

УДК 665.658.2

**НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ УСТАНОВОК
ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

**DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF DIESEL FUEL
HYDROTREATING PLANTS**

Жилина В. А., Самойлов Н. А.

V. A. Zhilina, N. A. Samoilov

Уфимский государственный нефтяной технический университет,

г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum Technological University,

Ufa, Russian Federation

e-mail: zhilinavaleriya.93@gmail.com

Аннотация. Ускоренный темп современной жизни способствует расширению автомобильного парка, в т.ч. автомобилей с дизельным двигателем. Вследствие складывающейся ситуации потребление дизельного топлива в Европе растет год от года. Избежать проблемы дефицита дизельного топлива позволит экспорт топлива из России, что, в свою очередь, вынуждает отечественных производителей выпускать продукты, отвечающие европейскому качеству.

В связи с этим все большее значение приобретают вторичные процессы, способствующие углублению переработки нефти и приведению товарной продукции к действующим стандартам. На сегодняшний день самым крупнотоннажным среди вторичных процессов остается гидроочистка – процесс удаления из нефтепродуктов гетероатомов в результате гидрирования водородсодержащим газом. Но выпускаемые в РФ моторные топлива сильно отстают от мировых стандартов качества, основными причинами

чего являются: отсталая структура производства, высокая степень износа основных фондов и высокий уровень энергопотребления.

В статье рассмотрены различные способы модернизации действующих установок гидроочистки дизельного топлива, главной целью которых является увеличение глубины гидрообессеривания очищаемого сырья без снижения производительности установки. Несмотря на разное аппаратное оформление представленных способов, все они направлены на увеличение времени контакта газосырьевой смеси с катализатором преимущественно за счет увеличения объема катализатора и ограничены при этом необходимостью соответствующей модернизации используемого компрессорного оборудования.

Альтернативным способом изменения необходимого времени пребывания очищаемого сырья в реакторе является повышение скорости реакций гидрообессеривания за счет снижения их энергии активации посредством использования высокоактивных катализаторов. Кроме того, целесообразно широкое использование катализаторов защитного слоя с целью избежания образования корки на границе с распределяющим поток материалом.

В связи с этим, а также с учетом политики импортозамещения на российских нефтеперерабатывающих предприятиях, в ближайшие годы будет возрастать актуальность разработок новых отечественных каталитических систем, способов их получения и активации.

Abstract. Accelerated pace of modern life contributes to the expansion of the car park attendant, incl. cars with diesel engine. As a result of this situation, in Europe diesel fuel consumption grows from year to year. Avoiding the problem of diesel fuel deficit will allow the fuel export from Russia, which, in turn, forces domestic manufacturers to produce products with European quality.

In this connection, the secondary processes that contribute to the deepening of oil refining and the bringing of commodity products to the current standards become more important. To date, the largest of the secondary processes remains hydrotreating - a process of removing from the oil products of heteroatoms as a

result of hydrogenation with hydrogen-containing gas. However, motor fuels produced in Russia are lagging behind world standards of quality, the main reasons for it are: a backward production structure, a high degree of depreciation of fixed assets and a high level of energy consumption.

In the article various ways of modernization of operating plants of hydrotreating of diesel fuel which main purpose is an increase in depth of hydrodesulfurization of cleared raw materials without reducing the performance of the plant. Despite the different apparatus design of the presented methods, they are all directed to increase the contact time of the gas-raw mixture with the catalyst by the increase in the volume of the catalyst, and are limited by the need for appropriate modernization of the compressor equipment.

An alternative way to change the required residence time of the raw material being purified in the reactor is to increase the rate of hydrodesulfurization reactions by reducing their activation energy through the use of highly active catalysts. In addition, it is advisable to widely use the catalysts of the protective layer in order to avoid the formation of a crust on the border with the flow distributing material.

In this connection, and also taking into account the policy of import substitution at the Russian oil refineries, in the coming years, the urgency of the development of new domestic catalytic systems, methods for their production and activation will increase.

Ключевые слова: гидроочистка, малосернистое дизельное топливо, модернизация действующих установок, схема процесса, увеличение глубины обессеривания, капитальные и эксплуатационные затраты, высокоактивный катализатор, получение катализаторов, активация катализаторов

Key words: hydrotreating, ultra-low sulfur diesel, upgrade of existing plants, process scheme, increase in depth of desulfurization, capital and operating costs, high activity catalyst, catalyst production, activation of catalysts

За короткий период с 1992 по 2015 гг. радикально были повышены экологические требования к качественным характеристикам моторных топлив со стандарта Евро-1 до Евро-6, в частности, содержание серы последовательно снижалось с 3000 до 10 ppm, что задало особый характер развития мировой нефтепереработки. В Европе и США необходимость соблюдения установленных требований привела к вложению значительного объема капитала в строительство новых и реконструкцию действующих установок вторичных процессов, предназначенных для улучшения и приведения к стандартным параметрам товарной продукции нефтеперерабатывающих заводов.

Моторные топлива, поставляемые РФ на экспорт, сильно отстают от мировых стандартов качества (стандарт Евро-5 введен с 01.01.2016 г.), поэтому направляются в качестве дешевого сырья для более глубокой переработки и доведения до уровня действующих норм на заводы Центральной и Восточной Европы, что приводит к существенным потерям выручки отечественных производителей. Основными причинами такого состояния отрасли являются: отсталая структура производства, высокая степень износа основных фондов и высокий уровень энергопотребления. [4, 8].

