

Торайғыров университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайғыров университета

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

Химия-биологиялық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Химико-биологическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3544

№ 1 (2024)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайгыров университета

Химико-биологическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ84VPY00029266

выдано
Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Тематическая направленность
публикация материалов в области химии, биологии, экологии,
сельскохозяйственных наук, медицины

Подписной индекс – 76134

<https://doi.org/10.48081/AFVW5822>

Бас редакторы – главный редактор

Ержанов Н. Т.
д.б.н., профессор

Заместитель главного редактора
Ответственный секретарь

Ахметов К. К., *д.б.н., профессор*
Камкин В. А., *к.б.н., доцент*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Яковлев Р. В.,	<i>д.б.н., профессор (Российская Федерация);</i>
Титов С. В.,	<i>доктор PhD;</i>
Касанова А. Ж.,	<i>доктор PhD;</i>
Jan Micinski,	<i>д.с.-х.н., профессор (Республика Польша);</i>
Surender Kumar Dhankhar,	<i>доктор по овощеводству,</i> <i>профессор (Республика Индия);</i>
Шаманин В. П.,	<i>д.с.-х.н., профессор</i> <i>(Российская Федерация);</i>
Азаренко Ю. А.,	<i>д.с.-х.н., профессор</i> <i>(Российская Федерация);</i>
Омарова А. Р.,	<i>(технический редактор).</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/ZVYN2316>

***Р. Д. Шептенко**

ТОО «ПНХЗ», Республика Казахстан, г. Павлодар.

*e-mail: Sheptenko97@gmail.com

ТЕХНИЧЕСКИЕ ЦЕОЛИТЫ И ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ДО ЛЕГКИХ ОЛЕФИНОВ

В данной статье исследуются различные методы повышения выхода непредельных углеводородов на установках каталитического крекинга с использованием псевдооживленного слоя катализатора. Особое внимание уделяется технологиям, разработанным различными компаниями, которые направлены на расширение применения установок каталитического крекинга для производства сырья, востребованного в нефтехимической промышленности. Описаны различные цеолитные добавки на основе ZSM-5, применяемые в установках каталитического крекинга по всему миру, которые значительно повышают выход олефинов. В разделе «Результаты и обсуждение» представлен пример промышленного использования таких добавок на установке типа Г-43-107М с псевдооживленным слоем катализатора, что иллюстрирует практическую пользу этих технологий.

В заключении статьи рассматриваются перспективы перепрофилирования традиционных установок каталитического крекинга для получения легких непредельных углеводородов, используемых в качестве сырья для нефтехимического производства. Это может включать адаптацию существующих технологий и внедрение новых катализаторов и добавок. Таким образом, статья предоставляет всесторонний анализ текущих технологий и стратегий, направленных на повышение эффективности процессов каталитического крекинга и увеличение выхода целевых продуктов, что может значительно повлиять на развитие нефтехимической промышленности в будущем.

Ключевые слова: Легкие олефины (непредельные углеводороды), Каталитический крекинг, Катализатор, Пропен, Бутен, Цеолиты.

Введение

Пропен является ключевым строительным материалом для нефтехимической промышленности, спрос на который в последние годы сильно растет, даже быстрее, чем на этилен. Доступность пропена ограничена, поэтому предпринимаются усилия по оптимизации его производства. В данной статье обсуждается избранная группа новых стратегий в области разработки цеолитов, которые имеют большие перспективы для исследований и которые могут повлиять на этот сектор в ближайшем будущем.

Легкие олефины (этен, пропен и бутены) являются ключевым сырьем для нефтехимической промышленности, отрасли с оборотом около 500 миллиардов долларов и, как ожидается, к 2025 году она вырастет до более чем 958 миллиардов.

Пропен – второй по величине строительный блок в нефтехимии, годовой объем производства которого составляет около 100 млн тонн в год. Традиционно пропен получали в результате процессов нефтепереработки и парового крекинга, но в последние годы эти источники не могут больше удовлетворять свой энергетический спрос (по прогнозам, в 2016–2020 гг. он будет расти в среднем на 4,5 % в год, что будет на 0,7 % выше, чем среднегодовые темпы роста этилена, по данным IHS – Information Handling Services), особенно со стороны Китая, учитывая глобальные изменения в тенденции от бензина к дизельному топливу и этанолу, а также к более легкому крекинговому сырью, полученному из сланцевого газа в США.

