \quad r = 1274,8 \cdot i_{\text{сед}} + 69183 \quad (67)$$

$$6,5 \text{ Гц} \quad r = 1019,7 \cdot i_{\text{сед}} + 49746 \quad (68)$$

$$7 \text{ Гц} \quad r = 1343,4 \cdot i_{\text{сед}} + 40049 \quad (69)$$

$$7,5 \text{ Гц} \quad r = -2683 \cdot i_{\text{сед}} + 35460 \quad (70)$$

Результаты исследований скорости реакции крекинга вакуумного газойля на катализаторе NaX по варьированию частоты колебаний и изучении влияния новых коэффициентов показаны в таблице 3.

Представлены математические зависимости скорости реакции от коэффициента седиментационной устойчивости и диффузионного коэффициента аэрозоля:

$$r = 3 \cdot 10^{20} \cdot K_{\text{коаг}} + 2065,2 \quad (71)$$

$$r = 4 \cdot 10^{13} \cdot \delta + 15177 \quad (72)$$

$$r = -184,43 \cdot i_{\text{сед}} + 49784 \quad (73)$$

Результаты исследований скорости реакции крекинга вакуумного газойля на катализаторе NaX по варьированию концентрации катализатора и изучении влияния новых коэффициентов показаны в таблице 4.

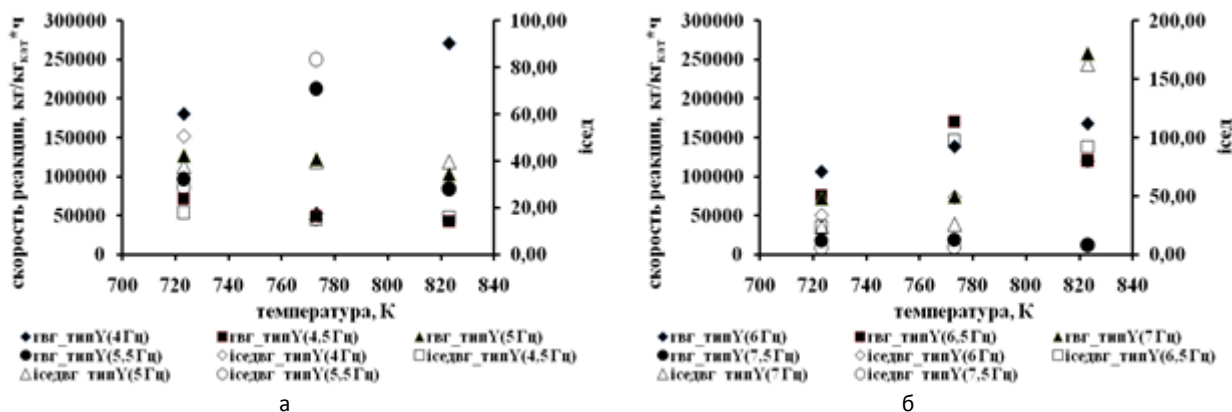


Рис. 3. Влияние температуры на процесс каталитического крекинга вакуумного газойля на цеолитном катализаторе тип Y при частоте колебаний реактора 4-5,5 Гц (а) и 6-7,5 Гц (б) [57]

Таблица 3

Каталитический крекинг вакуумного газойля в аэрозоле катализатора NaX
(расход газойля 1,1 мл/мин, температура 673К, концентрация катализатора 5 г/м³, диаметр ДМ 1,1 мм)

№	f, Гц	X, %	$r, \frac{кг}{кг_{кат} \cdot ч}$	$d_{кат}^{cp},$ нм	$N_{акт} \cdot 10^{-14},$ $\frac{1}{м^3 \cdot с}$	$K_{коаг} \cdot 10^{16}$	$\delta \cdot 10^{10}$	$ i_{сед} $
1	4,5	8,5	24419	1327	2,33	0,87	2,18	137,62
2	5	8,2	23557	1426	1,69	0,83	1,97	142,08
3	6	7,7	22121	1613	0,97	0,78	1,64	150,05

