

УДК 661.566.097.3

ПРОМЫШЛЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ПОТЕРЬ ПЛАТИНОИДОВ ПРИ ОКИСЛЕНИИ АММИАКА В АГРЕГАТАХ УКЛ-7

© 2014 г. **Е.А. Бруштейн**,
В.И. Ванчурин¹,
А.В. Яценко²

¹ Российский химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева, г. Москва

² ООО «ГИАП», г. Москва»

Введение

Известно [1], что окисление аммиака на платиновых катализаторах в производстве азотной кислоты сопровождается значительными потерями драгметаллов. Эти потери связаны с испарением оксидов платины, образовавшихся на поверхности катализатора под воздействием кислорода продуваемой газовой смеси. Кроме того, потери катализатора происходят непосредственно в процессе каталитического окисления аммиака при воздействии на катализатор реакционной среды и содержащихся в ней примесей (в частности, солей легкоплавких металлов), что может приводить к образованию летучих соединений. При каталитической эрозии появляются каналы травления, возрастает удельная площадь поверхности, происходит перерождение поверхностного слоя и разрушение структуры платиновых сеток [2, 3].

Продукты разрушения катализатора уносятся газовым потоком. Количество теряемого таким образом катализатора должно зависеть от интенсивности окисления аммиака на катализаторе и быть пропорциональным количеству окисленного за период работы катализатора аммиака. Потери катализатора в виде оксидов платиноидов происходят при воздействии любой кислородсодержащей газовой смеси и усиливаются при температурах, сопоставимых с температурой окисления аммиака (840–

920 °С и выше). Будем называть этого вида потери термическими (q_T). Потери, обусловленные протеканием химической реакции при одновременном воздействии на катализатор турбулентного газового потока, назовем механохимическими потерями ($q_{МХП}$). Тогда сумма q_T и $q_{МХП}$ выражает общие потери платиноидного катализатора q . Согласно [1], каталитическая эрозия, обусловленная воздействием на катализатор реакционной среды, является главной причиной разрушения платиновых сеток. Динамическое воздействие газового потока с присущими ему турбулентными пульсациями различной амплитуды [4] способствует лишь снятию, высвобождению с поверхности катализатора образовавшихся при каталитической эрозии отслоений или неровностей.

Для определения термических потерь, связанных с образованием и испарением оксидов платины, предлагается использовать эмпирическую зависимость потерь от условий процесса [1]. Однако расчетные значения потерь значительно отличаются от экспериментальных.

МХП непосредственно связаны с интенсивностью протекания реакции окисления аммиака на поверхности платиноидного катализатора и газодинамической обстановкой в контактном аппарате. Рассчитать вклад в МХП каждой из этих двух составляющих не представляется возможным ввиду недостаточной изученности проблемы и наличия большого числа переменных, в частности типа контактного аппарата, состава каталитической системы и режимных параметров окисления аммиака.

Целью нашей работы было: получить данные о МХП с каждой сетки катализаторного слоя, опре-

Бруштейн Е.А. – в настоящее время не работает. Тел.: (495) 469-01-22.
E-mail: svetlavasina@yandex.ru

Ванчурин В.И. – проф. РХТУ им. Д.И. Менделеева.
E-mail: vanchourin@mail.ru

Яценко А.В. – зам. начальника коммерческого отдела ОАО «ГИАП».
Тел.: (495) 916-67-74. E-mail: yasher78@mail.ru

делить зоны наиболее интенсивного износа внутри слоя катализатора, выяснить характер распределения потерь по сеткам, установить корреляции между МХП платиноидов и количеством переработанного на каждой сетке аммиака. Анализ МХП дает возможность выявить закономерности эксплуатационного износа платиноидных сеток в различных агрегатах и предвидеть степень и характер разрушения катализатора при оснащении контактных аппаратов новыми эффективными каталитическими системами.

