

CCl₄, но и обеспечивает получение трех коммерчески востребованных продуктов.

Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 гг. ГК 16.740.11.0475.

Литература

1. Муганлинский Ф.Ф., Трегер Ю.А., Люшин М.М. Химия и технология галогенорганических соединений. М.: Химия, 1991. 272 с.
2. Hasham S.A., Scholze R., Freedman D.L. Cobalamin-Enhanced Anaerobic Biotransformation of Carbon Tetrachloride // Environ. Sci. Technol. 1995. Vol. 29, № 11. P. 2856—2863.
3. Занавескин Л.Н., Аверьянов В.А. Четыреххлористый углерод. Методы переработки в экологически безопасные продукты и перспективы их развития (обзор) // Химическая промышленность. 2002. № 9. С. 4—21.
4. Бернардинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. М.: Химия, 1990. 304 с.
5. Дасаева Г.С., Трегер Ю.А., Моисеев И.И., Занавескин Л.Н. Жидкофазное каталитическое гидродегидрохлорирование четыреххлористого углерода // Химическая промышленность. 1996. № 6. С. 16—20 (346—350).
6. Gumez-Sainero L.Ma., Seoane X.L., Arcoya A. Hydrodechlorination of carbon tetrachloride in the liquid phase on a Pd/carbon catalyst: kinetic and mechanistic studies // Applied Catalysis B: Environmental. 2004. Vol. 53, № 2. P. 101—110.
7. Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. М.: Химия, 1988. 592 с.
8. Занавескин Л.Н., Аверьянов В.А., Трегер Ю.А. Перспективы развития методов переработки галогенорганических отходов. Закономерности каталитического гидрогенолиза галогенсодержащих соединений // Успехи химии. 1996. Т. 65, № 7. С. 667—675.
9. Скорость — щелочной гидролиз [Электронный ресурс] // Большая энциклопедия нефти и газа : [сайт]. URL: www.ngpedia.ru/id435186p1.html

УДК 541.128

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТЫХ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОКИСЛЕНИЯ АММИАКА В ПРОИЗВОДСТВЕ АЗОТНОЙ КИСЛОТЫ

© 2012 г. **Е.А. Бруштейн**^{1,2},
В.И. Ванчурин¹,
А.В. Яценко^{1,2}

¹ РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва

² ОАО «ГИАП», г. Москва

Введение

В течение длительного времени окисление аммиака в агрегатах производства разбавленной азотной кислоты УКЛ-7 осуществляли на платиноид-

ном катализаторе в виде пакета из 12 тканых сеток с диаметром проволоки 0,092 мм. Общий вес пакета достигал 24 кг, при этом вложения на катализатор и потери драгметаллов за период пробега достигали 0,725 и 0,145 г/т моногидрата (МНГ) азотной кислоты, соответственно [1]. Во второй половине 1970-х гг. с целью улучшения технико-экономических показателей на ряде агрегатов был осуществлен переход на двухступенчатое окисление аммиака. Для экс-

Бруштейн Е.А. – пенсионер, в н.в. не работает.
E-mail: svetlavasina@yandex.ru

Ванчурин В.И. – д-р техн. наук, проф. РХТУ им. Д.И. Менделеева.
E-mail: vanchourin@mail.ru

Яценко А.В. – зам. начальника коммерческого отдела ОАО «ГИАП».
E-mail: yasher78@mail.ru

платиноидной системы предложена каталитическая система, состоящая из 9 тканых платиноидных сеток и насыпного слоя железистооксидного катализатора [2], что позволило уменьшить потери драгметаллов на 15 %.

Однако для насыпного слоя катализатора невозможно обеспечить однородность распределения газового потока по сечению реактора [3], что приводит к снижению выхода аммиака. В результате замены зернистого катализатора на блочный катализатор сотовой структуры удалось стабилизировать процесс окисления аммиака и одновременно снизить интенсивность механического разрушения платиноидного катализатора и его потери [4, 5].

Первый опыт эксплуатации двухступенчатой каталитической системы с регулярным слоем оксидного катализатора относится к 1995 г.

