

ПОЛУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РЕАКТИВНЫХ И ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ ИЗ СМЕСИ АЗЕРБАЙДЖАНСКИХ НЕФТЕЙ

С.Г. Алиева, С.А. Султанов

Институт нефтехимических процессов им. Ю.Г.Мамедалиева НАН Азербайджана, г. Баку

Выбросы от сжигания топлива самыми разнообразными потребителями (включая промышленность, энергетику, коммунально-бытовой сектор и транспорт) усугубляют экологические проблемы во всем мире. Загрязнение городского воздуха приводит к негативному воздействию на здоровье людей, особенно в быстро растущих городах развивающихся стран. Ежегодно в крупных городах бывшего Советского Союза воздействие чрезмерно загрязненного воздуха приводит к преждевременной смерти около 40 тысяч и заболеванию около 100 тысяч человек.

В связи с ужесточением требований к экологическим и эксплуатационным характеристикам нефтяных топлив, в том числе авиакеросинов, ростом числа современных авиалайнеров, увеличением международных авиарейсов, возникла насущная необходимость в выпуске авиационного топлива Jet A-1 или более высокого качества.

С созданием и эксплуатацией новых реактивных самолетов, работающих со сверхзвуковой скоростью (2,5-3 М), ужесточаются требования к качествам топлив, применяемых в их двигателях.

Наряду с термоокислительной стабильностью топлив, одним из важных показателей являются объемная и весовая теплоты сгорания. Чем выше теплота сгорания топлива, тем ниже его удельный расход.

Чтобы получить топлива такого типа используют дистилляты, полученные из нефтей нафтено-ароматического происхождения, с применением глубокого гидрирования. Научно-исследовательские работы по получению реактивных топлив с применением глубокого гидрирования проводились со второй половины XX века.

В промышленности известны одно- и двухстадийные процессы получения высокостабильных топлив.

Одностадийный процесс гидрирования проводится при высоких температуре и давлении на высокоэффективных катализаторах, стабильных к отравлению серу- и азотсодержащими соединениями. В двухстадийных процессах во второй стадии используется продукт после процесса гидроочистки.

За рубежом, в США из нефтей Калифорнии на основании реактивных дистиллятов со смешением продуктов вторичного происхождения было получено реактивное топливо в двух стадийном процессе. На первой стадии был использован катализатор AlNiMo . Процесс проводили при температуре 280-400⁰С, давлении 5 МПа, объемной скорости 1ч.⁻¹ и расходе водородсодержащего газа 500 м³/м³. Во второй стадии был использован платиновый катализатор. Процесс проводили при температуре 260⁰С, давлении 5 МПа, объемной скорости 1ч.⁻¹, расходе водородсодержащего газа 700 м³/м³. Содержание ароматических углеводородов в составе сырья уменьшилось от 20-25% до 4.5%. Полученное реактивное топливо имеет плотность d_4^{20} -803 кг/м³, теплотворность 43600 Дж/кг, кинематическую вязкость при минус 35⁰С 17.4 мм²/с, люминометрическое число 74. Содержание в составе прямогонного дистиллята 43.7-59.5 % (объемн.) газойля коксования дает возможность увеличить ре-

сурсы реактивного топлива. На рис.1. приведена принципиальная технологическая схема процесса глубокого гидрирования реактивного топлива