Для повышения качества дизельного топлива его подвергают процессу гидроочистки, в ходе которого осуществляется удаление серо-, азот-, кислород – и металлсодержащих соединений, а также насыщение непредельных и диеновых углеводородов, ухудшающих эксплуатационные характеристики топлив, при этом повышается стабильность, снижается коррозионная агрессивность топлив, увеличивается цетановое число, уменьшается образование осадка при хранении, улучшаются цвет и запах топлива [3].

Принципиальная схема отечественных установок гидроочистки (рисунок 1а) включает нагрев смеси очищаемого сырья и водородсодержащего газа (ВСГ) и ее контакт с неподвижным слоем алюмокобальтмолибденового или алюмоникельмолибденового катализатора в реакторе. Реакционный процесс осуществляют при температуре 280-400 °С и давлении 4-6 МПа в

избытке ВСГ 300-700 nm^3/m^3 с объемной скоростью подачи сырья 1,5-6,0 ч^{-1} . Далее реакционная смесь охлаждается, конденсируется и разделяется на жидкие и газообразные продукты реакции и смесь ВСГ с сероводородом в системе сепараторов и ректификационной колонне стабилизации [12].

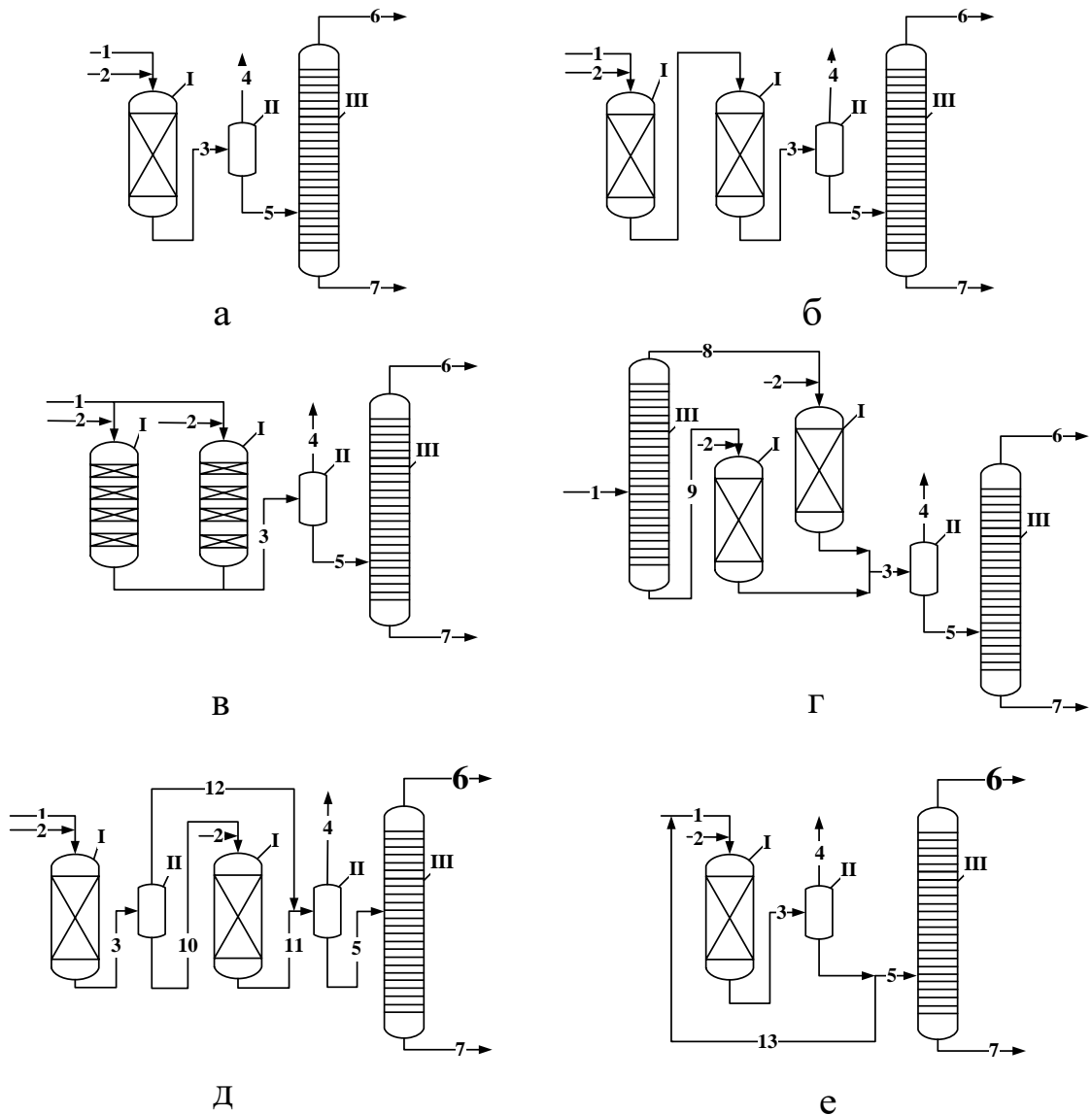


Рисунок 1. Варианты реализации схемы процесса гидроочистки дизельного топлива: I – реактор, II – сепаратор, III ректификационная колонна;
 1 – сырье, 2 – ВСГ, 3 – продукты реакции, 4 – ВСГ в смеси с сероводородом, 5 – нестабильный гидрогенизат, 6 – углеводородные газы, 7 – очищенный дистиллят, 8 – фракция 180-300 °С дизельного топлива, 9 – фракция 300-360 °С дизельного топлива, 10 – жидкая фаза гидрогенизата первой ступени, 11 – гидрогенизат второй ступени, 12 – паровая фаза гидрогенизата первой ступени, 13 – циркуляционный нестабильный гидрогенизат