На вторую ступень контактных аппаратов агрегатов УКЛ-7 на Череповецком и Березниковском ОАО «Азот» был загружен блочный катализатор ИК-42-1 (производство ИК СО РАН), на который укладывали слой из 9 тканых платиноидных сеток с диаметром проволоки 0,092 мм. При эксплуатации агрегатов в течение нормативного пробега платиноидных сеток выход оксида азота оставался на уровне проектных значений. Так, на Березниковском ОАО «Азот» с марта 1996 г. по январь 1997 г. было произведено 99 113 т МНГ азотной кислоты, удельные потери платиноидов не превышали 0,124 г/т МНГ, а вложения платиноидов — 0,208 г/т МНГ. Подобные двухступенчатые каталитические системы постепенно внедрялись в агрегатах УКЛ-7 и на других предприятиях отрасли.

Несмотря на существенное повышение эффективности переработки аммиака, потери дорогостоящих платиноидов остаются высокими, что сказывается на себестоимости азотной кислоты. Для снижения потерь целесообразно применение фильтрующих материалов, способных механически или химически связывать аэрозоли платиноидов. Из-за отсутствия эффективных уловителей на основе дешевых материалов, в России, как и за рубежом, стали применять уловители в виде сеток на основе палладиевого сплава [6—8]. Помимо способности к сорбционному связыванию аэрозолей платины, палладий обладает определенной селективностью в реакции окисления аммиака [1]. Поэтому модифицирование слоя платиноидного катализатора путем размещения в нем сеток-уловителей из палладиевого сплава вызывает необходимость проведения исследований для выявления изменения роли и

вклада каждой ступени в двухступенчатой системе окисления аммиака.

В работе приведены результаты опытно-промышленных испытаний двухступенчатых каталитических систем, оснащенных сетками-уловителями. На основе результатов испытаний предложено решение по модернизации каталитической системы с блочным катализатором.

Экспериментальная часть

Экспериментальные данные получены в опытном реакторе, смонтированном в цехе производства неконцентрированной азотной кислоты ОАО «Акрон» (г. Великий Новгород) и функционирующем в режиме промышленного реактора агрегата УКЛ-7 [9]. В каталитической системе использованы платиноидные и улавливающие сетки производства ОАО «ЕЗ ОЦМ» (г. Екатеринбург). Платиноидные сетки двух типов — тканые с толщиной проволоки 0,092 мм (Pt_{092}) и вязаные с толщиной проволоки 0,076 мм (Pt_{076}) — изготовлены из сплава марки ПлПдРдРу-15-3,5-0,5 и содержат (мас.%): Pt — 81; Pd — 15; Rh — 3,5; Ru — 0,5 (ГОСТ 13498—79). Улавливающие сетки (УС) изготовлены из палладий-вольфрамового сплава, содержащего 95 % Pd и 5 % W (СТО 00195200-013—2007). Блочный катализатор сотовой структуры (БК) марки ИК-42-1 (ТУ-2175-018-03533913—99) производства ИК СО РАН (г. Новосибирск) в форме призм с ячейкой 5×5 мм и толщиной стенки 1,5 мм, содержащий 80 мас.% α -Fe₂O₃ и 20 % α -Al₂O₃, загружен в специальную корзину под сетками в виде регулярного слоя высотой 0,05 м. Нагрузка на реактор по очищенной на фильтрах аммиачно-воздушной смеси АВС составляла около 500 м³/ч н.у., или 60 000 м³/ч н.у. в пересчете на УКЛ-7, при концентрации аммиака в смеси 10,3—10,7 об.%, температура конверсии установлена на уровне 1153—1163 К. Реактор снабжен точками отбора газовой смеси на определение в ней содержания аммиака и оксида азота: т. 1 — на выходе из слоя платиноидных сеток, т. 2 — на расстоянии 0,05 м и т. 3 — на расстоянии 0,30 м от слоя сеток. По результатам анализов рассчитывали соответствующие точкам отбора значения выхода оксида азота (α_1 , α_2 , α_3) с относительной погрешностью не более $\pm 0,5$ % [10].