Платиноидные сетки изнашиваются по-разному. Сетки, которые наиболее интенсивно перерабатывают аммиак, в большей степени теряют прочность, быстрее выходят из строя. Допуская, что МХП сетки в катализаторном слое пропорциональны количест-

ву окисленного на ней аммиака, можно проверить адекватность математической модели окисления аммиака на платиноидном катализаторе [4–6] экспериментальным данным и уточнить ее параметры.

Экспериментальная часть

В работе представлены результаты мониторинга потерь платиноидов при окислении аммиака в промышленных агрегатах типа УКЛ-7, функционирующих на ОАО «Акрон» и ОАО «Невиномысский Азот» и отличающихся друг от друга диаметром контактного аппарата, газодинамическим режимом и составом каталитической системы (табл. 1).

В каталитических системах слои платиноидного катализатора состоят из тканых сеток с толщи-

Таблица 1

Общая характеристика обследованных каталитических систем

Предприятие	Диаметр контактного аппарата, м	Состав каталитической системы	Общая масса сеток, г	Площадь поверхности сеток, м ²	Длительность пробега, ч	Количество выработанной кислоты, т	Удельные потери платиноидов, г/т	
ОАО «Акрон»	1,70	12 сеток	23316,7	54,64	1360	17810	0,160	
			24719,3	52,92	1978	28020	0,166	
			24719,9	54,62	2937	40914	0,164	
			23790,2	52,57	3840	53855	0,131	
	1,70	9 сеток + БК	17721,0	40,01	1004	14493	0,122	
			17815,4	39,35	3559	49754	0,095	
			17822,2	39,37	3114	43509	0,110	
			17978,5	40,30	1626	22751	0,133	
			17362,7	39,61	2743	36519	0,117	
			17504,0	38,68	2938	43391	0,117	
			17429,6	38,52	3673	52711	0,110	
	ОАО «Невиномысский Азот»	1,70	11 сеток	21564,2	47,69	1892	23909	0,130
				21587,9	47,71	1974	30130	0,128
				21259,6	46,98	1980	25355	0,121
21000,5				46,48	2314	31186	0,133	
20914,4				46,22	5634	74791	0,115	
1,93		9 сеток	23619,9	52,20	2582	35308	0,136	
			23021,9	51,77	2933	40055	0,124	
		7 сеток + БК	18375,6	40,80	2027	26731	0,093	
			18070,4	40,46	2059	26321	0,114	
			18403,7	40,83	2644	33649	0,109	
18535,1	40,98	3183	41982	0,115				

Таблица 2

Общие потери платиноидов q_i , (г/м²) с платиноидных сеток в агрегатах УКЛ-7 на ОАО «Акрон»

Номер сетки	Каталитическая система											
	12 сеток				9 сеток + БК							
	Длительность пробега системы, ч											
	1360	1978	2937	3840	1004	2538	1626	2743	2938	3673	3559	3114
	Потери платиноидов, г/м ²											
1	67,83	102,34	151,90	175,12	45,88	93,79	79,83	115,37	134,15	154,26	129,83	127,13
2	69,24	107,12	155,43	178,36	47,25	101,10	78,76	119,22	142,52	165,80	134,15	136,12
3	73,45	110,80	158,34	171,56	48,34	103,85	84,26	121,38	146,48	162,52	134,57	133,28
4	72,74	109,09	162,93	177,62	48,73	101,52	85,38	122,71	146,84	163,72	131,62	137,81
5	68,17	110,92	156,37	168,21	47,93	97,79	83,26	115,91	146,03	161,29	127,82	132,97
6	62,52	106,84	142,70	161,58	46,21	93,91	78,10	107,55	132,45	152,28	120,00	124,73
7	54,93	93,90	130,79	146,14	42,29	87,31	70,15	99,91	125,12	144,82	110,38	117,51
8	46,67	84,08	115,70	133,38	37,67	79,67	63,00	89,72	112,36	128,82	100,76	102,61
9	38,48	73,54	95,54	115,25	32,99	71,36	51,57	79,77	98,6	116,28	89,61	89,14
10	30,44	61,4	82,15	102,0	–	–	–	–	–	–	–	–
11	23,35	51,85	69,68	86,76	–	–	–	–	–	–	–	–
12	18,64	42,89	55,81	73,90	–	–	–	–	–	–	–	–