Общий объем производства бутенов составляет около 132 млн тонн в год, при этом рост составляет примерно 4 % в год. Из них около 30 млн тонн в год приходится на изобутен, получаемый на нефтеперерабатывающих заводах (FCC, установках коксования и т. д.) и в меньшей степени на паровом крекинге жидкостей и дегидрировании бутана. Изобутен в основном используется в качестве сырья для производства алкилатов (47 %) и производства высокооктановых присадок для смешивания бензинов (41 %), включая МТБЭ (метил трет-бутиловый эфир) и ЭТБЭ (этил трет-бутиловый эфир), и лишь незначительная доля приходится на нефтехимию[1].

Материалы и методы

Выделяют несколько направлений исследований в области синтеза цеолитов. С одной стороны, цеолиты с мелкими порами в основном предназначены для максимизации селективности по отношению к легким олефинам, изомеризации в линейные углеводороды или прямого алкилирования по определенным положениям. С другой стороны, цеолиты с крупными и сверхкрупными порами традиционно искались для переработки

объемных молекул, особенно когда сырая нефть становится тяжелее, а также, в последнее время, для переработки пластмасс. Однако большинство этих материалов требуют дорогостоящего синтеза и, что важно, имеют ограниченную термическую и гидротермальную стабильность, что не позволяет их использовать в тяжелых и крупнотоннажных установках ККФ. Деалюминированные цеолиты могут преодолеть некоторые из этих ограничений, поскольку их стабильность может быть высокой, сохраняя при этом способность обрабатывать большие молекулы. Особый интерес представляют те процедуры синтеза, которые позволяют выращивать структурированные кристаллы в различных масштабах длины, что может быть благоприятно для подготовки технических тел для коммерческого использования. Другим классом цеолитов являются так называемые многопоровые цеолиты. В этих материалах наличие пор разного размера может влиять на диффузию определенных молекул через разные поры (так называемый контроль молекулярного движения) или на расположение активных центров в определенных кристаллографических позициях, что влияет на каталитические результаты. Тем не менее, с целью максимизировать селективность по легким олефинам при каталитическом крекинге, интерес к цеолитам с малыми порами восстанавливается.

В настоящее время наиболее широкое распространение получили следующие цеолиты:

Corma, A., Melo, F., Sauvanud, L., Ortega, F. предложили цеолит ИМ-5 в качестве катализатора крекинга для производства легких олефинов в условиях высокой жесткости (650–700 °С – паровой каталитический крекинг). Этот цеолит имеет центральную систему 2D-каналов, соединенную через 10-MR вдоль с другой системой 2D-каналов с обеих сторон. Они заметили, что цеолит ИМ-5 может привести к таким же выходам пропена, как и цеолит ZSM-5 с аналогичным Si/Al с повышенным производством этилена. Это было связано с более сильными кислотными центрами и плотными порами цеолита ИМ-5. Однако цеолит ИМ-5 обладает очень большим пересечением каналов, что также приводило к повышенному образованию БТК (бутадиен-трехкарбоксильная кислота) за счет бутенов при крекинге н-гептана (2).

МСМ-22 представляет собой цеолит 2D 10 MR, содержащий своеобразную систему суперкарасов 12 MR, которые выходят на поверхность кристалла в виде полушарий. Его тщательно изучали в реакциях конверсии ароматических соединений, а недавно также была изучена его способность к крекингу в легкие олефины. Образец прямого синтеза также подвергают деалюминированию гексафторсиликатом аммония в различных концентрациях. Очень интересно, что константа скорости крекинга первого

порядка почти пропорциональна концентрации кислотных центров при 650°C., но сильнее зависит от этой концентрации при 450 °C [2].