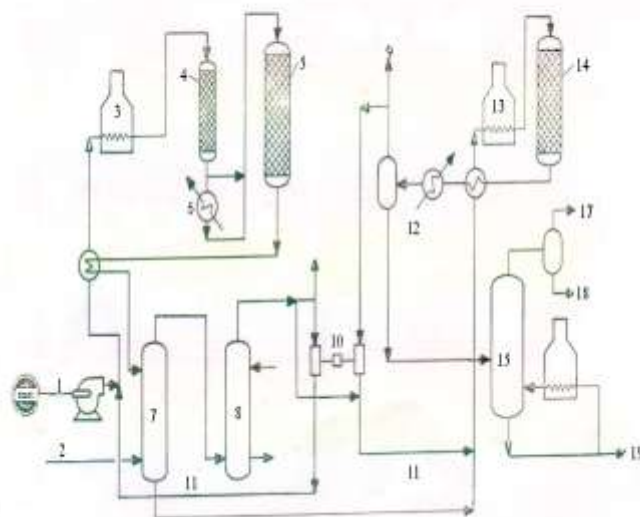


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема установки глубокого гидрирования реактивного топлива 1-сырье; 2-водород; 3-печь; 4,5-реакторы первой стадии; 6-теплообменник; 7-сепаратор высокого давления; 8-сепаратор низкого давления; 9-сгорающие газы; 10-компрессор; 11-циркулирующий водород; 12-водяной конденсат; 13-печь; 14-реактор второй стадии; 15-стабилизатор; 16-рибойлер; 17-легкие углеводороды

Выход производителей российских реактивных топлив ОАО «ЛУКОЙЛ» на международные рынки сдерживался из-за различий в требованиях к топливу, предъявляемых строителями авиационных двигателей. Несмотря на то, что серийные реактивные топлива марки ТС-1 и РТ (ГОСТ 10227) существенно превосходят реактивное топливо Jet A-1 по ряду эксплуатационных свойств и физико-химических показателей, их применение на авиационных двигателях компаниями «Pratt Whitney», «Rolls-Royce» и «General Electric» ограничено. Это связано с различными подходами к оценке надежности работы авиационной техники в зависимости от эксплуатационных свойств реактивных топлив.

В топливах, выпускаемых в странах СНГ, надежную работу летательного аппарата оценивают, в первую очередь, по прокачиваемости и склонности топлива к образованию отложений. За рубежом доминирующим эксплуатационным свойством реактивных топлив для гражданской авиации является пожаробезопасность. Эти различия отражены в стандартах России (ГОСТ 10227), США (ASRMD1655) и Великобритании (DEFSTAN 91-91) [2].

Требования к качеству реактивных топлив определяются особенностями эксплуатации воздушно-реактивных двигателей. Качество реактивных топлив в значительной мере зависит от их углеводородного состава. Повышенное содержание ароматических углеводородов, особенно бициклических, приводит к понижению скорости и полноты сгорания топлива, повышению склонности к нагарообразованию, снижению термической стабильности, повышению теплонапряженности элементов реактивных двигателей [3].

Реактивные топлива, в значительной мере удовлетворяющие современным требованиям, должны состоять, в основном, из моно или полициклических нафтеновых углеводородов с разветвленными боковыми цепями или нафтеновых углеводородов изостроения [4].

Для реактивных топлив, предназначенных для двигателей сверхзвуковой авиации, предъявляются повышенные требования, в частности, по содержанию ароматических углеводородов, которое не должно превышать 10 % мас.

Из известных способов деароматизации реактивных топлив наибольший практический интерес представляет каталитическое гидрирование керосиновых фракций. Особенностью процесса гидродеароматизации керосиновых фракций является то, что он протекает в условиях повышенного содержания сернистых соединений.

В качестве катализатора гидрирования используют палладий на алюмосиликате. Выбор данного типа катализатора обусловлен его повышенной сероустойчивостью [5]. Физико-химические характеристики катализатора Pd/Al₂O₃-SiO₂ приведены ниже:

Содержание палладия, % мас	1.8
Оксида алюминия	4.6
Насыпная плотность, кг/м ³	600
Потери при прокаливании 550°С	3.5
Удельная поверхность, м ² /г	390
Поверхность палладия, м ² /г	2.90
Пористость, А°	15-20
Общий объем пор, см ³ /г	0.73

Наряду с реакциями гидродеароматизации керосиновых фракций происходит гидрирование серосодержащих соединений. Наиболее простым путем решения указанной проблемы является приобретение лицензии на производство топлива Jet A-1 по нормативным документам США и Великобритании.

Важнейшими показателями качества реактивных топлив как для гражданской, так и для специальной авиации являются: теплота сгорания, плотность, термоокислительная стабильность, температура начала кристаллизации, противоизносные свойства, нагарообразующая способность и др. Оптимальное имитирование значений этих показателей достигнуто в последнем выпуске спецификации ASTM- Американского общества по испытанию материалов- на реактивное топливо Jet A-1 ASTM D1655 /или DERD 2494.