Степень активности соединений серы в реакциях гидрогенолиза различна и убывает в ряду: меркаптаны > сульфиды > тиофены > бензотиофены > дибензотиофены. При этом наиболее трудногидрируемые соединения тиофенового ряда сконцентрированы преимущественно в тяжелых фракциях, выкипающих выше 330 °С. При увеличении температуры проведения процесса возрастает степень гидрирования сернистых и непредельных соединений, увеличивается дегидрогенизация нафтенов, однако при значениях выше 420 °С эффективность целевых реакций заметно снижается по причине перехода процесса в диффузионную зону, зато повышается скорость реакций крекинга, провоцирующих образование кокса, а сам катализатор начинает спекаться с разрушением пористой структуры.

Основным недостатком действующих установок гидроочистки является необходимость снижения производительности установки для повышения глубины обессеривания (рисунок 2), например, для увеличения глубины обессеривания ΔS с 0,050 до 1,799% мас. необходимо уменьшить расход сырья в 500 раз.

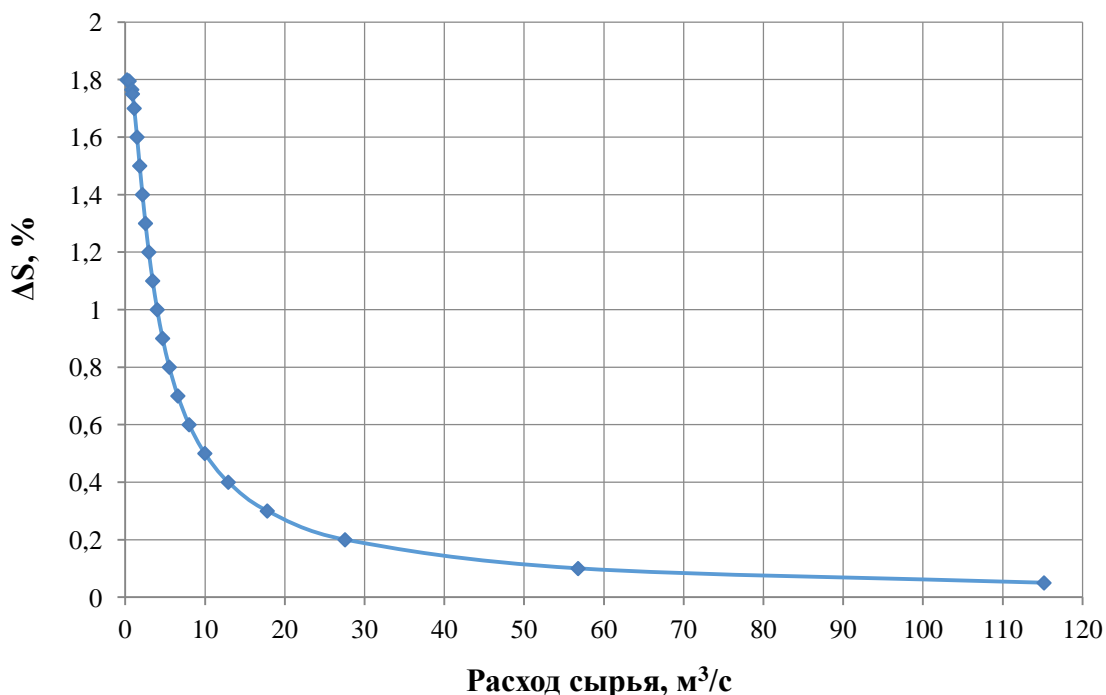


Рисунок 2. Зависимость глубины обессеривания от расхода сырья

Добиться совершенствования процесса гидроочистки можно за счет проведения модернизации технологических установок, преследующей цель обеспечения более высокой производительности аппаратов и качества очистки при относительно невысоких капитальных затратах.

Последовательное добавление в схему процесса второго реактора (рисунок 1 б), где при прочих равных условиях технологического режима температура на 10-30 °С выше, чем в первом [15], позволяет увеличить степень гидроочистки дизельного топлива без снижения производительности за счет увеличения объема катализатора и, следовательно, времени контакта газосырьевой смеси с катализатором.