ной проволоки 0,092 мм, изготовленных из сплава марки ПдРдРу 15-3,5-0,5, который содержит, мас. %: 81 Pt, 15 Pd, 3,5 Rh и 0,5 Ru (ГОСТ 13498—79). Вторая ступень каталитических систем представлена слоем блочного катализатора сотовой структуры (БК) марки ИК-42-1 (ТУ-2175-018-03533913—99, производитель — ИК СО РАН, г. Новосибирск) в форме призмы с ячейкой $(5 \times 5) \cdot 10^{-3}$ м, толщиной стенки $1,5 \cdot 10^{-3}$ м, содержащий 80 мас. % α -Fe₂O₃ и 20 мас. % α -Al₂O₃.

Поскольку процесс окисления аммиака протекает во внешнедиффузионной области и скорость превращения аммиака пропорциональна наружной поверхности платиноидных сеток, естественно контролировать изменение общих потерь платиноидов с каждой индивидуальной сетки, отнесенных к единице ее поверхности q_i , (табл. 2, 3).

Обсуждение результатов

При анализе экспериментальных данных выявляются общие закономерности распределения потерь платиноидов по сеткам для каталитических систем в разных агрегатах. Для каждой системы характерным является примерное равенство общих потерь платиноидов q_i с первых четырех и двух по ходу газа платиноидных сеток в аппаратах диаметром 1,70 и 1,93 м соответственно при значительном снижении потерь

с последующих сеток. Примерное равенство q_i для сеток, расположенных в головной части каталитического слоя, свидетельствует о том, что каждая из них функционирует примерно в одном и том же режиме, а вместе они образуют единый каталитический фрагмент. Очевидно, что режим работы лобовой части слоя не соответствует режиму вытеснения, принятому при математическом моделировании процесса окисления аммиака, а ближе к режиму смешения.

Потери с платиноидных сеток, расположенных после лобового слоя, снижаются примерно по линейному закону. Режим функционирования этих сеток (от 5-й до 12-й для аппаратов диаметром 1,70 м и от 3-й до 7-й для аппаратов диаметром 1,93 м) действительно близок к режиму вытеснения.

Располагая величиной общих потерь для i -й платиноидной сетки в слое q_i , из табл. 2 и 3 можно рассчитать для нее массовую долю потерь платиноидов (по отношению к общим потерям слоя)

$$q_{i\text{отн}} = \frac{q_i}{\sum q_i}$$

На рис. 1 приведены зависимости $q_{i\text{отн}}$ от положения сеток (n) в каталитических системах. Значения $q_{i\text{отн}}$ для платиноидных систем из 11 и 9 сеток (кр. 2 и 3) получены расчетом из данных для системы из 12 сеток (ОАО «Акрон»), а для системы из

Таблица 3

Общие потери платиноидов q_i (г/м²) с платиноидных сеток в агрегатах УКЛ-7 на ОАО «Невиномысский Азот»