Данная спецификация получила международное признание. В связи с ужесточением требований к окружающей среде, в странах Европы к показателям качества реактивных топлив внесен ряд изменений. В частности, для топлива Jet A-1: содержание олефиновых углеводородов - не более 5; нафталиновых - не более 3; предельное содержание меркаптановой серы - 0.002 % (мас); одна из характеристик нагарообразования- минимальная высота некоптящего пламени-26 мм.

Нефтеперерабатывающие заводы России выпускают топлива следующих марок:

-для реактивных двигателей гражданской авиации по ГОСТ 10227; ТС-1 (высший сорт); ТС-1 (первый сорт) РТ;

-термостабильные, для реактивных двигателей летательных аппаратов специального назначения (в незначительных количествах)- по ГОСТ 12308 Т-6; Т-8В.

Физико-химические показатели топлив по ГОСТ 10227 и ASTM D1655 показаны в табл.1.

Таблица 1. Физико-химические показатели топлив, выпускаемых в странах СНГ и за рубежом

Показатели	JetA-1	JP-7	JP-8	ТС-1 (BC)	PT	T-6	T-8B
1	2	3	4	5	6	7	8
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0.1	-	0.015	-	-	-	-
Кислотность, мг КОН/100см ³ топлива, не более	-	-	-	0.7	0.4-0.7	0.7	0.7
Содержание ароматических углеводородов, не более % (об.) % (мас)	22 -	5 -	25 -	- 22	- 22	- -	- -
Содержание серы, % (мас), не более меркаптановой общей	0.003 0.3	0.001 0.1	0.001 0.3	0.003 0.2	0.001 0.1	Отс. 0.05	0.001 0.1
Фракционный состав, °С, не выше н.к., не ниже	- [*]	182	-	-	(150) [*]	135	(155) [*]
10 %	205	>196	205	165	175	220	185
20 %	-	>206	-	-	-	-	-
50 %	-	-	-	195	225	225	-
90 %	-	260	-	230	270	290	-
98 %	-	-	-	250	280	315	280
к.к.	300	288	300	-	-	-	-
Остаток, %, не более	1.5	1.5	1.5	-	-	-	-
Потери, %, не более	1.5	1.5	1.5	-	-	-	-
Температура вспышки (в закрытом тигле), °С, не ниже	38	60	38	28	28	62	45
Плотность, кг/м ³ при 15 °С при 20 °С, не менее	775-840 -	779-806 -	775-840 -	- 780	- 775	- 840	- 800
T, начала кристаллизации, °С, не выше	-47	-43.5	-50	-60	-55	-60	-50
Вязкость кинематическая, мм ² /с при -20 °С, не более при 20 °С, не менее	8 -	15 -	8 -	- 1.3	- 1.25	- < 4.5	- >1.5
Низшая теплота сгорания, Мдж/кг, не менее	42.8	43.5	42.8	43.12	43.12	42.9	42.9
Люминометрическое число, не менее или	45	75	-	-	50	45	50
Высота некопящего пламени, мм, не менее	25	-	19	25	25	20	20+
	19	-	-	-	-	-	-
или содержание нафталиновых углеводородов, не более % (об.) % (мас.)	3 -	- -	- -	- -	- -	- 0.5	- 2
Испытание на медной пластинке (100 ⁰)							
2 ч, не более	№1	16	16	Выдерживает			
3 ч, не более	-	-	-				
Термоокислительная стабильность перепад давления на фильтре гПа, не более	33	100**	33	-	-	-	-
за 5 ч, кПа, не выше	-	-	-	-	10	10	10
отложения на трубке подогревателя, баллы, не более	3	3	3	-	-	1	1
Содержание фактических смол, мг/100 мл, не более	7	5	7	3	4	4	4
Взаимодействие с водой: состояние поверхности раздела, баллы, не более	16	-	16	1	1	1	1

* не нормируется, определение обязательно. В скобках-верхний предел температуры начала кипения

** Метод испытания D 1660 в устройстве CFR Sjker-только для топлива TS, для Jp-7- то же устройство, но при условиях, указанных в MIL-T-25524 C