На интенсификации процесса гидроочистки положительно сказывается использование оптимальных каталитических систем для селективного ведения гидрогенолиза сернистых соединений и изомеризационной депарафинизации, что позволяет учитывать возможность перехода установок с дистиллятного сырья на продукты вторичных процессов каталитического крекинга и замедленного коксования. Для этого на технологическом потоке устанавливают два параллельно работающих реактора с одинаковой загрузкой катализатора (рисунок 1в): каждый реактор имеет четыре слоя катализатора, которые разделены межслойными зонами охлаждения. При этом два слоя реактора загружаются высокоактивным катализатором для гидроочистки, а остальные два содержат специальный катализатор депарафинизации. Наличие межслойных зон охлаждения снижает риск появления и интенсивность побочных реакций крекинга, а также увеличивает межрегенерационный пробег катализатора [25].

Поскольку трудногидрируемые сернистые соединения тиофенового ряда сконцентрированы в высококипящих фракциях очищаемого сырья, целесообразно предварительное разделение поступающего на установку сырья на две фракции: 180-300 °С и 300-360 °С и последующее их индивидуальное обессеривание в двух параллельно работающих реакторах (рисунок 1 г) [10]. При таком ведении технологического процесса суммарная сте-

пень превращения сернистых соединений в составных частях дизельного топлива превышает степень превращения при последовательной переработке всего объема исходного дизельного топлива.

Высокие капитальные и эксплуатационные затраты установки, реализуемой по схеме на рисунке 1 г, можно снизить путем двухступенчатой каталитической гидроочистки (рисунок 1 д). На первой ступени гидроочистке подвергают всю дизельную фракцию 180-360 °С, затем во время горячей сепарации гидрогенизата первой ступени получают паровую и жидкую фазы, последнюю подвергают гидроочистке на второй ступени с получением гидрогенизата второй ступени и его объединением с паровой фазой гидрогенизата первой ступени [19]. Мягкий режим в реакторе первой ступени позволяет сократить эксплуатационные и энергетические затраты на осуществление процесса, увеличить срок службы катализатора и длительность межрегенерационного периода. В то же время при жестком режиме в реакторе второй ступени перерабатывается лишь небольшая часть сырья, что сокращает долю нежелательных вторичных процессов.

Также возможно разделение жидкой фазы сепаратора на две части: первую часть насосом возвращают на смешение с исходным дизельным топливом, а оставшуюся часть нагревают и подают в ректификационную колонну (рисунок 1 е) [18]. Именно рециркуляция части гидроочищенной жидкой фазы сепаратора в сырье позволяет дополнительно подвергнуть гидроочистке трудногидрируемые серосодержащие соединения и за счет этого повысить глубину гидрообессеривания.

Наиболее простым и быстрым способом реконструкции действующих установок гидроочистки с целью получения дизельного топлива, соответствующего современным стандартам, является замена используемых каталитических систем [7, 14]. При этом, исходя из гиперболического вида кривой зависимости глубины обессеривания от времени реакции (рисунок 3), модернизацию необходимо проводить таким образом, чтобы при сохранении режимных параметров установки возросло время контакта газо-

сырьевой смеси с катализатором. Это условие выполнимо при увеличении объема катализатора, позволяющем увеличить время пребывания газосырьевой смеси в слое катализатора, сохраняя производительность установки. Данный подход требует замены существующих реакторов на реакторы большего размера либо установки дополнительного (параллельно или последовательно к существующему) реактора (рисунки 1 б-1 г), но ограничен необходимостью соответствующей модернизации используемого компрессорного оборудования.

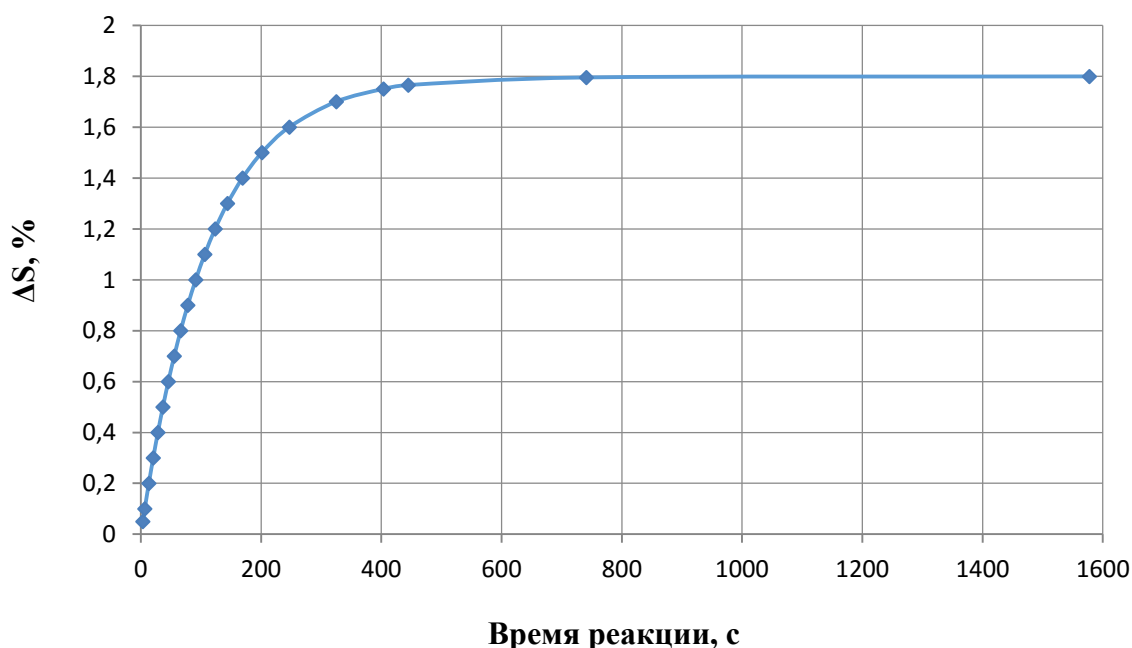


Рисунок 3. Зависимость глубины обессеривания от времени реакции

Другим способом изменения необходимого времени пребывания очищаемого сырья в реакторе является повышение скорости реакций гидрообессеривания за счет снижения их энергии активации посредством использования высокоактивных катализаторов.