Номер сетки	Каталитическая система										
	11 сеток				9 сеток			7 сеток + БК			
	Длительность пробега системы, ч										
	1892	1974	1980	2314	5634	2582	2933	2027	2059	2644	3183
	Потери платиноидов, г/м ²										
1	80,86	94,04	71,22	98,72	216,73	117,19	115,46	66,44	79,88	97,06	137,31
2	81,18	96,80	76,25	106,83	233,82	115,14	118,42	65,49	83,42	99,78	138,42
3	80,08	98,06	78,66	107,81	232,68	110,49	113,81	66,19	82,28	99,18	129,49
4	76,65	96,41	78,89	108,42	224,99	103,78	108,22	61,69	8,10	96,75	121,02
5	73,70	92,73	76,30	104,28	208,34	95,69	100,33	58,45	71,75	88,51	110,95
6	68,70	86,83	71,36	97,47	193,88	85,77	92,27	55,83	64,75	77,77	99,85
7	63,28	80,34	66,32	88,71	189,31	75,94	82,96	52,34	57,17	67,74	87,62
8	57,92	72,02	60,67	80,74	165,31	66,43	71,40	–	–	–	–
9	50,86	64,10	54,05	71,84	147,53	55,56	61,35	–	–	–	–
10	44,96	56,19	46,98	63,00	132,09	–	–	–	–	–	–
11	38,10	47,76	40,83	53,79	115,80	–	–	–	–	–	–

9 сеток (кр. 5) — из данных для системы из 11 сеток (ОАО «Невинномысский Азот»). Зависимость $q_{i\text{отн}}(n)$ для системы из 7 сеток (кр. 8) построена по данным, заимствованным из системы с 9 сетками (ОАО «Невинномысский Азот»).

Потери $q_{i\text{отн}}$ в двухступенчатой системе 9 сеток + БК или 7 сеток + БК более значительны по сравнению с потерями для аналогичных сеток в одноступенчатой системе с 12 и 9 сетками (см. рис. 1, а, б). Это связано с тем, что оснащение каталитической системы блочным катализатором регулярной структуры приводит к существенному выравниванию и стабилизации профиля линейных скоростей реакционного потока [7]. Создание выгодного газодинамического режима позволяет без ущерба для степени конверсии аммиака уменьшить число сеток в слое платиноидного катализатора с 12 до 9 штук и сократить общие потери платиноидов.

Из рис. 1 также видно, что $q_{i\text{отн}}$ для одноименных сеток в различных каталитических системах при одинаковом диаметре контактного аппарата имеют близкие значения (средние отклонения $q_{i\text{отн}}$ не превышают 5 %). Более высокие значения $q_{i\text{отн}}$ для каждой сетки в системах с уменьшенным количеством сеток (9 и 11 сеток по сравнению с 12, 7 сеток по сравнению с 9) объясняются снижением суммарных потерь платиноидов в этих системах.

Начальные участки зависимостей $q_{i\text{отн}}(n)$ для систем с сетками диаметром 1,70 м характеризуются наличием слабо выраженных максимумов, что можно объяснить следующим образом. На лобовую часть сеток попадает относительно холодная аммиачно-воздушная смесь (АВС). Поскольку температура оказывает наиболее сильное влияние на выход оксида азота, первые по ходу газа сетки в слое могут оказаться в зоне менее интенсивной переработки аммиака, чем последующие. Для систем с сетками диаметром 1,93 м потери $q_{i\text{отн}}$ для первых двух сеток практически одинаковы (расхождение в пределах ошибки измерения). Для аппарата диаметром 1,70 м, начиная с 5-й сетки, и аппарата диаметром 1,93 м, начиная с 3-й сетки, зависимости $q_{i\text{отн}}(n)$ убывают примерно по линейному закону.

Представленные на рис. 1 зависимости $q_{i\text{отн}}(n)$ обнаруживают интересный эффект, заключающийся в том, что, начиная с 3-й сетки для аппарата диаметром 1,70 м и со 2-й сетки и далее по ходу газа для реактора диаметром 1,93 м, соотношение долей потерь любых двух сеток практически не зависит от состава каталитической системы, но определяется диаметром аппарата и положением данных сеток в слое. В качестве примера приведем интервалы изменений соотношений долей потерь между 7-й и 5-й, 9-й и 7-й, 9-й и 5-й сеток диаметром 1,70 м по 12 агрегатам