Опыты проводились на проточной установке ОПЗ Института нефтехимических процессов. Процесс гидроочистки проводили при мягком режиме: температура 340⁰С, давление 4.0МПа, объемная скорость 1 ч⁻¹, расход водородсодержащего газа 500 л/л. Полученные гидрогенизаты пропускали через 40 %-ный раствор NaOH, затем промывали водой до нейтральной реакции с фенолфталеином, после сушки хлористым кальцием образец анализировали по ASTM D1655-06с. Полученные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2. Физико-химические показатели реактивного топлива марки Jet A-1 после гидроочистки

№	Показатели	ASTM D 1655-06с	Jet A-1	
			Дистиллат	Топлив
1	2	3	4	5
1.	Кислотное число общее, мг КОН/г, не более	0.10	2.2	0.0002
2.	Объемная доля ароматических углеводородов, %, не более	2.5	18	16
3.	Массовая доля меркаптановой серы, % не более	0.003	0.0018	отс.
4.	Массовая доля общей серы, %, не более	0.25	0.035	0.0005
5.	Фракционный состав, ⁰ С			
	10 % не выше	205	195	193
	50 %	не нормируется, определение обязательно	241	240
	90 %		287	286
	н.к., не выше	300	296	295
	Остаток разгонки, %, не более	1.5	0.8	0.9
	Потери разгонки, %, не более	1.5	0.2	0.1
6.	Т, вспыш. (в закрытом тигле), ⁰ С, не ниже	38	52	54
7.	Плотность при 15 ⁰ С, кг/м ³	775-840	810	806
8.	Т, плавления кристаллов, ⁰ С, не выше	-47	-54	-54
9.	Кинематическая вязкость при температуре -20 ⁰ С мм ² /с, не более	8	6.9	6.8
10.	Нижшая теплота сгорания, Мдж/кг, не менее	42,8	43.1	43.4
11.	Высота некопящего пламени, мм, не менее	25	23.3	25
12.	Коррозия медной пластинки (2 ч ±5мин) при 100 ⁰ С, не более	№1	№1	№1
13.	Объемная доля нафталиновых углеводородов, % не более	3	3.26	1.1
14.	Термоокислительная стабильность (установка JF TOT, 2,5 г при 260 ⁰ С)			
15.	Перепад давл, кПа (мм.рт.см) не более	3.3(25)	-	1.1(12)
16.	Отложения на трубке, номер по шкале ASTM, менее	3	-	0
17.	Концентрация фактических смол, мг/100см ³ , не более	7	8	0.2
18.	Термоокислительная стабильность, при 150 ⁰ С в течение 4 ч, образующегося осадка в 100см ³ топлив, мг (ГОСТ 11802-88)	-	-	0.02

Как видно из табл. 2, полученное топливо марки Jet A-1 из смеси азербайджанских нефтей отвечает требованиям ASTM D 1655-06с. Содержание серы уменьшилась от 350 ppm до 5 ppm.

В связи с широким внедрением дизельных двигателей на транспорте значительно увеличилась потребность в дизельных топливах.

Страны Европейского Союза с 2005 г. должны обеспечить производство дизельного топлива с содержанием серы не более 50 ppm., а с 2011 г. во всех марках дизельного топлива требуется содержание серы не более 10 ppm [6].

В США и странах Европы предприняты весьма серьезные меры по ограничению в составах ДТ не только серы, но и ароматических углеводородов (до 5-10 %), так как установлено, что с повышением содержания в топливах ароматических углеводородов увеличивается эмиссия твердых частиц в выхлопных газах и дымность. Кроме того, ароматические углеводороды, особенно би-и полициклические, снижают цетановое число ДТ (для эталонного ДТ RF 03-A-84 цетановое число должно быть в пределах 49-53) [7].

В табл. 3 приведены существующие европейские требования к экологически чистому ДТ.