Обсуждение результатов

Данные, приведенные в табл. 1, позволяют оценить влияние улавливающих сеток на выход NO при

Таблица 1

Выход оксида азота (α_1) на катализаторных слоях с платиноидными (Pt_{092}) и улавливающими (УС) сетками

Катализаторный слой из платиноидных сеток Pt_{092}			Катализаторный слой из платиноидных и улавливающих сеток			
число сеток	выход NO , α_1 , %	изменение выхода NO , $\Delta\alpha$, %	тип и число сеток в слое		выход NO , α_1 , %	изменение выхода NO , $\Delta\alpha$, %
			Pt_{092}	УС		
7	90,3	–	7	3	93,4	+3,1
10	94,0	+3,7	7	5	94,2	+3,9
12	95,0	+4,7	7	5	94,2	+3,9

Таблица 2

Остаточное содержание аммиака после катализаторных слоев

Катализаторный слой из платиноидных сеток Pt_{092}			Катализаторный слой из платиноидных и улавливающих сеток			
число сеток	остаточное содержание аммиака, %	изменение выхода NO , $(\alpha_3 - \alpha_1)$, %	тип и число сеток в слое		остаточное содержание аммиака, %	изменение выхода NO , $(\alpha_3 - \alpha_1)$, %
			Pt_{092}	УС		
7	0,26	–2,95	7	3	0,015	0
10	0,029	–0,80	7	5	0,012	0
12	0,016	–0,20	7	5	0,012	0

Таблица 3

Результаты испытания двухступенчатых систем с блочным катализатором

Число сеток	Выход NO , %		Изменение выхода NO , $(\alpha_2 - \alpha_1)$, %	Остаточное содержание NH_3 , об. %	
	после сеток, α_1	после системы, α_2		после сеток	после системы
1-я ступень – тканые сетки Pt_{092} , 2-я ступень – БК					
6	90,4	85,7	–4,7	0,33	0,18
7	92,2	89,6	–2,6	0,21	0,08
8	93,8	93,2	–0,6	0,12	0,013
9	95,0	95,0	0	0,06	0
1-я ступень – вязаные сетки Pt_{076} , 2-я ступень – БК					
9	93,7	93,5	–0,2	0,08	0,035
11	94,1	94,1	0	0,01	0

окислении аммиака. В качестве базового варианта рассмотрена система из 7 тканых сеток Pt_{092} . Относительно нее рассчитано изменение выхода оксида азота $\Delta\alpha$ для чисто платиноидной системы с 10 и 12 сетками Pt_{092} , а также для системы, содержащей 3 и 5 улавливающих сеток.

Из данных табл. 1 следует, что при замене 3 и 5 платиноидных сеток в слоях, состоящих, соответственно, из 10 и 12 катализаторных сеток, на равное число УС снижается выход оксида азота на 0,6 % для слоя 7 Pt_{092} + 3 УС и 0,8 % для слоя 7 Pt_{092} + 5 УС. По отношению к катализаторному слою с 7 платиноидными сетками приращение выхода NO ($\Delta\alpha$) составляет 3,1–3,9 %. Это несколько меньше, чем для катализаторных слоев с числом платиноидных сеток 10 ($\Delta\alpha = 3,7$ %) и 12 ($\Delta\alpha = 4,7$ %).

Другой характеристикой модифицированного катализаторного слоя является значение остаточного содержания аммиака в нитрозном газе. Предполагается, что остаточный аммиак перерабатывается на блочном катализаторе. Однако необходимо учитывать, что наличие аммиака в нитрозном газе с высокой концентрацией оксида азота может привести к химическому взаимодействию между ними в свободном объеме 2-й ступени.

О реальной возможности протекания гомогенной реакции восстановления оксида азота аммиаком свидетельствуют данные об убыли выхода оксида азота ($\alpha_3 - \alpha_1$) в зависимости от остаточного содержания аммиака в газе после слоя платиноидных сеток, полученные в отсутствие блочного катализатора (см. табл. 2). Даже при очень малой концентрации остаточного аммиака в нитрозном газе (0,016 об.%) после платиноидного слоя из 12 Pt_{092} на расстоянии 0,30 м от

слоя сеток наблюдается снижение выхода оксида азота: ($\alpha_3 - \alpha_1$) принимает отрицательное значение. Модифицирование платиноидного катализатора улавливающими сетками приводит к более низким значениям остаточного содержания аммиака (0,012 и 0,015 об.%). В этом случае

снижение выхода оксида азота не наблюдается и $(\alpha_3 - \alpha_1) = 0$

Катализаторный слой из 9 Pt₀₉₂ образует первую ступень контактирования в широко эксплуатируемой в последнее время двухступенчатой каталитической системе с блочным катализатором. В случае снижения по какой-либо причине активности платиноидных сеток, что нередко встречается на практике, нитрозный газ будет поступать на блочный катализатор с повышенной остаточной концентрацией аммиака. Наличие свободного объема в слое блочного катализатора способствует протеканию гомогенной реакции восстановления оксида азота аммиаком. Естественно ожидать при этом уменьшения выхода оксида азота.

