

УДК 665.753.4

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА НИЗКОЗАСТЫВАЮЩИХ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ В ПРОЦЕССЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ГИДРОДЕПАРАФИНИЗАЦИИ

Бурюкин Федор Анатольевич,

канд. хим. наук, доцент каф. химии и технологии природных энергоносителей и углеродных материалов Института нефти и газа Сибирского федерального университета, Россия, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79. E-mail: FBuryukin@sfu-kras.ru

Косицына Светлана Сергеевна,

аспирант кафедры химии и технологии природных энергоносителей и углеродных материалов Института нефти и газа Сибирского федерального университета, Россия, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79. E-mail: kositsyna_ss@mail.ru

Савич Сергей Александрович,

магистрант кафедры химии и технологии природных энергоносителей и углеродных материалов Института нефти и газа Сибирского федерального университета, Россия, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79. E-mail: savichiv@ya.ru

Смирнова Екатерина Владимировна,

инженер-технолог Технического отдела ОАО «АНПЗ ВНК», Россия, 662110, Красноярский край, Большеулуйский район, промзона. E-mail: SmirnovaEV@anpz.rosneft.ru

Хандархаев Сергей Васильевич,

главный технолог ОАО «АНПЗ ВНК», Россия, 662110, Красноярский край, Большеулуйский район, промзона. E-mail: KhandarkhaevSV@anpz.rosneft.ru

Актуальность работы обусловлена потребностью регионов Сибири и Дальнего Востока в увеличении производства зимнего и арктического дизельного топлива ЕВРО путем совершенствования существующей технологической схемы процесса гидродепарафинизации прямогонных дизельных фракций.

Цель работы: увеличение выхода дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными и экологическими характеристиками для применения в регионах России с холодным и арктическим климатом путем модернизации технологического оформления секции гидроочистки дизельного топлива в комплексе с эффективным использованием современного пакета катализаторов фирмы «ALBEMARLE» и «AXENS» и подбора оптимальной рецептуры компаундирования компонентов для получения ДТ класса 4 вид III и сорта Е (F) вид II по ГОСТ Р 52368–2005.

Методы исследования: стандартизованные методики определения показателей качества нефтепродуктов (компонентов сырья процесса гидродепарафинизации до и после гидроочистки, топлива дизельного на соответствие ГОСТ Р 52368–2005), а именно ASTM D 4052, ГОСТ 2177, ГОСТ 20287, ГОСТ 5066, ГОСТ 6356, ГОСТ Р 51947, ГОСТ 22254.

Результаты: разработана новая схема переобвязки основного и дополнительного реакторов, блока стабилизации секции гидроочистки, выполнен подбор состава газосырьевой смеси в качестве сырья секции гидроочистки, экспериментально составлены компоновки образцов дизельного топлива класса 4 вид III и ДТ сорта Е (F) вид II по ГОСТ Р 52368–2005.

Ключевые слова:

Дизельное топливо, гидродепарафинизация, гидроочистка, низкотемпературные характеристики.

Введение

Для соответствия современным требованиям технического развития и экологии, а также для расширения возможностей в реализации готовой продукции на отечественном и зарубежных рынках российские нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) разрабатывают план модернизации и развития производств применительно к конкретным условиям каждого НПЗ [1–4].

В целом основными для российской нефтеперерабатывающей промышленности направлениями развития являются:

- увеличение глубины переработки нефти на НПЗ;
- соответствие продукции (бензина, дизельного и котельного топлива) современным требованиям евростандартов;
- рационализация использования производственных мощностей и увеличение энергоэффективности производства;

- совершенствование систем контроля и оптимизации существующих установок для повышения эффективности, надежности и выполнения требований охраны окружающей среды и безопасности работы [5].