MCM-68 представляет собой цеолит, имеющий прямые каналы 12-MR, соединенные между собой извилистыми 10-MR. Инагаки пришёл к выводу, что dealюминированный MCM-68 продемонстрировал более высокую селективность по отношению к пропену, чем ZSM-5 при сопоставимой конверсии и температуре. Результаты показывают, что dealюминирование может происходить преимущественно в прямых каналах 12-MR, улучшая селективность получаемого материала. Однако традиционный гидротермальный синтез имел недостаток: слишком длительное время кристаллизации (до 12–16 дней) [2].

После того, как были рассмотрены катализаторы с повышенной селективностью к легким олефинам необходимо рассмотреть технологии мировых лицензиаров применяемых на установках удовлетворяющий повышение спроса на легкие олефины:

Обычно пропен и этилен получают в качестве побочных продуктов (4–7 мас. % пропена и 1–3 мас. % этена) при производстве топлива, такого как бензин, дизельное топливо и т.п., с использованием процесса ККФ. Традиционная установка ККФ работает путем циркуляции мелкозернистого или порошкообразного катализатора в виде песка между реактором-стояком, сепарационной емкостью, известной как отпарная колонна, и регенерационной емкостью. В стояк поступает сырье, которым обычно является вакуумный газойль (ВГО, углеводороды с температурой кипения 343–566 °C). °C или 650–1050 °F) или смесь вакуумного газойля и вакуумного остатка (вакуумный остаток определяется как углеводороды с интервалом кипения более 566 °C или 1050 °F), впрыскивается в стояк через несколько форсунок и контактирует с катализатором для осуществления крекинга [3].

Прогресс в процессах ККФ был задуман как процесс максимизации производства высокооктанового бензина. На протяжении многих лет оборудование FCC и условия эксплуатации оптимизировались для получения максимального выхода нефти. Однако этот процесс обладает уникальной гибкостью, и при необходимости его работу можно модифицировать для достижения других производственных целей. Таким образом, условия эксплуатации могут быть изменены на минимальную жесткость, если мы хотим максимально увеличить содержание средних дистиллятов, или на максимальную жесткость, если мы хотим максимально увеличить содержание сжиженного нефтяного газа и легких олефинов. Лицензиары также разработали оборудование FCC для увеличения производства легких олефинов [4].

Многие лицензиары технологий разработали модифицированные установки FCC, которые могут с высокой селективностью преобразовывать обычное тяжелое сырье в легкие олефины. Например, Научно-исследовательский институт переработки нефти (RIPP) компании Sinopec разработал модифицированный процесс FCC под названием глубокий каталитический крекинг (DCC), который получил значительное коммерческое присутствие в Китае и также лицензирован по всему миру инжиниринговой компанией Shaw Stone & Webster. Первая коммерческая установка DCC была запущена в 1990 году в Цзинане, Китай, и в настоящее время по всему миру установлено более 10 коммерческих установок. Блок DCC может быть предоставлен как новый блок или путем модернизации существующего блока FCC. Технологическая схема ДКК аналогична традиционной ККК, включая секции реакции-регенерации, фракционирования и концентрирования газа. Однако процесс включает в себя некоторые модификации реакторной секции и имеет два режима работы реактора: DCC-II для режима максимального получения изоолефинов, в котором используется лифт-реактор, и DCC-I для максимального производства пропилена, в котором используется лифт-реактор и реакторы с псевдооживленным плотным слоем [5].

Следующим шагом компания Sinopec RIPP также разработала процесс каталитического пиролиза (CPP), изменив рабочие параметры DCC, рецептуру катализатора и конфигурацию установки, чтобы максимизировать содержание этена и пропена из тяжелого FCC-сырья (обычно это смесь VGO с определенным количеством атмосферных остатков для увеличить источник тепла и сохранить высокую остроту процесса). Фактически, первой промышленной установкой этого процесса стала модернизированная установка DCC нефтеперерабатывающей и химической компании PetroChina Daqing в 2000 году мощностью 80 тыс. тонн в год. CPP сочетает в себе каталитический и термический крекинг для получения высоких выходов этилена и пропена. В то же время в нем используется запатентованный катализатор на основе смеси катализатора Y, модифицированного щелочноземельными металлами, и добавки ZSM-5. Предполагается, что этот материал обладает различными активными центрами, катализирующими образование ионов карбония и свободных радикалов, благоприятных для пропена и этилена соответственно [6].

