А. Ф. Ахметов (д.т.н., проф., зав. каф.) ¹, А. В. Ахметов (к.т.н., вед. экон.) ²,
Ш. Г. Загидуллин (магистрант) ¹, Н. С. Шайжанов (аспирант) ¹

ГИДРОПЕРЕРАБОТКА ТЯЖЕЛОЙ ФРАКЦИИ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ C₁₀₊ НА КАТАЛИЗАТОРЕ НИКЕЛЬ НА КИЗЕЛЬГУРЕ

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет,

кафедра технологии нефти и газа

450062, Уфа, ул. Космонавтов 1, тел. (347) 2428931, e-mail: tng@rusoil.ru, zagidullin-shamil@mail.ru

² ПАО АНК Башнефть, отдел оптимизации производства департамента оптимизационного планирования
450077, Уфа, ул. Карла Маркса, 30, тел. (347) 2616161, e-mail: fogin@mail.ru

A. F. Akhmetov ¹, A. V. Akhmetov ², Sh. G. Zagidullin ¹, N. S. Shayzhanov ¹

HYDROFINERY PROCESSING HEAVY FRACTION OF AROMATIC HYDROCARBONS C₁₀₊ ON CATALYZER NICKEL ON KIZELGUR

¹ Ufa State Petroleum Technological University

1, Kosmonavtov Str., 450062, Ufa, Russia, ph. (347) 2428931, e-mail: tng@rusoil.ru, zagidullin-shamil@mail.ru

² PJSC ANC Bashneft

30, Karl Marx Str., 450077, Ufa, Russia, ph. (347) 2616161, e-mail: fogin@mail.ru

Из тяжелой фракции ароматических углеводородов C₁₀₊, отобранных с секции 900В комплекса по производству ароматических углеводородов филиала ПАО АНК «Башнефть» «Башнефть-Уфанефтехим», была выделена фракция 220–300 °С, гидропереработка которой произведена в ГУП «Институт нефтехимпереработки» РБ на катализаторе никель на кизельгуре, при разных технологических параметрах, с целью выявления оптимального режима процесса. В результате получен продукт, обладающий высокой плотностью (867 кг/м³), который может быть использован, как высокоплотный компонент реактивного топлива марки Т-6.

Ключевые слова: активация; ароматические углеводороды; декалин; катализатор; концентрат; нафталин; никель на кизельгуре; реактивное топливо; сверхзвуковая авиация; фракция.

На сегодняшний день вопрос дополнительной выработки реактивного топлива для сверхзвуковой авиации занимает важное место в нашей стране. Дело в том, что наблюдается тенденция к росту производства реактивных самолетов в России, соответственно, растет и спрос на топливо для них.

Получением реактивного топлива для сверхзвуковой авиации посредством гидрокрекинга фракций вторичного происхождения

From the heavy fraction of C₁₀₊ aromatic hydrocarbons, selected from section 900B of the aromatic hydrocarbon production complex of the branch of PJSC ANK «Bashneft» «Bashneft-Ufaneftekhim», a fraction 220–300 °C was extracted, hydroprocessing of which was carried out in the State Unitary Enterprise «Institute of petrochemical processing» of the Republic of Bashkortostan on a nickel catalyst kieselguhr at different process parameters, in order to identify the optimal process regime. As a result, a product with a high density (867 kg/m³) was obtained, which can be used as a high-density component of jet fuel of the T-6 brand.

Key words: activation; aromatic hydrocarbons; catalyst; concentrate; decalin; fraction; jet fuel; naphthalene; nickel on kieselguhr; supersonic aviation.

при высоких давлениях обычно занимаются на крупных нефтеперерабатывающих заводах. Это сопровождается высокими эксплуатационными затратами, расходом огромного количества водорода ¹. Существует также метод химического синтеза индивидуальных углеводородов, которые являются ценным компонентом для реактивных топлив ². В данном случае получения применяется дорогое сырье, токсичные катализаторы. Поэтому выработка реактивных топлив для сверхзвуковой авиации на сегодняшний день в России ограничена и составляет

Дата поступления 20.01.18

порядка 10 тыс. т в год. Следовательно, дополнительный способ выработки данного вида топлива является актуальной задачей.