Таблица 3. Европейские требования к дизельным топливам

Показания	Швеция МК-1	EN- 590	EURO 2000	ACEA
Содержание ГАУ, % не более	0.02	-	11	6
Плотность, кг/м ³	800-820	820-860	max.845	820-840
95 % перегоняется, °C не выше	285	370	360	340
Цетановое число, не менее	50	49	51	54

Как известно, в производстве экологически чистых ДТ важное место занимают процессы гидроочистки, депарафинизации и гидрооблагораживания, получившие развитие в 70-80 г. прошлого столетия.

Путем модернизации реакционного блока установок гидроочистки и использованием эффективных катализаторов, на нефтеперерабатывающих заводах США и регионах СНГ вырабатываются дизельные топлива с содержанием серы менее 10-50 ppm [8].

В прямоточном дизельном топливе из азербайджанских нефтей содержание серы находится в пределах 0.065-0.110 % мас. При температуре кипения дистиллята до 250°C основную массу сероорганических соединений составляют сульфиды: в интервале температур 250-350°C- тиофены и бензотиофены.

При использовании газойлей каталитического крекинга и коксования в качестве компонентов сырья гидроочистки содержание серы достигает 0.15-0.27% мас.

Чтобы уменьшить содержание серы и ароматических углеводородов до нормы, во всем мире используют процессы гидроочистки и гидрирования. В Швеции фирмой «Haldor-Topse» разработана технология получения экологически чистого дизельного топлива, в двух стадиях: гидроочистки и гидрирования.

На первой стадии процесса гидроочистки были использованы катализаторы на γ -Al₂O₃ пропитанные Co, Mo, Ni, W, а в второй стадии гидрирования на цеолитных катализаторах, содержащих Pt /Pd. На первой стадии сырье очищается от сероорганичес-

ких соединений, а на второй- получается дизельное топливо с содержанием серы 10 ppm, ароматические углеводороды 4 % об., цетановое число 55.

Глубина гидроочистки зависит от конца кипения дизельного топлива, так как с повышением конца кипения процесс гидроочистки затрудняется.

Учитывая все вышесказанное, нами было взято дизельное топливо, полученное из смеси азербайджанских нефтей с концами кипения не выше 340⁰С. Процесс гидроочистки проводился на проточной установке ОП ИНХП. При гидроочистке были использованы катализаторы ГКД-205 и АГКД-400. Опыты проводились при T= 340⁰С, P= 3.5-4.5 МПа, V= 1.0-3.5 ч⁻¹ и расходе водородсодержащего газа 500 л/л.

Показатели использованных при гидроочистке фракций прямогонного дизельного топлива и продуктов вторичной переработки приведены в табл. 4.

Таблица 4. Показатели прямогонного дизельного топлива и продукта вторичного происхождения, используемых при гидроочистке

	Показатели	Прямогонная дизельная фракция	Газойль коксования	Газойль каталитического крекинга
1.	Плотность, при 20 ⁰ С, кг/м ³	849	858	916
2.	Фракционный состав, ⁰ С начало кипения 50% 96%	193 272	187 234	178 248
3.	Содержание серы, % мас	0.089	0.21	0.19
4.	Кислотность, мг КОН/100мл	2.1	7.3	11.8
5.	Йодное число, г J ₂ /100 г топлива	2.3	33	6
6.	Фактические смолы, мг/100 мг топлива	13	-	41
7.	Непредельные углеводороды, % мас	1.9	18	4.6
8.	Ароматические углеводороды, % объемн.	16	34	73

Как видно из табл. 4, содержание серы увеличивается с добавлением продуктов вторичного происхождения. При гидроочистке прямогонного дизельного топлива в мягком температурном режиме (250-340⁰С) в гидрогенизате наблюдается снижение содержания серы от 900-1200 ppm % мас до 32-57 ppm % масса. Содержание ароматических углеводородов в гидрогенизате не более 20%. В полученных образцах топлив после гидроочистки, йодное число, кислотность и концентрация фактических смол доведены до минимальных значений.

При гидроочистке прямогонного дизельного топлива без вторичных продуктов на катализаторе ГКД-205 и АГКД-400 получается экологически чистое топливо с содержанием серы 25ppm, что соответствует требованиям Еvго-3. Полученные данные приведены в табл. 5.