Совсем недавно были предприняты значительные усилия по исследованию, разработке и коммерциализации технологий использования нетрадиционного FCC-сырья, такого как легкая прямогонная нефть (LSN), прямогонная нефть (SRN), легкая нефть коксования. Для переработки легкого сырья необходимы серьезные модификации процесса FCC.

Модифицированные процессы FCC можно сгруппировать в два типа: (а) установки, предназначенные для переработки 100 % легкого сырья в условиях высокой жесткости, в которых задача состоит в том, чтобы закрыть тепловой баланс, учитывая очень низкую склонность сырья к коксованию, и (б) установки, модифицированные для переработки типичного сырья FCC вместе с легким потоком, который обычно вступает в реакцию во втором реакторе при других рабочих условиях. Наиболее популярными процессами, предназначенными для переработки 100% легкого сырья с высокой степенью жесткости, являются PCC (ExxonMobil), процесс крекинга нефти IOCL и процессы SUPERFLEX и ACO SK [7].

В целом развитие этих технологий демонстрирует важность условий эксплуатации и проектирования процессов для достижения производственных целей. Кроме того, их изучение может стать предметом стимулирующих научных исследований. Одним из таких примеров является введение пара во время крекинга. Пар используется в качестве теплоносителя и разбавителя в процессе FCC, ограничивая степень бимолекулярных реакций и скорость закоксовывания катализатора. Над цеолитом USY при низких температурах (400 °C) методом ИК-спектроскопии обнаружено взаимодействие воды с мостиковыми гидроксильными группами ZSM-5. При 500 °C, однако, это взаимодействие не наблюдалось, поэтому вода действовала как простой разбавитель при крекинге гексадекана. Брзиус и др. обнаружили, что выигрыш в селективности при введении мезопористости в цеолит ZSM-5 был небольшим по сравнению с большим эффектом от введения воды, которая подавляла реакции вторичного крекинга путем конкурентной адсорбции в микропорах ZSM-5 при гидрокрекинге гексадекана при 225–265 °C [8].

Результаты и обсуждение

Для удовлетворения спроса на производство полипропилена, а также для увеличения производства бензинов АИ-95 и АИ-98 были проведены опытно-промышленные испытания использования добавки на основе ZSM-5.

Начальные условия: Установка каталитического крекинга типа Г-43-107М (FCC UOP). Сырьём установки является гидроочищенный вакуумный дистиллят. Применяемый катализатор обладает начальной активностью в 72 пункта. Выход целевого изобутилена на момент начала ОПИ составлял 9,32 % масс.

При этом, температура крекинга 535 °C и прочие параметры остаются неизменными.

Проведение ОПИ: Для старта проведения опытно-промышленных испытаний был рассчитан объём ежедневной подпитки добавки в каталитическую систему. По рекомендации лицензиара процент содержания

добавки в каталитической системе должен составлять 2 % масс. Исходя из начальных условий объём ежедневной подпитки составил 32 кг в сутки [9].

Для ускоренного достижения результатов были произведены залповые загрузки добавки в каталитическую систему установки. Каждая загрузка по 500 кг. в течении 3 дней.

Значительное увеличение выхода изобутилена было зафиксировано лишь на второй неделе ОПИ, также в это время увеличилось октановое число бензина каталитического крекинга. Предположительно в это время концентрация добавки в системе составляла порядка 1 %.

По мере достижения содержания добавки в системе 2 % наблюдалось увеличение активности равновесного катализатора отбираемого с установки. Это свидетельствует о том, что увеличивается количество реакций нежелательного переноса водорода, что приводит к насыщению непредельных углеводородов, а также к увеличению выхода сухого газа.

Сокращение ежедневной подпитки до 24 кг в сутки привело к стабилизации активности каталитической системы и выхода установки на целевые начения по выходу легких олефинов.

Таким образом использование добавок на основе ZSM-5 требует постоянного контроля со стороны аналитического сектора предприятия. Постоянный мониторинг активности позволяет вовремя сократить или увеличить подачу добавки в систему для поддержания выходов легких олефинов в заданных пределах.