Для решения этой задачи нам представлялось интересным использования сырья с высоким содержанием бициклических ароматических углеводородов, за счет гидрирования которых повышается плотность целевого компонента, а высокая плотность топлива обеспечивает увеличение дальности полета, реактивной тяги двигателя ракет и баллистических систем³.

Целью нашего исследования является получение высокоплотного компонента реактивного топлива для сверхзвуковой авиации марки Т-6 на катализаторе «никель на кизельгуре»⁴.

Материалы и методы исследования

В качестве сырья для проведения процесса была использована фракция 220–300 °С из концентрата ароматических углеводородов C₁₀₊, которая содержит значительное количество (78% мас.) бициклических ароматических углеводородов.

Исходное сырье и полученные продукты проанализированы следующими методами:

- содержание моно-, би-, и трициклических ароматических углеводородов — методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (в лаборатории производственной площадки «Башнефть-Уфанефтехим»);
- плотность определяли пикнометрическим методом (ГОСТ 3900-85);
- фракционный состав определяли по ГОСТ 2177-99;
- определение серы — методом рентгенофлуоресцентной спектроскопии (ГОСТ Р 51947-2002).

Опыты проводились на лабораторной пилотной установке проточного типа в ГУП «Ин-

ститут нефтехимпереработки» РБ в лаборатории топлив и масел.

Характеристики катализатора «никель на кизельгуре», на котором проводили процесс, приведены в табл. 1. Катализатор перед проведением процесса был измельчен, и помощью сит выделена с фракция 0.10–0.15 мм. Далее в объеме 10 мл он был загружен в реактор. Затем при температуре 225 °С и давлении 6 МПа в течение 1 ч была произведена активация катализатора в токе водорода.

Таблица 1

Характеристики катализатора

Показатели	Значение
Химический состав, % мас.	
- массовая доля никеля, не более	54
- массовая доля сульфидной серы, не более	0.38
Активность, определяемая при гидрировании псевдокумола, %, не менее	65
Селективность, определяемая при гидрировании ацетилена, %, не менее	73
Насыпная плотность, г/см ³ , не менее	1.15
Механическая прочность на раздавливание по образующей, кг/таб.: - средняя, не менее - минимальная, не менее	8.0 5.0

Объемная скорость подачи сырья: 0.5 ч⁻¹; 1 ч⁻¹; 1.5 ч⁻¹. Температура: 225 °С; 250 °С; 275 °С; 300 °С. Давление: 6 МПа. Соотношение Н₂:сырье, об. 1200. Расход сырья регулировали с помощью насоса, на котором выставлялось задание. Температура регулировалась с помощью латера, давление с помощью редуктора, кратность циркуляции при помощи ротаметра.

В ходе проведения исследования, при различных технологических параметрах процесса гидрирования было наработано 12 проб. В табл. 2 приведены результаты гидрирования исходного сырья при различных технологических параметрах.

Таблица 2

Результаты гидрирования при различных технологических параметрах

Технологические параметры процесса	Номер пробы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Объемная скорость подачи сырья ч ⁻¹	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5
Температура, °С	225	250	275	300	225	250	275	300	225	250	275	300
Давление, МПа	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Соотношение Н ₂ :сырье, об.	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Содержание ароматических углеводородов, % мас.												
Σ Моноциклических	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ Бициклических	0	0	0	0	0.108	0.217	0	0.108	0	0	0	0
Σ Трициклических	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Σ сумма	0	0	0	0	0.108	0.217	0	0.108	0	0	0	0
Показатели продукта												
Плотность при 20 °С, кг/м ³	864	864	862	858	867	864	860	859	866	864	864	864
Показатель преломления, при 20 °С	1.466	1.466	1.466	1.464	1.468	1.466	1.466	1.466	1.468	1.467	1.466	1.466