Как показывают данные для двухступенчатых каталитических систем (6÷9) Pt₀₉₂ + БК и (9÷11) Pt₀₇₆ + БК, в некоторых случаях такое уменьшение действительно наблюдается (см. табл. 3). С увеличением остаточной концентрации аммиака после платиноидных сеток падает выход оксида азота после каталитической системы. Только для систем из 9 Pt₀₉₂ + БК и 11 Pt₀₇₆ + БК с остаточными концентрациями аммиака менее 0,06 об.% после слоя сеток выход NO после блочного катализатора не изменился.

На процесс окисления аммиака в двухступенчатой системе с блочным катализатором оказывают воздействие три фактора. Гидродинамический фактор, т.е. способность регулярного слоя стабилизировать гидродинамический режим в зоне расположения платиноидных сеток [11, 12], является положительным. Одновременно действуют два кинетических фактора, один из которых, положительный, заключается в доокислении остаточного аммиака до оксида азота на оксидном блочном катализаторе. Как показывают данные табл. 3, действие положительного кинетического фактора имеет место при остаточной концентрации аммиака меньше 0,06 об.%. При остаточных концентрациях аммиака выше 0,06 об.% необходимо учитывать риск относительного усиления другого кинетического фактора, способствующего протеканию реакции гомогенного восстановления оксида азота в свободном объеме блочного катализатора, в результате чего выход оксида азота снижается. Возможности регулярного слоя по стабилизации гидродинамического режима, так же как воздействие кинетических факторов на эффективность целевого окисления аммиака, поддаются регулированию. Более выгодные условия окисления аммиака могут быть достигнуты

при использовании блочного катализатора с ячейкой меньшего размера, чем 5×5 мм, характерной для катализатора ИК-42-1, что позволит сократить протяженность участка гидродинамической стабилизации потока [13], т.е. уменьшить высоту слоя блочного катализатора на второй ступени. За счет сокращения свободного объема в слое блочного катализатора и увеличения наружной поверхности катализатора можно свести к минимуму негативное влияние гомогенной реакции восстановления оксида азота оставшимся аммиаком. К сожалению, формование катализаторных паст на основе оксида железа в блоки с мелкой ячейкой представляет значительные технологические трудности и является дорогостоящим.

Гарантией сохранения высокого выхода оксида азота должно быть создание условий для минимизации концентрации остаточного аммиака за слоем платиноидного катализатора. Как показано выше, это обеспечивается использованием в составе каталитической системы УС при уменьшении числа платиноидных сеток.

Заметным шагом в развитии каталитического окисления аммиака стало использование тонкопроволочных вязаных платиноидных и улавливающих сеток. Применение платиноидных вязаных сеток с диаметром проволоки 0,076 мм вместо тканых сеток с диаметром проволоки 0,092 мм обосновано гидродинамическими и экономическими соображениями [14].

Окисление аммиака в модифицированном катализаторном слое из 9 тонкопроволочных платиноидных и 3–5 улавливающих сеток протекает с выходом оксида азота 94,2 % [9]. Это всего на 0,8 % уступает значению выхода оксида азота, полученному в слое из 12 сеток Pt₀₉₂. Измеренная остаточная концентрация аммиака за модифицированным слоем не превышает 0,02 об.%. т.е. в 3 раза меньше, чем после платиноидного слоя в системе 9 Pt₀₉₂ + БК (см. табл. 3). Очевидно, что, если уложить модифицированный катализаторный слой на слой блочного катализатора, следует ожидать увеличения выхода NO, обусловленного действием гидродинамического фактора регулярной структуры. Уменьшение же диаметра проволоки платиноидных сеток и придание катализаторному слою дополнительной функции по сорбции аэрозолей платиноидов обеспечивает дальнейшее снижение капитальных вложений.