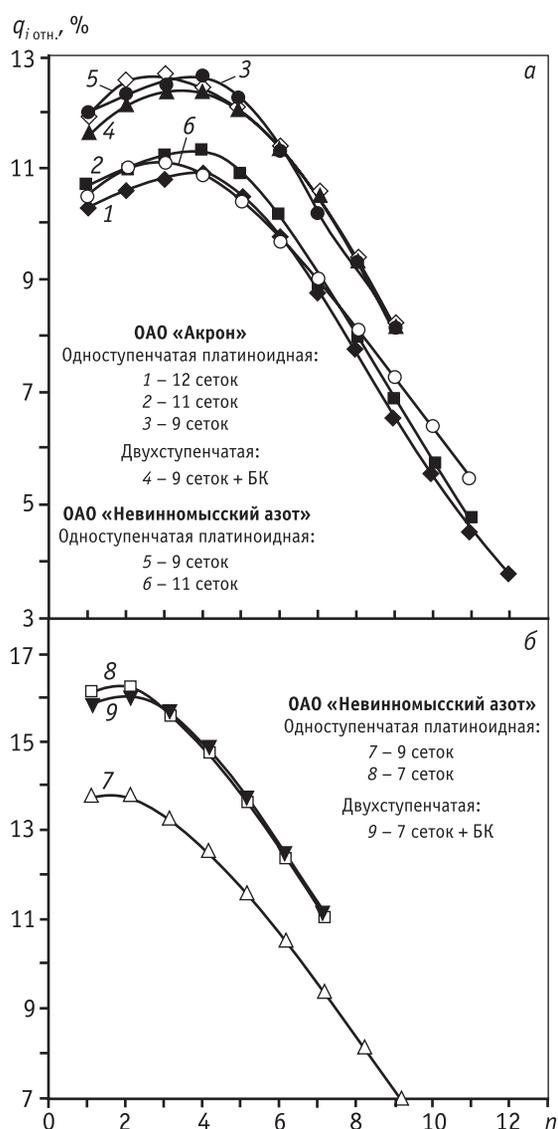


Рис. 1. Изменение средних значений массовых долей потерь платиноидных сеток $q_{i,отн}$ от их положения в слое катализатора n для систем: $\varnothing 1,70$ м (а); $\varnothing 1,93$ м (б)

ОАО «Акрон» и 5 агрегатам ОАО «Невинномысский Азот»:

$$\frac{q_7}{q_5} = 0,861 \div 0,871; \quad \frac{q_9}{q_7} = 0,774 \div 0,801;$$

$$\frac{q_9}{q_5} = 0,676 \div 0,696.$$

Для аппаратов диаметром 1,93 м, оснащенных системами 9 сеток и 7 сеток + БК:

$$\frac{q_7}{q_5} = 0,795 \div 0,810; \quad \frac{q_9}{q_7} = 0,732 \div 0,739;$$

$$\frac{q_9}{q_5} = 0,581 \div 0,611.$$

Примерное равенство соотношений долей потерь платиноидов демонстрирует проявление единого типа закономерностей износа при переработке аммиака в слое катализаторных сеток.

При этом удельные (на 1 т кислоты) и общие (на 1 м² поверхности сеток) потери платиноидов, как показывают данные табл. 1–3, даже при одних и тех же диаметре аппарата и составе каталитической системы могут не коррелировать с длительностью пробега, поскольку зависят от степени загрязненности АВС, способа укладки сеток и блочного катализатора, характера распределения потока.

В установленном режиме, каким является режим промышленного реактора, каждая платиноидная сетка в катализаторном слое перерабатывает определенную долю поступающего на нее аммиака. Величина механохимических потерь, в основе которых лежит каталитическая эрозия платиноидного катализатора, должна зависеть от количества переработанного аммиака. Индивидуализация платиноидных сеток в катализаторном слое с точки зрения их механохимического износа позволит установить корреляционную связь потерь платиноидов с количеством переработанного аммиака на каждой из сеток и соотнести полученные данные с результатами расчетов по математической модели.