Используемые в промышленных гидрогенизационных процессах катализаторы являются сложными композициями, и в их состав входят, как правило, следующие компоненты: металлы VIII группы (никель, кобальт, платина, палладий), оксиды или сульфиды VI группы (молибден, вольфрам, иногда хром), а также носители и модификаторы. Никель, кобальт,

платина или палладий придают катализаторам дегидро-гидрирующие свойства, но их селективность и устойчивость к ядам в большинстве случаев недостаточны для промышленных целей, поэтому они не могут быть использованы в отдельности в гидрогенизационных процессах [11].

Молибден, вольфрам и их оксиды являются n-полупроводниками, как Ni, Co, Pt и Pd, но значительно уступают этим металлам по дегидрогидрирующей активности. Сульфиды же молибдена и вольфрама являются p-полупроводниками, что обуславливает протекание гетеролитических (ионных) реакций, в частности, расщепление C-S, C-N и C-O связей в гетероорганических соединениях, а также реакций уплотнения. Сочетание никеля (кобальта) с молибденом (вольфрамом) придаёт их смесям и сплавам бифункциональные свойства: способность осуществлять одновременно гомолитические и гетеролитические реакции, а самое главное – стойкость по отношению к отравляющему действию сернистых и азотистых соединений, содержащихся в нефтяном сырье [16].

Применение носителей позволяет снизить содержание активных дорогостоящих металлических компонентов катализаторов. Носители нейтральной природы (оксиды алюминия, кремния, магния и др.) не формируют каких-либо дополнительных каталитических свойств, а носители, обладающие кислотными свойствами (синтетические аморфные и кристаллические алюмосиликаты и цеолиты, магниевые и цирконий силикаты, фосфаты) придают катализатору дополнительно изомеризирующие и расщепляющие (крекирующие) свойства. В мультиплетной теории катализа Баландина побочные реакции процесса гидроочистки известны как «структурно чувствительные», в то время как желательные реакции являются «структурно нечувствительными». Таким образом, в связи с возможностью протекания побочных и целевых реакций на разных участках катализатора возможно повышение селективности катализатора за счет частичной трансформацией именно тех участков поверхности, которые содержат дефектные центры [2].

Современные промышленные катализаторы гидроочистки наряду с активными и структурообразующими компонентами содержат различные неорганические модификаторы: фосфор, бор, марганец, цинк, калий, мышьяк, сурьма, титан, редкоземельные металлы, галоиды, и др. (таблица 1).

Таблица 1. Модификаторы катализаторов гидроочистки [16]

Наименование	Количество	Эффект	Превышение количества
Кремний	1-5%	- повышение механической прочности - возрастание термостабильности - увеличение удельной поверхности и объема пор	- снижение гидродесульфирующего действия
Фосфор	до 1%	- повышение механической прочности - увеличение активности реакций гидродеазотирования	- дезактивация катализатора - увеличение степени деметаллизации
Титан и цирконий	пропитка	- катализ реакции переноса водорода (процесс автогидроочистки) - повышение стабильности работы катализатора - увеличение селективности гидроочистки - улучшение регенерационных свойств - уменьшение скорости отложения кокса - увеличение степени очистки нефтяного сырья от серы и азота - повышенная селективность и стабильность	- частичная дезактивация катализатора
Магний	1-8%	- увеличение объема пор - увеличение гидродесульфирующей активности - повышение стабильности катализатора	
Калий	0,3-1,3	- увеличение гидросульфирующей активности - снижение степени закоксовывания поверхности катализатора	

Наименование	Количество	Эффект	Превышение количества
Литий	0,1-1,5	- повышение стабильности катализаторов	- снижение начальной активности
Цеолиты	1-5%	- увеличение гидродесульфирующей и гидродеазотирующей активности - повышение степени возрастания глубины гидроочистки с ростом температуры - увеличение межрегенерационного периода - регулирование пористой структуры гранул - интенсификация образования никельмолибдатов и алюмоникельмолибдатов	- увеличение расщепляющей активности - снижение активности катализатора
Фтор	пропитка	- повышение активности в реакциях гидродеазотирования	

В то же время контакт реакционной массы с высокой концентрацией реагирующих веществ и верхнего слоя основного высокоактивного катализатора способствует образованию корки на границе с распределяющим поток материалом (фарфоровые шары и т.д.). Образование такой корки является одной из причин появления большого, 0,126-0,128 МПа, перепада давления в реакторах гидроочистки, свидетельствующего о необходимости регенерации всего катализатора и внеплановой остановки реактора. С целью совершенствования процесса гидроочистки на действующих установках предлагается замена верхнего слоя фарфоровых шаров на катализатор защитного слоя (НКЮ-500, форконтакты ФОР-1, ФОР-2, ТНК-2103, N 108) [5, 6, 23, 24].