В последнее время ежегодно увеличивается доля легкового автотранспорта, использующего дизельное топливо (ДТ). В 2009–2013 гг. среднегодовой темп прироста автотранспорта, работающего на ДТ, составил ~6 % [6]. Следует отметить, что потребность в зимнем и арктическом ДТ составляет 40 % от общего потребления. Однако российскими НПЗ производится в основном летнее ДТ (85 %), зимнего ДТ выпускается в 6 раз меньше (14 %), арктическое ДТ составляет 1 % от объема производства [7, 8]. В России, большая часть территорий которой находится в зоне суровых климатических условий, соотношение зимних и летних марок топлива гораздо ниже, чем в Канаде и скандинавских странах (12 и 20–25 %, соответственно) [9].

В общем, по данным 2009 г., доля дизельного топлива классов 3, 4 и 5 составила 20 % (13,4 млн т) в общем объеме произведенного дизельного топлива [5].

Однако, в то время как все экономически развитые страны уже в 2000 г. перешли на производство дизельных топлив с ограниченным содержанием ароматических углеводородов и серы (не более 0,035 %), в России лишь двенадцать НПЗ освоили частичный выпуск дизельных топлив с содержанием серы до 0,05 % [9].

В настоящее время в России действует ГОСТ Р 52368–2005 «Топливо дизельное ЕВРО», регламентирующий выпуск ДТ ЕВРО по 6 сортам для использования в условиях умеренного климата (А, В, С, D, E, F) и 5 классов для использования в условиях холодного и арктического климата (0, 1, 2, 3, 4, 5) [10].

Наличие в дизельном топливе механических примесей, воды, смолистых веществ, молекулярной структуры парафинов и мыл нафтеновых кислот негативно влияет на эффективность и надежность работы топливной аппаратуры двигателя [11].

Например, входящие в состав ДТ высокомолекулярные парафиновые углеводороды нормального строения, имеющие достаточно высокие температуры плавления, определяют низкотемпературные свойства топлива. Понижение температуры окружающей среды приводит к выпадению н-парафинов из топлива в виде кристаллов различной формы. Протекание этого процесса приводит к забивке топливной аппаратуры кристаллами парафинов.

Для зимних ДТ требуемые показатели низкотемпературных характеристик достигаются в результате снижения содержания высококипящих парафинов нормального строения при оптимальном соотношении с низкокипящими н-парафинами C_{10} – C_{15} , углеводородами изостроения и моноциклическими ароматическими углеводородами, которые являются растворителями высококипящих

н-парафинов. Основными способами получения зимних ДТ являются [12–14]:

- уменьшение содержания высококипящих н-парафинов C_{20} – C_{26} в тяжелой части дизельного дистиллята путем снижения температуры конца кипения дизельной фракции, что ведет к неполному использованию потенциала нефти по дизельной фракции;
- смешение с керосиновой фракцией, приводящее к снижению температуры помутнения ДТ за счет увеличения содержания в нем н-алканов C_6 – C_{14} . Однако введение 10 % (мас.) керосиновой фракции меньше влияет на низкотемпературные свойства, чем удаление из него концевых фракций. Разбавление ДТ керосином приводит к снижению его цетанового числа, вязкости, температуры вспышки и ухудшению смазывающей способности. Кроме того, топливо, содержащее керосиновые фракции, не соответствует требованиям ГОСТ Р 52368–2005 по показателю «фракционный состав». Совершенно очевидно, что этот способ негативно сказывается на качестве выпускаемой продукции;
- добавление присадок, улучшающих прокачиваемость при низких температурах, оказывает, незначительное воздействие на температуру помутнения. Большинство исследователей считают, что депрессорные присадки адсорбируются на поверхности образующихся кристаллов парафинов и лишь препятствуют их агрегации с формированием объемного каркаса. Такие присадки будут ограничено эффективны, они приводят к расслоению топлива при достижении нижнего температурного барьера;
- адсорбционная (цеолитная) или карбамидная депарафинизация. Получение парафина снижает общий объем производства топлив за счет неполного вовлечения в товарный продукт сырья депарафинизации;
- каталитическая депарафинизация в атмосфере водорода. При этом нормальные и слаборазветвленные парафиновые углеводороды селективно подвергаются крекингу на низкомолекулярные и изомеризуются. В процессе получают топливо с высоким цетановым числом, что обусловлено образованием парафиновых соединений за счет раскрытия кольца и отделения парафиновых боковых цепей от более крупных ароматических и сернистых компонентов.