Таблица 5. Показатели прямогонного дизельного топлива, полученного после процесса гидроочистки

№	Показатели	Фракция дизельного топлива	Гидрогенизат
1	2	3	4
1.	Плотность, при 20 ⁰ С, кг/м ³	850	848
2.	Фракционный состав, ⁰ С		
	начало кипения	191	182
	50%	284	281
	96%	347	346
3.	Вязкость при 20 ⁰ С, мм ² /с	4.4	4.2
4.	Т вспышки, в закрытом тигле, ⁰ С	77	75
5.	Содержание серы, % мас	0.096	0.0025
6.	Кислотность, мг КОН/100 мл	0.49	отсутствует
7.	Йодное число, г J ₂ /100 г.	0.62	отсутствует
8.	Фактические смолы мг/100мл топлива	8.7	5
9.	Ароматические углеводороды, % объем.	18	16

Как видно из табл.5, в процессе гидроочистки количество ароматических углеводородов снизилось на 2-3%, йодное число и кислотность доведены до минимума.

Ужесточение экологических требований к качеству дизельных топлив, а именно к содержанию полициклических, а в будущем и суммарных ароматических углеводородов вызывает необходимость проведения процесса деароматизации.

В табл. 6 приведены требования к дизельным топливам [9,10].

Таблица 6 Требования к экологическому дизельному топливу по Евро

Показатели	Требования		
	Евро-3	Евро-4	Евро-5
Цетановое число, не менее	51	55	51-55
Содержание, % (мас) серы, не более	0.035	0.005	0.001
полициклических ароматических углеводородов	11	11	11
Диаметр пятна износа, мм	460	460	460

Одной из технологий, позволяющих снизить содержание ароматических углеводородов является процесс гидрирования в токе водородсодержащего газа. Гидрирование проводилось на палладийсодержащем катализаторе ГР-3. Полученный гидрогенизат после гидроочистки с содержанием серы 25 ppm и ароматических углеводородов 16% мас. был подвергнут гидрированию на проточной установке с оптимальным отношением ВСГ: сырье (500 л/л) с концентрацией водорода 80-86% об. Процесс проводили при температуре 320⁰С, давление 3.5- 4.5 МПа. Объемная скорость подачи сырья доведена до 1,0-3,5 ч⁻¹. Полученные данные приведены в табл. 7.

Таблица 7. Показатели гидроочищенного дизельного топлива после гидрирования на катализаторе ГР-3

Показатели	Требования	Дизельное топливо
	Евро-5	
1	2	3
Цетановое число, не менее	51-55	52
Содержание, % (мас) серы, не более	0.001	отсутствует
полициклических	11	2
ароматических углеводородов	10	4,5
Плотность, при 20 ⁰ С, кг/м ³	-	843
Фракционный состав, ⁰ С		
начало кипения		179
50 %		280
96 %		344
Вязкость при 20 ⁰ С, мм ² /с		4.1
T, вспышки в закрытом тигле, ⁰ С		72
Кислотность, мг КОН/100мл		отсутствует
Йодное число, г J ₂ /100 г		отсутствует
Фактические смолы, мг/100 мл топлива		2.3

Так видно из табл. 7, полученное глубоким гидрооблагораживанием на катализаторе ГР-3 экологически чистое дизельное топливо отвечает требованиям Евро-5.

Как сказано выше, с широким внедрением дизельных двигателей на транспорте, потребность в дизельных топливах увеличилась. С этой целью нами использованы газойли каталитического крекинга и коксования в качестве компонентов. Смеси прямогонного дизельного топлива с газойлями коксования и каталитического крекинга были подвергнуты процессу гидроочистки на катализаторе АГКД-400 в следующем режиме: T=340⁰С, P=4,0МПа, V=1ч⁻¹, H₂=1000 л/л.

Полученные результаты приведены в табл. 8.