В данный момент стратегия развития российских нефтеперерабатывающих предприятий направлена на политику импортозамещения, в частности, на замену дорогостоящих импортных катализаторов продукцией отечественных предприятий [13]. В связи с этим в ближайшие годы будет возрастать актуальность разработок новых каталитических систем, способов их получения и активации.

На современном этапе развития отечественных технологий в области каталитических систем предложены:

- высокоэффективные массивные сульфидные катализаторы с высоким содержанием активной фазы (60-100 %), основанные на синтезе наноструктур методом смешения [1];
- каталитические системы, приготовленные твердофазным способом на основе электровзрывных и газофазных нанопорошков никеля, кобальта, молибдена, вольфрама и наноразмерного псевдобемита [9];
- способы получения и системы катализаторов для глубокой гидроочистки с повышенной активностью и селективностью к реакциям гидродесульфуризации, гидродеазотирования, гидрирования олефинов и ароматических соединений [20, 21];
- способ активации катализаторов гидроочистки в присутствии небольшого количества одного сложного эфира ортофталевой кислоты [22];
- способ активации катализаторов гидроочистки дизельного топлива, включающий контактирование катализатора с раствором железобензил силлоксана в органическом растворителе в условиях кавитационной гидродинамической обработки в барботажно-кавитационном слое инертного газа, для образования достаточного количества активных центров перед формированием катализатора [17].

Выводы

Таким образом, дальнейшее совершенствование процесса гидроочистки с одновременным увеличением производительности действующих установок и качества товарного дизельного топлива невозможно без разработки новых высокоактивных катализаторов с развитой удельной поверхностью, оптимальным составом промоторов, повышенной механической и термостойкостью.

Список используемых источников

1 Акимов А. С. Гидродесульфирование сернистых соединений дизельной фракции и модельных соединений в присутствии массивных сульфидных катализаторов: дис. канд. хим. наук. Томск, 2015. 117 с.

2 Албердина М.А., Стыценко В. Д. Модифицированные биметаллические катализаторы реакций гидрогенолиза // ВЕСТНИК АГТУ. 2004. № 4 (23). С. 82-87.

3 Аспель Н. Б., Демкина Г. Г. Гидроочистка моторных топлив. М.: Химия, 1977. 160 с.

4 Бородачев А. В., Левинбук М. И. Тенденции развития нефтеперерабатывающей промышленности и экономические особенности нефтепереработки в России // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). 2008. Т. LII, № 6. С. 37-43.

5 Вершинин Д. А., Леднев С. М. Гидроочистка дизельного топлива на установке П-24-1400/1 // Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 2. С. 62.

6 Определение причин повышения содержания серы в продукте гидроочистки сырья риформинга/Н. В.Гаврилов, О. В.Дуров, Ю. Б. Сорокин, А. М. Сыркин// Башкирский химический журнал. 2008. Т. 15. № 2. С. 110-113.

7 Иванова Л. С., Илалдинов И. З. Проектирование установки гидроочистки дизельного топлива // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 7. С. 229-230.

8 Исследование состояния и перспектив направлений переработки нефти и газа, нефте- и газохимии в РФ. М.: Экон-информ, 2011. 806 с.

9 Канашевич Д. А., Федущак Т. А., Петренко Т. В. Гидрообессеривание дизельной фракции в присутствии катализаторов, полученных с помощью механохимической активации // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317, № 3. С. 58-61.

10 Разработка новой технологии процесса гидрообессеривания дизельных топлив / С. А. Логинов, Б. Л. Лебедев, В. М. Капустин и др. // Нефтепереработка и нефтехимия. 2001. № 11. С. 67-74.

11 Магеррамов А. М., Ахмедова Р. А., Ахмедова Н. Ф. Нефтехимия и нефтепереработка: учеб. для высш. учеб. заведений. Баку: Изд-во «Бакы Университети», 2009. 660 с.

12 Мановян А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа: учеб. пособие для вузов. 2-е изд. М.: Химия, 2001. 568 с.

13 Нагиев Р. С., Чернов Е. Б. Разработка современных отечественных носителей для катализаторов гидроочистки на основе $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ // Башкирский химический журнал. 2015. Т. 22, № 2. С. 38-40.

14 Руденко А. В. Повышение эффективности процесса гидроочистки дизельного топлива // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. №5-1. С.25-27.

15 Рудин М.Г., Сомов В.Е., Фомин А.С. Карманный справочник нефтепереработчика. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. 336 с. С. 157-161.

16 Солодова Н. Л., Терентьева Н. А. Гидроочистка топлив: учеб. пособие. Казань: Изд-во Каз.гос.технол.ун-та, 2008. 104 с.

17 Способ активации катализаторов гидроочистки дизельного топлива /С.И. Колесников, М. Ю. Кильянов, Б. В. Винокуров, Е. В. Иванов, В. А. Винокуров, И. М. Колесников, П. А. Гущин, О. М. Чеховская, А. В. Яблонский: пат. 2500475, Рос. Федерация МПК-2006.01 В01J 37/34, В01J 23/881, В01J 23/882, В01J 38/50, С10G 45/08. № 2012145793/04, заявл. 29.10.2012; опубл. 10.12.2013. Бюл. №34.