Выводы

Что касается катализаторов и каталитических добавок, используемых при модернизации как традиционного, так и нетрадиционного FCC-сырья, произошел значительный прогресс со времени появления первых аморфных катализаторов крекинга. Введение цеолитов в катализаторы FCC в 1960-х годах резко повысило их активность. В 1990 году ультрастабилизация цеолита Y наряду с операциями с коротким временем контакта обеспечила еще один шаг вперед в производительности. Большим достижением впоследствии стала разработка технологии распределенных матричных структур (DMS). ДМС обеспечил прорыв в технологии FCC-катализаторов, которым ранее препятствовали диффузионные ограничения. Доступ к кристаллам цеолита был значительно расширен.

Катализаторы для применений с высокой конверсией, таких как производство легких олефинов, требуют высокой активности, и поэтому важность устойчивости к металлам имеет первостепенное значение. Один из таких способов придать толерантность к металлам — начать с катализатора FCC с низким содержанием натрия. Катализаторы, полученные методом

синтеза *in situ* (т.е. те, в которых кристаллы цеолита выращиваются непосредственно из питательных веществ, содержащихся в предварительно сформированных микросферах, в отличие от производственного пути, в котором используется распылительная сушка сборного цеолита с другими материалами, включая матрицу, связующее вещество и наполнители), как правило, приводят к самым низким уровням содержания натрия в свежем катализаторе, что подчеркивает влияние выбора конструкции и производства катализатора на фактическую производительность нефтеперерабатывающего завода и рентабельность установки. Более низкое содержание натрия придает катализатору FCC дополнительную способность противостоять отравлению примесью ванадия, который не только ухудшает активность катализатора и препятствует конверсии в установке FCC, но также увеличивает нежелательные реакции дегидрирования, которые приводят к увеличению выхода водорода и кокса.

В этом обзоре показано, что проводится много исследований, посвященных кристаллической инженерии цеолитов и катализаторов FCC с целью улучшения диффузионных свойств, и что это может оказать влияние на тестирование этих материалов в лабораторных масштабах. Коэффициент диффузии является важнейшим аспектом работы катализаторов FCC; а когда дело доходит до цеолита, ключевыми факторами являются размер частиц и доступность кристаллитов. Время пребывания в более крупных кристаллах цеолита больше, тогда как более мелкие кристаллиты имеют сравнительно больше точек входа/выхода в систему поровых каналов цеолитов. Таким образом, более короткие пути диффузии уменьшают вероятность насыщения олефинов посредством реакций переноса гидрида, что в конечном итоге помогает увеличить выходы легких олефинов. Кроме того, катализаторы FCC с более доступными цеолитными доменами более желательны для увеличения выхода легких олефинов, поскольку диффузия цеолита внутрь и наружу намного легче по сравнению с катализаторами, в которых цеолитные домены плохо диспергированы и труднодоступны из-за отсутствия надлежащей интеграции/соединения с макропорами, что обычно возникает из-за производственных проблем, связанных с использованием связующего, смешиванием, распылительной сушкой или выбором сырья [10].

Перед нами стоит потенциал расширения FCC от его традиционной роли «процесса производства транспортного топлива» до роли производства нефтехимического сырья для жизненно важных потребностей в производстве пластмасс и других нефтехимических продуктов. Трансформация амбициозна: мы стремимся использовать технологию, которой уже 75 лет, которая была разработана для очень конкретной цели, а затем

трансформировалась в другую цель, которая выросла и превратила общество в то мобильное и динамичное общество, которым оно и является и мы стремимся дать ему возможность удовлетворить наши постоянно растущие потребности в пластмассах и других нефтехимических продуктах. Однако, как заявлялось во введении, перед исследователями крекинга и цеолитов стоят большие задачи. Благодаря нынешним усилиям в области исследований и разработок катализаторов, добавок, оборудования и технологических процессов каталитической крекинг, безусловно, может совершить переход и совершить прыжок в будущее.

Список использованных источников

1 **Корма, А., Мело, Ф., Совано, Л., Ортега, Ф.** Различные технологические схемы для преобразования прямогонного бензина и легкой нефти установки каталитического крекинга в установке FCC для максимального получения пропилена. Аппл. Катал., А 2004, 265, 195–206.