Для определения МХП необходимо иметь данные по общим и термическим потерям. Общие потери платиноидов определяются из прямых измерений массы каждой i -й сетки после соответствующего периода пробега каталитической системы (см. табл. 2, 3).

Для оценки термических потерь будем предполагать примерное их постоянство для каждой i -й сетки в данном катализаторном слое, т.е. $q_{i,T} = q_T$. Известно [8], что на последнюю, 12-ю, сетку в катализаторном слое поступает газ с содержанием аммиака около 0,013–0,015 об.%, что более чем в два раза ниже санитарной нормы. При такой ничтожной концентрации аммиака можно пренебречь участием последней 12-й сетки в каталитическом процессе. Поэтому потери 12-й сетки можно отнести исключительно на счет термических потерь. Тогда МХП, претерпеваемые каждой i -й сеткой, определяются по разности между общими q_i и термическими q_T потерями:

$$q_{i, \text{МХП}} = q_i - q_T.$$

Аналогичным образом определяется $q_{i, \text{МХП}}$ для каждой i -й сетки в катализаторном слое из 9 платиноидных сеток, размещенных в аппарате диаметром 1,93 м. С учетом того, что наружные поверхности

9 сеток диаметром 1,93 м и 12 сеток диаметром 1,70 м очень близки (см. табл. 1), и катализаторные слои из 12 и 9 сеток являются эквивалентными в реакции окисления аммиака, можно допустить, что последняя, 9-я, сетка в катализаторном слое из 9 сеток также претерпевает только термические потери.

Для других каталитических систем с уменьшенным числом сеток термические потери можно оценить следующим образом. Как было отмечено выше, соотношения массовых долей потерь платиноидов с двух произвольно выбранных платиноидных сеток внутри катализаторного слоя определенного диаметра имеют близкие значения, не зависящие от состава каталитической системы. Воспользовавшись данными табл. 2 и 3, для катализаторных слоев из 12 сеток диаметром 1,70 м и 9 сеток диаметром 1,93 м можно рассчитать коэффициенты пропорциональности K_1 , K_2 , K_3 , равные соотношению средних значений массовых долей потерь платиноидных сеток, а именно:

$$K_1 = \frac{q_{12}}{q_{11}} = 0,83; \quad K_2 = \frac{q_{12}}{q_9} = 0,58; \quad K_3 = \frac{q_9}{q_7} = 0,73.$$

Тогда термические потери платиноидов могут быть определены по формулам: $q_T = K_1 \cdot q_{11}$ — для систем 11 сеток, $\varnothing 1,70$ м (ОАО «Невиномысский Азот»); $q_T = K_2 \cdot q_9$ — для систем 9 сеток + БК, $\varnothing 1,70$ м (ОАО «Акрон»); $q_T = K_3 \cdot q_7$ — для систем 7 сеток + БК, $\varnothing 1,93$ м (ОАО «Невиномысский Азот»).

Определив МХП, можно рассчитать долю аммиака η_i , переработанного i -й сеткой в каждой из систем по формуле

$$\eta_i = \frac{q_{i, \text{МХП}}}{\sum_i q_{i, \text{МХП}}},$$

где $\sum q_{i, \text{МХП}}$ — суммарные механохимические потери платиноидов, г/м².

На рис. 2 для сеток диаметром 1,70 м (кр. 1) и сеток диаметром 1,93 м (кр. 2) приведены зависимости усредненных долей переработанного аммиака от положения сеток в катализаторном слое. Аналогично установленному ранее примерному равенству долей потерь платиноидов для головных сеток слоя для них также сохраняется примерное равенство и долей переработанного аммиака. Обе зависимости (кр. 1 и 2) демонстрируют разную степень участия платиноидных сеток в процессе переработки аммиака: основная часть аммиака перерабатывается на первых трех-пяти платиноидных сетках, далее наблюдается монотонное снижение доли переработанного аммиака от сетки к сетке.