Сравнение свойств гидрогенизата фракции 220-300 °С АУ С₁₀₊

№ п/п	Наименование показателя	Метод испытания	Гидрогенизат фракции из С ₁₀₊ ПАУ (проба № 5) ²	Требования Т-6 ⁵
1	Плотность при 20 °С, кг/м ³	ГОСТ 3900	867	>840
2	Фракционный состав: - начало кипения, °С - 10 % выкипает при температуре, °С - 50 % выкипает при температуре, °С - 90 % выкипает при температуре, °С - 98 % выкипает при температуре, °С	ГОСТ 2177	205 210 226 260 270	>195 <220 <255 <290 <315
3	Массовая доля общей серы, %	ГОСТ 32139-2013	0	<0.05
4	Массовая доля ароматических углеводородов, %	ГОСТ EN 12916-2012	<0.01	<8
5	Кинематическая вязкость: - при минус 20 °С, мм ² /с - при минус 40 °С, мм ² /с	ГОСТ 33	3.50 35.3	<4.5 <60
6	Температура начала кристаллизации, °С	ГОСТ 5066	ниже минус 60	ниже минус 60
7	Низшая теплота сгорания, кДж/кг	ГОСТ 21261	42 600	<42 900
8	Температура вспышки в закрытом тигле, °С	ГОСТ 6356	74	>62
9	Содержание фактических смол, мг/100 см ³	ГОСТ 21261	отс.	<4
10	Высота некоптящего пламени, мм	ГОСТ 4338	20	>20

Результаты и их обсуждение

В результате гидрирования на испытуемом катализаторе ароматические соединения ряда нафталина, содержащиеся в исходном сырье, практически полностью были прогидрированы до декалинов с образованием продуктов высокой плотности, свойства которых в

сравнении с требованиями к топливу Т-6 приведены в табл. 3.

Таким образом, продукт, полученный в результате проведенных опытов, соответствует по всем показателям высокоплотному компоненту реактивного топлива марки Т-6 и может быть использован в этом качестве.

Литература

1. Ахметов А.В., Ахметов А.Ф. Исследование процесса гидрирования концентрата ароматических углеводородов на платиновом катализаторе с получением компонента реактивных топлив // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2014. – №1. – С.8-11.
2. Паушкин Я.М. Химический состав и свойства реактивных топлив. – М.: АН СССР, 1958. – 375 с.
3. Ахметов А.Ф., Ахметов А.В. Реактивные топлива: свойства, марки, технологии получения. – Уфа: РИЦ УГНТУ, 2014. – 111 с.
4. Мусаева С.Г. Получение высококачественных реактивных топлив из Азербайджанских нефтей новых месторождений каталитической депарафинизацией // Процессы нефтехимии и нефтепереработки. 2002. №3. С.79-82.
5. Патент 2459859 РФ. Способ получения топлива для сверхзвуковой авиации / Гуляева Л.А., Левина Л.А., Кузора И.Е., Хавкин В.А., Бочаров А.П., Резниченко И.Д., Шмелькова О.И., Виноградова Н.Я., елшин А.И. // Б.И.- 2012.- №24.

References

1. Akhmetov A.V., Akhmetov A.F. *Issledovaniye protsessa gidrirovaniya kontsentrata aromatischeskikh uglevodorodov na platinovom katalizatore s polucheniym komponenta reaktivnykh topliv* [A study of the hydrogenation of an aromatic hydrocarbon concentrate on a platinum catalyst to produce a reactive fuel component]. *Neftepererabotka i neftekhimiya* [Oil refining and petrochemistry]. 2014, no.1, pp.8-11.
2. Paushkin Ya.M. *Khimicheskii sostav i svoistva reaktivnykh topliv* [Chemical composition and properties of jet fuels]. Moscow, Academy of Sciences of the USSR, 1958, 375 p.
3. Akhmetov A.F., Akhmetov A.V. *Reaktivnyye topliva: svoystva, marki, tekhnologii polucheniya* [Jet fuel: properties, brands, production technologies]. Ufa, USPTU Publ., 2014, 111 p.
4. Musaeva S.G. *Poluchenie vysokokachestvennykh reaktivnykh topliv iz Azerbaidzhanskikh neftei novykh mestorozhdenii kataliticheskoi deparafinizatsiei* [Receiving high-quality jet fuels from the Azerbaijan oils of new deposits by catalytic dewaxing]. *Protsessy neftekhimii i neftepererabotki* [Processes of petrochemistry and oil processing], 2002, no.3, pp.79-82.
5. Guliaeva L.A., Levina L.A., Kuzora I.E., Khavkin V.A., Bocharov A.P., Reznichenko I.D., Shmel'kova O.I., Vinogradova N.Ya., Elshin A.I. *Sposob polucheniya topliva dlya sverkhzvukovoi aviatsii* [The method of obtaining fuel for supersonic aviation]: patent RF, no.2459859, 2012.