Таким образом, можно сделать вывод, что дефицит выпуска зимних видов ДТ объясняется тем, что при производстве низкозастывающих топлив требуется снизить температуру конца кипения дизельной фракции, что приводит к снижению суммарного выхода светлых нефтепродуктов. При организации производства низкозастывающих ДТ с ультранизким содержанием серы нефтеперерабатывающим предприятиям необходимо одновременно решать две сложные задачи: улучшение низкотемпературных свойств и значительное углубление гидроочистки.

Включение в технологическую схему НПЗ процесса каталитической гидродепарафинизации позволяет в широких пределах преобразовывать химический состав исходного сырья, значительно увеличить степень его использования и, следовательно, повысить выход и качество целевых продуктов.

Опыт производства в России низкосаistyвающих ДТ с содержанием серы 50 и 10 ppm показывает, что процесс депарафинизации в среде водорода хорошо интегрируется с процессом глубокого гидрообессеривания [15]. Для внедрения процесса гидродепарафинизации можно использовать существующие установки гидроочистки без существенных изменений технологической схемы или строительства новых установок.

Внедрение процесса гидродепарафинизации, совмещенного с процессом гидроочистки, стало в 2006 г. одним из этапов модернизации производств Ачинского НПЗ, направленной на обеспечение выпуска летних и зимних ДТ, соответствующих современным экологическим и эксплуатационным требованиям [12, 14].

Методы и методики исследований

Техническое перевооружение установки гидроочистки ДТ (секция 300/1), входящей в комбинированную установку по переработке нефти ЛК-6Ус, включало в себя ввод в строй дополнительного реактора (Р-301А), установленного последовательно с существующим реактором гидроочистки (Р-301), и реконструкцию блока стабилизации, так как процесс гидродепарафинизации связан с гораздо более высоким выходом углеводородного газа и бензина, чем было предусмотрено в первоначальном проекте.

В зимнее время Ачинский НПЗ производит ДТ класса 2 вид II. Технологический процесс получения ДТ ЕВРО на Ачинском НПЗ включает в себя следующие операции:

- электрообезвоживание и электрообессоливание нефти (установка ЭЛОУ);
- прямая атмосферная перегонка нефти (секция 100 установки ЛК-6Ус) с получением керосиновой прямогонной фракции, дизельной фракции и прямогонного погона утяжеленного фракционного состава (УФС);
- вакуумная перегонка мазута на вакуумной колонне К-1 установки ВТ-битумная с получением барометрического соляра (фракции до 350 °С) и верхнего циркуляционного орошения (фракция до 360 °С);
- каталитическая депарафинизация и гидроочистка смеси фракций (секция С-300/1 установки ЛК-6Ус): средней дизельной фракции колонны К-103/2, прямогонного погона УФС колонны К-103/3, барометрического соляра и верхнего циркуляционного орошения колонны К-1 установки ВТ-битумная с получением гидроочищенных (далее – г/о) компонентов: бокового погона колонны К-301 и дизельной фракции (куб колонны К-301);

- гидроочистка керосиновой прямогонной фракции (секция С-300/2 установки ЛК-6Ус) с получением г/о керосиновой фракции;
- смешение компонентов с получением базового ДТ;
- вовлечение в базовое топливо присадок с получением товарного ДТ требуемого качества;
- контроль качества в ходе изготовления и окончательная приемка продукции.