В табл. 4 приведены результаты испытания двухступенчатой каталитической системы с тонкопроволочными вязаными платиноидными и улавли-

Таблица 4
Выход оксида азота в 2-ступенчатых системах

Каталитическая система	Выход NO, %
9 Pt ₀₇₆ + 4 УС + БК	95,4
9 Pt ₀₉₂ + БК	95,0

вающими сетками в опытном реакторе. Показано, что выход NO в системе из 9 Pt₀₇₆ и 4 улавливающих сеток, установленных на слое блочного катализатора, составляет 95,4 %, что немного выше выхода NO, полученного в системе 9 Pt₀₉₂ + БК.

В связи с отсутствием остаточного аммиака после модифицированного платиноидного слоя и утратой оксидным катализатором кинетической функции по целевому окислению аммиака целесообразно заменить слой дорогостоящего блочного катализатора ИК-42-1 на слой инертной сотовой насадки. Эта замена будет способствовать дальнейшему сокращению капитальных затрат на каталитическую систему и снижению себестоимости азотной кислоты.

Сотовая насадка Сонол с ячейкой 2×2 мм производится на ООО НПК «Силициум» в соответствии с ТУ 2163-70530509-001—07. В настоящее время каталитические системы, состоящие из модифицированных платиноидных слоев с сотовой насадкой Сонол, эксплуатируются в агрегатах УКЛ-7 на предприятиях: филиал «Азот» ОАО «ОХК «УРАЛХИМ»» (г. Березники Пермского края) — 9 агрегатов, ОАО «Череповецкий «Азот»» — 3, ОАО «Новомосковская акционерная компания «Азот»» — 4, ОАО «Завод минеральных удобрений Кирово-Чепецкого химического комбината» — 1, ОАО «Невиномысский Азот» — 1.

Выводы

1. Установлено, что целевое окисление аммиака в двухступенчатых каталитических системах с блочным катализатором (БК) при остаточной концентрации аммиака после платиноидного слоя выше 0,06 об.% сопровождается гомогенной реакцией восстановления оксида азота аммиаком, протекающей в каналах БК. При этом наблюдается снижение выхода NO после каталитической системы по сравнению с выходом NO после платиноидного слоя.

2. Показано, что замена части катализаторных сеток на улавливающие сетки из палладий-вольфрамового сплава позволяет добиться стабильно низ-

кого остаточного содержания аммиака (< 0,06 об.%), не снижающего выход NO.

3. Экспериментально показано, что в двухступенчатой системе, в которой модифицированный платиноидный слой состоит из 9 вязанных сеток Pt₀₇₆ и 4 улавливающих сеток, выход NO составляет 95,4 %, что соответствует выходу NO в системе 9 Pt₀₉₂ + БК (95,0 %), эксплуатируемой на многих отечественных агрегатах.

4. В связи с практическим отсутствием остаточного аммиака после модифицированного платиноидного слоя и утратой таким образом блочным катализатором функции по дополнительной переработке аммиака в оксид азота целесообразно заменить слой дорогостоящего блочного катализатора на слой инертной сотовой насадки. Эта замена будет способствовать дальнейшему снижению капитальных затрат и себестоимости азотной кислоты.

Литература

1. *Караваяв М.М., Засорин А.П., Клещев Н.Ф.* Каталитическое окисление аммиака. М.: Химия, 1983. 232 с.
2. *Слинько М.Г., Носков А.С.* Перспективы развития каталитических процессов на рубеже тысячелетий // Химическая промышленность. 1999. № 1. С. 3.
3. *Бесков В.С.* Катализаторы новых геометрических форм // Химическая промышленность. 1990. № 7. С. 413—416.
4. *Ванчуринов В.И., Бесков В.С., Бруштейн Е.А., Телятникова Т.В., Семенов Г.М.* Неплатиновый катализатор сотовой структуры для окисления аммиака // Химическая промышленность. 1997. № 10. С. 694—696.
5. *Садыков В.А., Бруштейн Е.А., Исупова Л.А., Телятникова Т.В., Кирчанов А.А., Золотарский И.А., Носков А.С., Кожевникова Н.Г., Кругляков В.Ю., Снегуренко О.И., Гиббадулин Ю.Н., Хазанов А.А.* Разработка и применение двухступенчатой системы окисления аммиака в производстве азотной кислоты с использованием сотовых оксидных катализаторов // Химическая промышленность. 1997. № 12. С. 819—824.
6. Пат. 2024294 (РФ). Каталитический элемент для конверсии аммиака / Барелко В.В., Чернышев В.И., Кисиль И.М. и др., 1994.
7. Пат. 2119381 (РФ). Устройство для улавливания платиноидов при каталитическом окислении аммиака / Тимофеев Н.И., Богданов В.И., Дмитриев В.А. и др., 1998.
8. *Тимофеев Н.И., Гушин Г.М., Ермаков А.С.* Расширение использования палладия в каталитических про-