Таблица 4

Каталитический крекинг вакуумного газойля в аэрозоле катализатора NaX
(расход газойля 1,1 мл/мин, температура 673К, частота колебаний 4,5 Гц, диаметр ДМ 1,1 мм)

№	$C_{кат},$ г/м ³	X, %	$r, \frac{кг}{кг_{кат} \cdot ч}$	$d_{кат}^{cp},$ нм	$N_{акт} \cdot 10^{-14},$ $\frac{1}{м^3 \cdot с}$	$K_{коаг} \cdot 10^{16}$	$\delta \cdot 10^{11}$	$ i_{сед} $
1	1,0	6,6	94802	1337	0,45	0,66	1,20	105,20
2	2,5	8,7	49987	1326	1,17	0,89	6,26	141,07
3	5,0	8,5	24419	1327	2,33	0,87	21,77	137,62

Представлены математические зависимости скорости реакции от коэффициента седиментационной устойчивости и диффузионного коэффициента аэрозоля:

$$r = -3 \cdot 10^{21} \cdot K_{коаг} + 258122 \quad (74)$$

$$r = 0,8607 \cdot \delta^{-0,5} \quad (75)$$

$$r = -1617,7 \cdot i_{сед} + 263410 \quad (76)$$

4. Выводы. Показано, что для каталитического крекинга вакуумного газойля при применении широкоизвестных цеолитных катализаторов в условиях технологии аэрозольного нанокатализа температура позволяет на некоторое время продлить работу этих катализаторов. В условиях виброперемешивания активность нанокатализатора протекает немного дольше с небольшим ростом температуры.

Включение частоты колебаний в параметры управления процессом показало также некоторый всплеск активности цеолитных промышленных катализаторов.

При варьировании концентрации катализатора в реакционном объеме процесс ведет также как и любая реакция в условиях аэрозольного нанокатализа. С ростом концентрации катализатора растет слой диффузионного коэффициента аэрозоля, который характеризует толщину пограничного диффузионного слоя в реакторе, что уменьшает скорость реакции.

Отмечено, что оптимальными параметрами можно предположить 773-873 К, 6-7 Гц и 1 г/м³.

Л и т е р а т у р а

1. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике / Д. А. Франк-Каменецкий. – М. : Наука, 1967. – 502 с.
2. Боресков Г. К. Гетерогенный катализ / Г. К. Боресков. – М. : Наука, 1986. – 400 с.
3. Гликина И.М. Новая технология осуществления каталитических реакций / И. М. Гликина // Хімічна промисловість України. – 2013. - №6, С.
4. Гликина И. М. Влияние новых параметров на процессы глубокого окисления природного газа в аэрозоле каталитически активных частиц / Гликина И. М. // Хімічна промисловість України. – 2014. - №1, С.
5. Кудрявцев С. А. Основы технологии получения бензиновой фракции и этилена аэрозольным нанокатализом / С.А. Кудрявцев. – Дисс. канд.техн.наук: спец.05.17.07, 2006. – 154 с.
6. Кашеев А. С. Исследование активности Si/Zr катализатора в процессе крекинга вакуумного газойля аэрозольным нанокатализом / А. С. Кашеев, И. М. Гликина, С. А. Кудрявцев, Б. Б. Мамедов // Вопросы химии и химической технологии. – 2012, №1. – С. 85-89
7. Oleksandr Kashcheyev. Behavior of Y Type Zeolite Catalyst under Aerosol Nanocatalysis Conditions / Oleksandr Kashcheyev, Irene Glikina, Marat Glikin // Scientific-Technical Journal Chemistry & chemical technology (ISSN 1996-4196 (print) Founder and Publisher Lviv Polytechnic National University, Lviv Ukraine). – 2013. – Vol. 7, No. 4. – P. 445-449