Основными компонентами, вовлекаемыми в сырье процесса гидродепарафинизации, являются фракция керосиновая колонны К-103/1, фракция дизельная колонны К-103/2, прямогонный погон утяжеленного фракционного состава (УФС), барометрический соляр установки ВТ-битумная, верхнее циркуляционное орошение колонны К-1 установки ВТ-битумная.

Смешение компонентов сырья осуществляется в сырьевых резервуарах установки гидроочистки дизельного топлива с возможностью подачи дизельной фракции колонны К-103/2 на прием сырьевых насосов, что позволяет оперативно корректировать качество сырьевого потока.

С целью подбора оптимальной рецептуры компаундирования компонентов дизельного топлива, а также с целью оценки эффективности проводимых мероприятий сотрудниками Института нефти и газа СФУ были проведены лабораторные исследования по определению показателей качества сырья установки гидродепарафинизации, компонентов смешения ДТ класса 4 вид III и сорта Е (F) вид II по ГОСТ Р 52368–2005 для применения в регионах России с холодным и арктическим климатом и конечного продукта с использованием стандартизованных методик.

Результаты исследований

Рассматривая различные современные технологии перехода на производство ДТ для арктического климата класса 4 вид III, специалисты предприятия, основываясь на проведенных исследованиях, пришли к выводу о необходимости реализации следующих мероприятий.

1. Переобвязка реактора Р-301Б объемом 110 м³ с включением первым в системе хода сырья и реактора Р-301А объемом 70 м³ с включением вторым по ходу сырья (рисунок).
2. На блоке стабилизации с целью достаточного отбора компонента ДТ зимнего, выводимого боковым погоном из К-301 в отпарную колонну К-301/1 до объемов не менее 80 м³/ч предлагается выполнить следующие мероприятия:
 - увеличить диаметр линии вывода бокового погона из К-301 в К-301/1 с ДУ=150 мм до ДУ=200 мм;
 - смонтировать запорно-регулирующую арматуру на каждом потоке перед входом в печь П-303;
 - произвести расчет печи П-303 с целью увеличения температуры выхода продукта из печи. Необходимость увеличения темпера-