2 **Ли, З., Лю, С., Ге, Х.** Патент США US4980053, 25 декабря 1990.

3 **Юцзян, Л., Цзюнь, Л., Хуипин, Т., Юнь, С., Лючжоу, Ч.** Технология переработки нефти и нефтехимия Китая 2011, 13, 1–5.

4 **Сикьцин, В., Вэньюань, С., Чаоган, Х., Цзайтинг, Л.** Процесс каталитического пиролиза (СРР) - Всплеск RFCC для производства этилена и пропилена; 5-я международная конференция по переработке нефти, Новый Орлеан, Лос-Анджелес, 10-14 марта, AIChE: Нью-Йорк, 2002.

5 **Мэн, Х., Сюй, Х., Гао, Ж., Ли, Л., Лю, З.** Энергия и топлива 2009, 23, 65–69.

6 **Мелансон, С., Ле, В. М., Клетникс, П., Оайон, Д., Интерн, С., Сабери, М. А., МакКанн, Д.** Описание катализа 2002, 80, 103–109.

7 **Сони, Д. С., Шори, С., Рао, М. Р.** Максимизация пропилена путем каталитического крекинга: процесс каталитического крекинга жидкой фазы (I-FCC); Весенняя национальная встреча AIChE; AIChE: Нью-Йорк, 2008.

8 **Делмон, Б., Фромент, Г. Ф.** Деактивация катализаторов 1980 (Исследования в Поверхностной Науке и Катализе); Издательство Эльзевир: Амстердам, Нидерланды, 1980; Том 6.

9 **Делмон, Б., Фромент, Г. Ф.** Деактивация катализаторов 1987 (Исследования в Поверхностной Науке и Катализе); Издательство Эльзевир: Амстердам, Нидерланды, 1987; Том 34.

10 **Бартоломью, К. Х., Бутт, Дж. Б.** Деактивация катализаторов 1991 (Исследования в Поверхностной Науке и Катализе); Издательство Эльзевир: Амстердам, Нидерланды, 1991; Том 68.

References

- 1 **Corma, A., Melo, F., Sauvanaud, L., Ortega, F. J. Appl. Catal., A** 2004, 265, 195–206.
- 2 **Li, Z., Liu, S., Ge, X. U.S. Patent US4980053, Dec. 25, 1990.**
- 3 **Yujian, L., Jun, L., Huiping, T., Yun, X., Liuzhou, Z. China Pet. Process. Petrochem. Technol.** 2011, 13, 1–5.
- 4 **Xieqing, W., Wenyuan, S., Chaogang, X., Zaiting, L. Catalytic Pyrolysis Process (CPP) - An Upswing of RFCC for Ethylene and Propylene Production; 5th International Conference on Refinery Processing, New Orleans, LA, Mar. 10–14, AIChE: New York, 2002.**
- 5 **Meng, X., Xu, C., Gao, J., Li, L., Liu, Z. Energy Fuels** 2009, 23, 65–69.
- 6 **Melancon, S., Le, V. M., Kletnieks, P., Ohayon, D., Intem, S., Saberi, M. A., McCann, D. Catal. Lett.** 2002, 80, 103–109.
- 7 **Soni, D. S., Shorey, S., Rao, M. R. Maximizing Propylene through Catalytic Cracking: Indmax Fluid Catalytic Cracking (I-FCC) Process; AICHE Spring National Meeting; AICHE: New York, 2008.**
- 8 **Delmon, B., Froment, G. F. Deactivation of Catalysts 1980 (Research in Surface Science and Catalysis); Elsevier Publishing: Amsterdam, Netherlands, 1980; Volume 6.**
- 9 **Delmon, B., Froment, G. F. Deactivation of Catalysts 1987 (Research in Surface Science and Catalysis); Elsevier Publishing: Amsterdam, The Netherlands, 1987; Volume 34.**
- 10 **Bartholomew, K. H., Butt, J. B. Deactivation of Catalysts 1991 (Research in Surface Science and Catalysis); Elsevier Publishing: Amsterdam, The Netherlands, 1991; Volume 68.**

Поступило в редакцию 30.11.23.

Поступило с исправлениями 24.04.24.

Принято в печать 26.08.24.