References

1. Frank-Kameneckiy D. A. Diffusia i teploperedacha v khimicheskoy kinetike / D. A. Frank-Kameneckiy. – M. : Nauka, 1967. - 502 s.
2. Boreskov G. K. Heterogeniy katalis / G. K. Boreskov. – M. : Nauka, 1986. - 400 s.
3. Glikina I. M. Novay tehnologiya osushestvleniya kataliticheskix reakciy / I. M. Glikina // Ximicheskaya promislovist Ukraini. – 2013. – №6. – S.
4. Glikina I. M. Vliyaniye novikh parametrov na processi glubokogo okisleniya prirodnoho gasa v aerosole kataliticheskii aktivnikh chastic / I. M. Glikina // Ximicheskaya promislovist Ukraini. – 2014. – №1. – S.
5. Kudryavtsev S. A. Osnovi tehnologii polucheniya bensenovoy frakcii i etilena aerosolnim nanokatalisom /S. A. Kudryavtsev. – Diss. kand. techn. nauk:spec. 05.17.07, 2006. – 154 s.
6. Kascheev A. S. Issledovanie aktivnosti Si/Zr katalisatora v processe krekinga vakuumnogo gasoilya aerosolnim nanokatalisim / A. S. Kascheev, I. M. Glikina, S. A. Kudryavtsev, B. B. Mamedov // Voprosi khimii I khimicheskoy tehnologii. – 2012, №1. – S. 85-89.
7. Oleksandr Kashcheyev. Behavior of Y Type Zeolite Catalyst under Aerosol Nanocatalysis Conditions / Oleksandr Kashcheyev, Irene Glikina, Marat Glikin // Scientific-Technical Journal Chemistry & chemical technology (ISSN 1996-4196 (print) Founder and Publisher Lviv Polytechnic National University, Lviv Ukraine). – 2013. – Vol. 7, No. 4. – P. 445-449.

Глікіна І. М. Вивчення впливу активності каталізаторів на процес каталітичного крекінгу вакуумного газойля

У статті приведені результати досліджень каталітичного крекінгу вакуумного газойлю на різних каталізаторах. У якості дослідних каталізаторів розглянуті такі каталітичні системи як NaX, Nexus-345p, Al₂O₃, експериментальний образець Si/Zr, цеолітний тип

Y. Показано, що каталітичний крекінг вакуумного газойлю перебігає в умовах аерозольовідповідного каталізатору зі швидкістю вище, ніж за традиційною технологією на каталізаторі з носієм. Встановлені оптимальні параметри керування 773-873 K, 6-7 Гц і 1 г/м³. Отримані математичні залежності швидкості реакції від коефіцієнта коагуляції, дифузійного коефіцієнта аерозолю та коефіцієнта седиментаційної стійкості.

Ключові слова: аерозоль каталізатора, крекінг, активність, коагуляція, дифузія, седиментаційна стійкість.

Glikina I. M. To study effect of catalyst activity to catalytic cracking of vacuum gasoil

The article presents the research results of catalytic cracking of vacuum gasoil on different types of catalysts. As the studied catalysts were considered such catalytic system as NaX, Nexus-345p, Al₂O₃, experimental sample Si/Zr, zeolite type Y. It is shown that the catalytic cracking of vacuum gas oil flows in terms of aerosol investigated catalyst at a rate higher than the traditional technology with catalyst on the carrier. They were established the following optimal control parameters 773-873 K, 6-7 Hz and 1 g/m³. In the article were obtained mathematical dependence of the reaction rate from coefficient coagulation, diffusion coefficient aerosol and sedimentation coefficient of resistance.

Keywords: aerosol catalyst, cracking, activity, coagulation, diffusion, sedimentation stability.

Глікіна Ірина Маратівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології органічних речовин, палива та полімерів, Технологічний інститут Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Северодонецьк), irene555@mail.ru

Рецензент: Суворін О. В. – д.т.н., доцент

Стаття подана 27.11.2014