18 Способ гидроочистки дизельного топлива /Г. В. Тараканов, А. Ф. Нурахмедова, Н. В. Попадин, А. Г. Тараканов: пат. 2323958. Рос. Федерация МПК-2006.01 С10G 65/00. № 2007106988/04; заявл. 26.02.2007; опубл. 10.05.2008. Бюл. №13.

19 Способ получения сверхмалосернистого дизельного топлива / Г. В. Тараканов, Л. Ф. Лыкова, А. Г. Тараканов, А. Ф. Нурахмедова: пат. 2303624. Рос. Федерация МПК-2006.01 C10G 65/04. № 2006115205/04, заявл. 02.05.2006; опубл. 27.07.2007. Бюл. №21.

20 Способ приготовления катализаторов для глубокой гидроочистки нефтяных фракций /А. А. Пимерзин, Н. Н. Томина, П. А. Никульшин, Ю. В. Еремина, Ю. Н. Климочкин: пат. 2385764, Рос. Федерация МПК-2006.01 B01J 23/882, B01J 37/02. № 2008127214/04, заявл. 07.07.2008; опубл. 10.04.2010. Бюл. №10.

21 Способ приготовления катализаторов для глубокой гидроочистки нефтяных фракций /Н. Н. Томина, Н. М. Максимов, В. С. Цветков, А. А. Пимерзин, Т. Н. Сафронова: пат. 2555764, Рос. Федерация МПК-2006.01 B01J 37/02, B01J 37/08, B01J 21/04, B01J 23/88, C10G 45/08. № 2013143688/04, заявл. 27.09.2013; опубл. 10.07.2015. Бюл. №19.

22 Способ сульфурирования катализаторов гидроочистки /К. Брюн, Т. Шолле, Ж. Фреми: пат. 2237518, Рос. Федерация МПК-2000.01 B01J 37/20, C10G 45/02. № 2000109486/04, заявл. 19.04.2000; опубл. 10.10.2004. Бюл. №28.

23 Тишкин А. А., Зотов Ю. Л. Совершенствование процесса гидроочистки дизельных фракций // Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 2. С. 63.

24 Фомиченко И. В., Ускач Я. Л. Совершенствование процесса гидроочистки дизельного топлива // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2010. №8. С. 145-146.

25 Цветкова М. Н., Сухомлина Е. А. Установка гидроочистки дизтоплива // Новые химические технологии: аналитический портал химической промышленности: интернет-портал. URL: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=8561 (дата обращения 22.01.2017).

References

- 1 Akimov A. S. Hidrodesul'firovanie sernistykh soedinenij dizel'noj frak-cii i model'nyh soedinenij v prisutstvii massivnyh sul'fidnyh katalizatorov: dis. kand. him. nauk. Tomsk, 2015. 117 s. [in Russian].
- 2 Alberdina M.A., Stycenko V. D. Modificirovannye bimetallicheskie katalizatory reakcij gidrogenoliza // VESTNIK AGTU. 2004. № 4 (23). S. 82-87. [in Russian].
- 3 Aspel' N. B., Demkina G. G. Hidroochistka motornyh topliv. M.: Himija, 1977. 160 s. [in Russian].
- 4 Borodachev A. V., Levinbuk M. I. Tendencii razvitija neftepererabatyvajushhej promyshlennosti i jekonomicheskie osobennosti neftepererabotki v Rossii // Rossijskij himicheskij zhurnal (Zhurnal Rossijskogo himicheskogo obshhestva im. D.I. Mendeleeva). 2008. T. LII, № 6. S. 37-43. [in Russian].
- 5 Vershinin D. A., Lednev S. M. Hidroochistka dizel'nogo topliva na ustanovke P-24-1400/1 // Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija. 2010. № 2. S. 62. [in Russian].
- 6 Opredelenie prichin povyshenija sodержanija sery v produkte gidroochistki syr'ja riforminga/N. V.Gavrilov, O. V.Durov, Ju. B. Sorokin, A. M. Syrkin// Bashkir-skij himicheskij zhurnal. 2008. T. 15. № 2. S. 110-113. [in Russian].
- 7 Ivanova L. S., Ilaldinov I. Z. Proektirovanie ustanovki gidroochistki dizel'nogo topliva // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2013. T. 16, № 7. S. 229-230. [in Russian].
- 8 Issledovanie sostojanija i perspektiv napravlenij pererabotki nefti i gaza, nefte- i gazohimii v RF. M.: Jekon-inform, 2011. 806 s. [in Russian].
- 9 Kanashevich D. A., Fedushhak T. A., Petrenko T. V. Hidroobesserivanie dizel'noj frakcii v prisutstvii katalizatorov, poluchennyh s pomoshh'ju mehanohimicheskoy aktivacii // Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. 2010. T. 317, № 3. S. 58-61. [in Russian].

10 Razrabotka novoj tehnologii processa gidroobesserivaniija dizel'nyh topliv / S. A.Loginov, B. L.Lebedev, V. M. Kapustin i dr.// Neftepererabotka i neftehimija. 2001. № 11. S. 67-74. [in Russian].