*Р. Д. Шентенко

ЖШС «ПМХЗ»,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

30.11.23 ж. баспаға түсті.

24.04.24 ж. түзетулерімен түсті.

26.08.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ТЕХНИКАЛЫҚ ЦЕОЛИТТЕР ЖӘНЕ ЖЕҢІЛ ОЛЕФИНДЕРГЕ КАТАЛИТИКАЛЫҚ КРЕКИНГ АРНАЛҒАН ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Бұл мақалада катализатордың сұйытылған қабатын қолдану арқылы каталитикалық крекинг қондырғыларында қанықпаған көмірсутектердің шығуын арттырудың әртүрлі әдістері зерттеледі. Негізгі назар каталитикалық крекинг қондырғыларын мұнай-химия өнеркәсібіне қажетті шикізатты өндіру үшін пайдалану мүмкіндігін кеңейтуге бағытталған әртүрлі компаниялар әзірлеген технологияларға аударылады. Мақалада каталитикалық крекинг қондырғыларында бүкіл әлемде қолданылатын ZSM-5 негізіндегі әртүрлі цеолиттік қоспалар сипатталады, олар олефиндердің шығуын едәуір арттырады. «Нәтижелер және талқылау» бөлімінде осы технологиялардың практикалық пайдасын көрсететін G-43-107M сұйытылған қабат катализаторы бар қондырғыда осындай қоспаларды өнеркәсіптік қолдану мысалы келтірілген.

Қорытындыда дәстүрлі каталитикалық крекинг қондырғыларын мұнай-химия өнеркәсібі үшін шикізат ретінде қолданылатын жеңіл қанықпаған көмірсутектерді өндіруге қайта бағдарлау перспективалары қарастырылады. Бұл бар технологияларды бейімдеуді және жаңа катализаторлар мен қоспаларды енгізуді қамтуы мүмкін. Осылайша, мақалада каталитикалық крекинг процестерінің тиімділігін арттыруға және мақсатты өнімдердің шығуын арттыруға бағытталған ағымдағы технологиялар мен стратегиялардың жан-жақты талдауы берілген, бұл болашақта мұнай-химия өнеркәсібінің дамуына елеулі әсер етуі мүмкін.

Кілтті сөздер: Жеңіл олефиндер (қанықпаған көмірсутектер), Каталитикалық крекинг, Катализатор, Пропен, Бутен, Цеолиттер.

**R. D. Sheptenko*

POCR LLP,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 30.11.23.

Received in revised form 24.04.24.

Accepted for publication 26.08.24.

TECHNICAL ZEOLITES AND TECHNOLOGIES FOR CATALYTIC CRACKING TO LIGHT OLEFINS

This article explores various methods for increasing the yield of unsaturated hydrocarbons in fluidized bed catalytic cracking units. Special attention is given to technologies developed by different companies aimed at expanding the use of catalytic cracking units to produce feedstock demanded by the petrochemical industry. The article describes various zeolite additives based on ZSM-5, used in catalytic cracking units worldwide, which significantly increase olefin yield. The «Results and Discussion» section presents an example of the industrial application of such additives in a G-43-107M fluidized bed catalytic cracking unit, illustrating the practical benefits of these technologies.

In conclusion, the article discusses the prospects of repurposing traditional catalytic cracking units to produce light unsaturated hydrocarbons used as feedstock for the petrochemical industry. This may involve adapting existing technologies and introducing new catalysts and additives. Thus, the article provides a comprehensive analysis of current technologies and strategies aimed at enhancing the efficiency of catalytic cracking processes and increasing the yield of target products, which could significantly impact the future development of the petrochemical industry.

Keywords: Light olefins (unsaturated hydrocarbons), Catalytic cracking, Catalyst, Propene, Butene, Zeolites.

Теруге 04.03.2024 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

2,56 МБ RAM

Шартты баспа табағы 7,94.

Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген А. К. Темиргалинова

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4292

Сдано в набор 04.03.2024 г. Подписано в печать 29.03.2024 г.

Электронное издание

2,56 МБ RAM

Усл. п. л. 7,94. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка А. К. Темиргалинова

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4292

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

Павлодар мемлекеттік университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-cb.tou.edu.kz