Таблица 8. Показатели дизельного топлива полученного гидроочисткой из смеси прямогонного дизельного топлива с газойлями коксования и каталитического крекинга

Показатели	Прямогонное дизельное топливо с газойлем коксования		Прямогонное дизельное топливо с газойлем каталитического крекинга	
	сырье	гидрогенизат	сырье	гидрогенизат
1	2	3	4	5
Сырье, %				
прямогонная дизельная фракция	68.0	-	65	
газойль коксования	32.0	-	-	
газойль каталитического крекинга	-	-	35	
Плотность, 20 ⁰ С кг/м ³	863	859	877	869
Фракционный состав, ⁰ С				
начало кипения	193	198	196	205
50 %	271	273	277	275
90 %	346	342	359	360
Вязкость при 20 ⁰ С, мм ² /с	4.69	4.66	6.13	5.97
T, вспышки в закрытом тигле, ⁰ С	76	74	77	76
Содержание серы, % мас	0.18	0.0063	0.24	0.0055
Кислотность, мг КОН/100мл	5.0	0.39	5.9	2.6
Йодное число, г J ₂ /100 г	13	0.19	5,2	1.5
Ароматические углеводороды, % объемн.	27	25	37	29

Смесевые дизельные топлива, состоящие из ЛГКК и ЛГК, после гидроочистки по содержанию серы и ароматических углеводородов не отвечают требованиям Euro-3 и Euro-5. Чтобы снизить содержание серы и ароматических углеводородов, полученные гидрогенизаты были подвергнуты процессу гидрирования на катализаторе ГР-3 при температуре 320⁰С, давлении 4.0 мПа, скорости подачи сырья 1ч⁻¹ и расходе водородсодержащего газа по отношению к сырью 1000 л/л.

Полученные результаты приведены в табл. 9.

Таблица 9. Показатели дизельного топлива, полученного гидрированием смеси прямогонного дизельного топлива с газойлями коксования и каталитического крекинга

	Показатели	Смесевые дизельные топлива с газойлями	
		каталитического крекинга	коксования
1.	Цетановое число	53	52
2.	Фракционный состав: Т, ⁰ С 50 % 96 %	194 269 339	196 271 340
3.	Вязкость, при 20 ⁰ С, мм ² /с	4.28	5.12
4.	Т вспышки в закрытом тигле, ⁰ С	72	74
5.	Содержание серы, % мас	0.0006	0.0004
6.	Кислотность, мг КОН/100 мл	отсутствует	отсутствует
7.	Йодное число, г J ₂ /100 г	отсутствует	отсутствует
8.	Ароматические углеводороды, % об.	7.03	8.15
9.	Плотность при 20 ⁰ С, кг/м ³	865	863

Как видно смесевое дизельное топливо после гидрирования содержит 0.0004-0.0006% серы, ароматических углеводородов 7.03-7.15% об., цетановое число 52-53 единиц. По полученным данным дизельное топливо отвечает требованиям Euro-5.

Таким образом, нами разработан эффективный двухстадийный процесс получения экологически чистого дизельного топлива из сырья, содержащего вторичные дистилляты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юркина О.В., Краев Ю.К., А.В.де Векки /Нефтепереработка и нефтехимия. 2003. №1. С.24.
2. Гоашов А.А., Сулгин Е.П., Горенков А.Ф. и др. Химмотология реактивных и ракетных топлив М:Химия. 1987. 304с.
3. Навамилиа М.Д., Просурин А.М., Крылов О.В. /Катализ в химической и нефтехимической промышленности. 2001. №1. С.39

4. Шлигин О.Ю., Рассадин В.Г., Дуров О.В. и др. /Химия и технология топлив и масел. 2006. №4. С. 13.
5. Султанова С.А., Алиева С.Г./Азерб.нефт. хоз-во. 2008. №4. С15
6. /Канадское Агентство международного развития 2005. С. 10.
7. Ибрагимова М.Д., Азизов А.Г., Азмамедов М.Г. /Процессы нефтехимии и нефтепереработки. 2006. 4 (27) С.29.
8. Виннер А.Б., Ермолаев М.В. /Нефтепереработка и нефтехимия. 1999. №6. С.50.
9. Афанасьев А.Н., Голузинец И.Я., Зайцин В.А. и др. /Нефтепереработка и нефтехимия. 2002. №12. С.8.
10. Нападовский В.В., Ежов В.В., Баклашов К.В и др. /Химия и технология топлив и масел. 2006. №5. С.14.