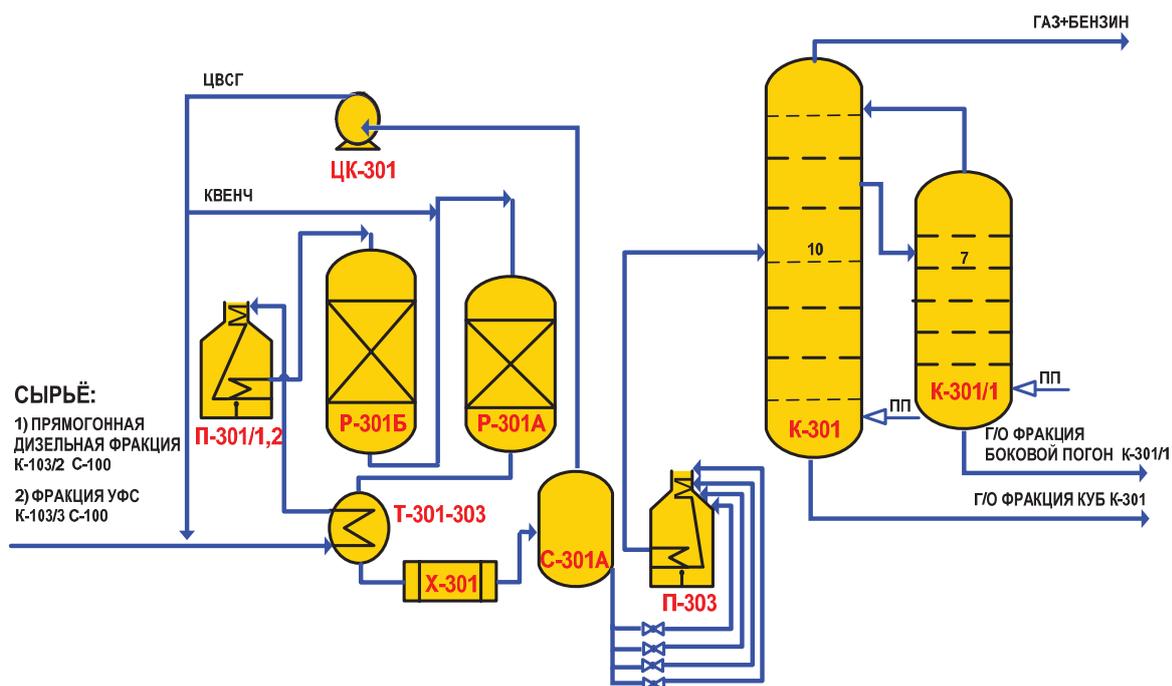


Рисунок. Принципиальная технологическая схема секции гидроочистки ДТ С-300/1, где: Р-301А – реактор депарафинизации; Р-301Б – реактор гидроочистки; П-301/1,2, П-303 – печь; ЦК-301 – циркуляционный компрессор водородсодержащего газа; Т-301-303 – теплообменники реакторного блока; Х-301 – воздушный холодильник; С-301А – сепаратор высокого давления; К-301 – колонна стабилизации; К-301/1 – колонна стабилизации бокового погона К-301; ЦВСГ – циркуляционный водородсодержащий газ; пп – перегретый водяной пар; г/о – гидроочищенная фракция

Figure. Process flow diagram of diesel fuel С-300/1 hydrotreating section, where Р-301А is the hydrodewaxing reactor; Р-301Б is the hydrotreating reactor; П-301/1,2, П-303 is the furnace; ЦК-301 is the circulation compressor of hydrogen-containing gas; Т-301-303 is the heat-transfer device of the reactor block; Х-301 is the air condenser; С-301А is the high pressure separator; К-301 is the stabilizer column; К-301/1 is the stabilizer column of side stream К-301; ЦВСГ is the circulation hydrogen-containing gas; nn is the overheated water vapor; г/о is the hydrotreated cut

туры до 255 °С установлена в период опытного пробега установки.

Вниз колонны К-301 и колонны К-301/1 подается перегретый водяной пар для снижения парциального давления нефтепродуктов.

3. На секции гидроочистки керосина С-300/2 следует ужесточить температурный режим реактора Р-302, что позволит снизить содержание серы в керосине до уровня 3 ppm и получить компонент ДТ для арктического климата класса 4 вид III.

Физико-химические показатели вовлекаемых в сырье гидроочистки компонентов с указанием метода испытания представлены в табл. 1.

Результаты определения показателей качества компонентов для получения ДТ класса 4 вид III и сорта Е (F) вид II по ГОСТ Р 52368–2005 представлены в табл. 2.

Результаты лабораторных испытаний (табл. 3) образца ДТ, полученных по предлагаемой схеме модернизации производства, показали, что по фракционному составу, плотности, содержанию серы и температуре помутнения образец соответствует требованиям ГОСТ Р 52368.

Обсуждение результатов

Технологическое решение по переобвязке реактора Р-301Б основано на том, что реакции в про-

цессе гидроочистки дизельных фракций носят экзотермичный характер. Реактор с катализатором депарафинизации в этом случае должен быть вторым по ходу сырья с возможностью регулирования температурного режима работы реакторного блока путем подачи квенча (холодного водорода).

Сырьем секции С-300/1 является смесь фракций К-103/2 и К-103/3 из секции 100. Соотношение фракций зависит от поставленной производственной задачи: при производстве ДТ зимнего доля фракции К-103/2 в соотношении с фракцией К-103/3 увеличивается. При производстве дизельного топлива летнего увеличивается доля фракции К-103/3 в сырье секции 300/1, а избыток К-103/2 выводится на приготовление топлива маловязкого судового или в резерв для последующего приготовления ДТ летнего.