11 Magerramov A. M., Ahmedova R. A., Ahmedova N. F. Neftehimija i neftepere-rabotka: ucheb. dlja vyssh. ucheb. zavedenij. Baku: Izd-vo «BakyUniversiteti», 2009. 660 s. [in Russian].

12 Manovjan A. K. Tehnologija pervichnoj pererabotki nefti i prirodnogo gaza: ucheb.posobie dlja vuzov. 2-e izd. M.: Himija, 2001. 568 s. [in Russian].

13 Nagiev R. S., Chernov E. B. Razrabotka sovremennyh otechestvennyh nositelej dlja katalizatorov gidroochistki na osnove γ -Al₂O₃ // Bashkirskij himicheskij zhurnal. 2015. T. 22, № 2. S. 38-40. [in Russian].

14 Rudenko A. V. Povyshenie jeffektivnosti processa gidroochistki dizel'nogo topliva // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2014. №5-1. S.25-27. [in Russian].

15 Rudin M.G., Somov V.E., Fomin A.S. Karmannyj spravocnik neftepererabot-chika. M.: CNIITJeneftehim, 2004. 336 s. S. 157-161. [in Russian].

16 Solodova N. L., Terent'eva N. A. Gidroochistka topliv: ucheb. posobie. Kazan': Izd-vo Kaz.gos.tehnol.un-ta, 2008. 104 s. [in Russian].

17 Sposob aktivacii katalizatorov gidroochistki dizel'nogo topliva / S.I. Kolesnikov, M. Ju. Kil'janov, B. V. Vinokurov, E. V. Ivanov, V. A. Vinokurov, I. M. Ko-lesnikov, P. A. Gushhin, O. M. Chehovskaja, A. V. Jablonskij: pat. 2500475, Ros. Federa-cija MPK-2006.01 B01J 37/34, B01J 23/881, B01J 23/882, B01J 38/50, C10G 45/08. № 2012145793/04, zajavl. 29.10.2012; opubl. 10.12.2013.Bjul. №34. [in Russian].

18 Sposob gidroochistki dizel'nogo topliva /G. V. Tarakanov, A. F. Nurahmedova, N. V. Popadin, A. G. Tarakanov: pat. 2323958. Ros. Federacija MPK-2006.01 C10G 65/00. № 2007106988/04;zajavl. 26.02.2007; opubl. 10.05.2008.Bjul. №13. [in Russian].

19 Sposob poluchenija sverhmalosernistogo dizel'nogo topliva / G. V. Tarakanov, L. F. Lykova, A. G. Tarakanov, A. F. Nurahmedova: pat. 2303624. Ros. Federacija MPK-2006.01 C10G 65/04. № 2006115205/04, zajavl. 02.05.2006; opubl. 27.07.2007. Bjul. №21. [in Russian].

20 Sposob prigotovlenija katalizatorov dlja glubokoj gidroochistki neftjanyh frakcij /A. A. Pimerzin, N. N. Tomina, P. A. Nikul'shin, Ju. V. Eremina, Ju. N. Kli-mochkin: pat. 2385764, Ros. Federacija MPK-2006.01 B01J 23/882, B01J 37/02. № 2008127214/04, zajavl. 07.07.2008; opubl. 10.04.2010. Bjul. №10. [in Russian].

21 Sposob prigotovlenija katalizatorov dlja glubokoj gidroochistki neftjanyh frakcij /N. N. Tomina, N. M. Maksimov, V. S. Cvetkov, A. A. Pimerzin, T. N. Safro-nova: pat. 2555764, Ros. Federacija MPK-2006.01 B01J 37/02, B01J 37/08, B01J 21/04, B01J 23/88, C10G 45/08. № 2013143688/04, zajavl. 27.09.2013; opubl. 10.07.2015. Bjul. №19. [in Russian].

22 Sposob sul'furirovanija katalizatorov gidroochistki /K. Brjun, T. Sholle, Zh. Fremi: pat. 2237518, Ros. Federacija MPK-2000.01 B01J 37/20, C10G 45/02. № 2000109486/04, zajavl. 19.04.2000; opubl. 10.10.2004. Bjul. №28.

23 Tishkin A. A., Zotov Ju. L. Sovershenstvovanie processa gidroochistki di-zel'nyh frakcij // Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija. 2010. № 2. S. 63. [in Russian].

24 Fomichenko I. V., Uskach Ja. L. Sovershenstvovanie processa gidroochistki di-zel'nogo topliva // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2010. №8. S. 145-146. [in Russian].

25 Cvetkova M. N., Suhomlina E. A. Ustanovka gidroochistki diztopliva // Novye himicheskie tehnologii: analiticheskij portal himicheskoj promyshlennosti: internet-portal. URL: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=8561 (data obrashhenija 22.01.2017). [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Жилина В. А., аспирант кафедры «Нефтехимия и химическая технология», ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация.

V. A. Zhilina, Post Graduate Student of Chair «Oil chemistry and chemical technology», FSBEI HE USPTU, Ufa, the Russian Federation.

e-mail: zhilinavaleriya.93@gmail.com

Самойлов Н. А., д-р техн. наук, профессор кафедры «Нефтехимия и химическая технология», ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация.

N. A. Samoilov, Doctor of Engineering of Sciences, Professor of Chair «Oil chemistry and chemical technology», FSBEI HE USPTU, Ufa, Russian Federation.