На рис. 2 показана также зависимость долей переработанного аммиака от положения платиноидных

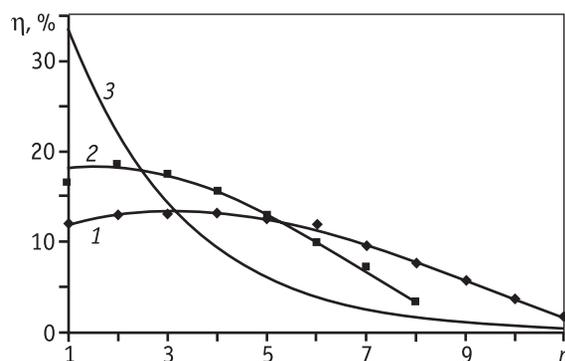


Рис. 2. Зависимости усредненных значений долей переработанного аммиака η_i по 2–9 пробегам каталитических систем от положения платиноидных сеток n в катализаторном слое: 1 – сетки диаметром 1,70 м; 2 – сетки диаметром 1,93 м; 3 – расчет по модели

сеток (кр. 3), рассчитанная по математической модели [4] для сеток, размещенных в реакторе УКЛ-7 $\varnothing 1,70$ м. Расчетная зависимость является монотонно убывающей и отличается от определенных нами из экспериментов (кр. 1 и 2). Различие объясняется тем, что при построении математической модели окисления аммиака на платиноидном катализаторе заложено допущение, что каждая i -я сетка в слое перерабатывает одинаковую долю поступающего на нее аммиака. Как видно, принятое допущение вступает в противоречие с экспериментом.

Назовем механохимические потери, претерпеваемые слоем платиноидных сеток ($\sum_i q_{i, \text{МХП}}$) и отнесенные к количеству выработанной азотной кислоты за пробег (Q), приведенными МХП:

$$q'_{i, \text{МХП}} = \frac{\sum_i q_{i, \text{МХП}}}{Q}.$$

Корреляционные зависимости приведенных МХП от удельных потерь γ приведены на рис. 3. Экспериментальные значения приведенных МХП укладываются на прямые линии. На значения приведенных МХП влияет не только диаметр аппарата, но и тип каталитической системы — одноступенчатый или двухступенчатый. Для аппарата диаметром 1,70 м при одинаковых значениях удельных потерь γ приведенные МХП $q'_{i, \text{МХП}}$ в двухступенчатой системе 9 сеток + БК в среднем на 17 % выше, чем в одноступенчатой платиноидной системе с 11 или 12 платиноидными сетками. Аналогичный вывод следует и для аппарата диаметром 1,93 м. В двухступенчатой системе 7 сеток + БК по сравнению с одноступенчатой системой из 9 сеток приведенные потери

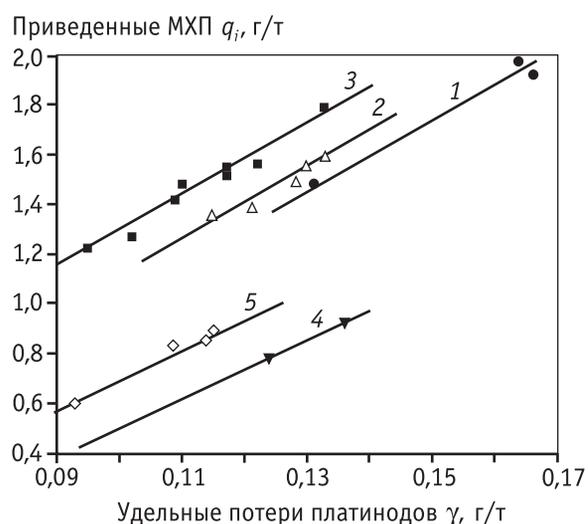


Рис. 3. Корреляция между приведенными механохимическими потерями $q'_{i, \text{МХП}}$ и удельными потерями γ для систем: диаметр аппарата 1,70 м: 1 – 12 сеток; 2 – 11 сеток; 3 – 9 сеток + БК; диаметр аппарата 1,93 м: 4 – 9 сеток; 5 – 7 сеток + БК