- цессах окисления аммиака при производстве азотной кислоты // Драгоценные металлы. Драгоценные камни. 2002. № 12. С. 52.
9. Ванчурин В.И., Головня Е.В., Бруштейн Е.А., Яценко А.В. Исследование каталитических систем для процесса окисления аммиака в опытно-промышленных условиях // Катализ в промышленности. 2007. № 3. С. 38–42.
 10. Аналитический контроль производства в азотной промышленности. Вып. 8. Контроль производства в цехе слабой азотной кислоты. М.: Госхимиздат, 1958. 133 с.
 11. Ванчурин В.И., Беспалов А.В., Бесков В.С. Гидродинамические свойства блочных сотовых структур // Химическая промышленность. 2001. № 8. С. 20–24.
 12. Чернышев В.И. Оптимизация газодинамической обстановки и пакета платиноидных сеток в реакторе конверсии аммиака // Катализ в промышленности. 2008. № 3. С. 17–28.
 13. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление: справочное пособие. М.: Энергоатомиздат, 1990. 367 с.
 14. Бесков В.С., Бруштейн Е.А., Ванчурин В.И., Головня Е.В. Окисление аммиака на каталитических системах с тонкопроволочными платиноидными сетками // Химическая промышленность. 2011. № 5. С. 5–8.

УДК 541.128

БЛОЧНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ В ТЕХНОЛОГИИ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО ОКИСЛЕНИЯ АММИАКА. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

© 2012 г. Л.А. Исупова

Институт катализа СО РАН, г. Новосибирск

Введение

Процесс окисления аммиака до оксида азота (II) в производстве слабой азотной кислоты осуществляется на пакете из платиноидных сеток при малых временах контакта в агрегатах атмосферного, среднего и высокого давления [1]. Анализ показал, что последние по ходу газа сетки работают неэффективно и поэтому могут быть заменены на более дешевые оксидные катализаторы [1, 2]. В результате выполненных в 1940–1960 гг. исследований для агрегатов атмосферного давления была разработана двухступенчатая система, состоящая из одной (вместо трех) платиноидной сетки и слоя оксидного железохромового катализатора КН-2 (в виде таблеток) [2]. Опыт промышленной эксплуатации данной системы не выявил снижения выхода оксида азота (II), при этом на 20–25 % сокращались безвозвратные потери платиноидов [2].

Для агрегатов высокого давления (УКЛ-7) в 1970-х гг. сотрудниками ГИАП был разработан более термостабильный оксидный железо-алюминиевый катализатор НК-2У (в виде таблеток или гранул) и была обоснована целесообразность перехода к двухступенчатой системе, состоящей из 9 (вместо 12) тканых платиноидных сеток и слоя оксидного катализатора [3, 4]. Однако данная система не получила широкого промышленного применения вследствие ряда выявившихся недостатков, таких как увеличение перепада давления в двухступенчатой системе, необходимость изготовления загрузочных корзин, просыпей и пыления катализатора. Только после разработки в Институте катализа им. Г.К. Борескова СО РАН в 1990-х гг. блочного оксидного катализатора сотовой структуры ИК-42-1 двухступенчатая система, состоящая из 9 тканых сеток диаметром 0,092 мм и слоя катализатора ИК-42-1А высотой 50 мм, стала использоваться и в агрегатах УКЛ-7. Блочный катализатор не требовал загрузочных кор-

Исупова Л.А. – д-р хим. наук, вед. науч. сотрудник. Тел.: (383) 326-96-03. E-mail: isupova@catalysis.ru