возрастают в среднем примерно на 30 %. Полагая, что механохимический износ платиноидной сетки прямо пропорционален количеству переработанного на ней аммиака, рост приведенных МХП в двухступенчатых системах объясняется присутствием гидродинамически стабилизирующего слоя блочного катализатора. Увеличение степени конверсии аммиака на 1–2 % в двухступенчатой системе с участием блочного катализатора регулярной структуры ранее было подтверждено в [8].

Катализаторные слои платиноидных сеток в аппарате диаметром 1,93 м характеризуются более низкими значениями приведенных МХП по сравнению с аппаратом диаметром 1,70 м. Этот факт обусловлен тем, что в результате снижения линейной скорости газового потока, ослабления турбулентных пульсаций и динамического воздействия на катализаторный слой уменьшается механическая составляющая в МХП. Зависимости $q'_{i, \text{МХП}}(\gamma)$ линейные, параллельные друг другу, и по ним легко рассчитать МХП в зависимости от удельных потерь для любого агрегата УКЛ-7. Это может быть полезным, поскольку позволяет производителям судить об эффективности работы катализаторных платиноидных сеток.

Выводы

1. Проведен мониторинг потерь платиноидов при окислении аммиака на агрегатах типа УКЛ-7 с одно- и двухступенчатым оформлением каталитической

системы. Обследованы 12 агрегатов, работающих на ОАО «Акрон» и 11 агрегатов — на ОАО «Невиномыский Азот».

2. Установлено примерное равенство потерь платиноидов среди первых пяти сеток в аппаратах диаметром 1,70 м и среди первых трех по ходу газа платиноидных сеток в аппаратах диаметром 1,93 м при значительном снижении потерь с последующих сеток, что свидетельствует о том, что головные сетки образуют единый каталитический фрагмент платиноидного слоя.

3. Выявлено, что соотношение массовых долей потерь сеток в каталитической системе определяется диаметром аппарата и положением данных сеток в слое, что позволяет оценить ранее неизвестные термические потери.

4. Определены корреляционные зависимости удельных потерь сеток от приведенных механохимических потерь (МХП), позволяющие рассчитать МХП для любого агрегата УКЛ-7.

5. Установлены экспериментальные зависимости доли аммиака, переработанного платиноидной сеткой (по отношению к общему количеству переработанного аммиака), от ее положения в катализаторном слое. Выявлено их отличие от рассчитанных по математической модели, используемой для процесса окисления аммиака на платиноидном катализаторе, что указывает на необходимость ее корректировки.

Литература

1. Караваев М.М., Засорин А.П., Клещев Н.Ф. Каталитическое окисление аммиака. М.: Химия, 1983. 232 с.
2. Атрошенко В.И., Каргин С.И. Технология азотной кислоты. М.: Химия, 1970. 300 с.
3. Васина С.Я., Бруштейн Е.А., Петрий О.А., Лазаричева И.В., Перов В.Н. // Химическая промышленность. 1992. № 10. С. 598–601.
4. Чернышев В.И. // Катализ в промышленности. 2008. № 3. С. 17–26.
5. Вяткин Ю.Л., Савенков А.С., Бесков В.С. и др. // Химическая промышленность. 1979. № 10. С. 618–620.
6. Бесков В.С., Бруштейн Е.А., Ванчури В.И., Головня Е.В. // Катализ в промышленности. 2008. № 2. С. 31–46.
7. Ванчури В.И., Беспалов А.В., Бесков В.С. // Химическая промышленность. 2001. № 5. С. 20–23.
8. Ванчури В.И., Головня Е.В., Бруштейн Е.А., Яценко А.В. // Катализ в промышленности. 2007. № 3. С. 38–42.