В настоящее время разработано большое количество эффективных катализаторов гидроочистки, высокая эффективность которых доказана экспериментальными исследованиями [16–18].

В реакторе Р-301Б на катализаторах гидрообессеривания KF-757–1.3Q STARS фирмы ALBEMARLE и HR-626 фирмы «AXENS» происходит гидрирование сернистых, азотистых, кислородсодержащих и непредельных соединений, содержащихся в смесевом сырье. Реакции гидрирования

Таблица 1. Показатели качества компонентов сырья процесса гидродепарафинизации**Table 1.** Quality indices of hydrodewaxing raw material components

Наименование Title	Фракция керосиновая колонны К-103/1 Paraffin cut of K-103/1 column	Фракция дизельная колонны К-103/2 Diesel cut of K-103/2 column	Прямойгонный погон УФС Straight-run heavy cut	Барометрический соляр установки ВТ-битумная Off-spec summer diesel cut of VT-bitumen device	Верхнее циркуляционное орошение колонны К-1 установки ВТ-битумная Upper circulation reflux of K-1 column in VT-bitumen device	Нормативный документ на метод испытания Regulatory document for the tests
Плотность при 20 °С, кг/м ³ Density at 20 °C, kg/m ³	789,3	837,7	872,1	–	–	ASTM D 4052
Фракционный состав: Atmospheric distillation: температура начала кипения, °С: initial boiling point, °C: выход фракций (%), °С percent evaporated (%), °C	133	182	226	249	324	ГОСТ 2177
10	159	223	292	285	334	
50	181,4	261	339	308	347	
90	196	301	358	331	366	
96	–	312	360	340	380	
T _{застывания} , °С Pour Point, °C	–	–27	–	–14	6	ГОСТ 20287
T _{вспышки} , °С Flash Point, °C	33	69	111	109	181	ГОСТ 6356
Массовая доля серы, % Sulfur content, %	0,029	0,222	0,584	0,642	0,797	ГОСТ Р 51947

Таблица 2. Показатели качества компонентов для получения ДТ класса 4 вид III и сорта E (F) вид II по ГОСТ Р 52368–2005**Table 2.** Quality indices of components for obtaining diesel fuel of the class 4 type III and kind E (F) type II according to the GOST Р 52368–2005

Наименование Title	Гидроочищенная фракция бокового погона К-301/1 K-301/1 side stream cut	Гидроочищенная дизельная фракция из куба К-301 Diesel cut of K-301	Гидроочищенная керосиновая фракция С-300/2 Paraffin cut C-300/2	Нормативный документ на метод испытания Regulatory document for the tests
Плотность при 20, кг/м ³ Density at 20 kg/m ³	818,7	842,8	795,1	ASTM D 4052
Фракционный состав: Atmospheric distillation: температура начала кипения, °С: initial boiling point, °C: выход фракций (%), °С percent evaporated (%), °C	182	197	155	ГОСТ 2177
10	200	234	173	
50	217	270	191	
90	239	326	206	
96/98	248	345	214	
T _{вспышки} , °С Flash Point, °C	53	65	34	ГОСТ 6356
Предельная температура фильтруемости, °С Maximum filtration temperature, °C	–53	–21	–	ГОСТ 22254
T _{cloud} / T _{crystallization} , °С	–/–51	–/–17	–/–62	ГОСТ 20287 ГОСТ 5066
Содержание серы, ppm Sulfur content, ppm	0,4	1,4	3	ГОСТ Р 51947

прямогонных фракций протекают с незначительным тепловым эффектом, в результате чего температура на выходе из реактора может повышаться на 10–20 °С [19].

Газосырьевая смесь (ГСС) идет в реактор Р-301А, где на катализаторе обессеривания и деазотирува-

ния KF-859–1.5Q и катализаторе депарафинизации KF-1102–3 фирмы «ALBEMARLE» происходит частичный гидрокрекинг углеводородов C₁₄–C₁₆ с образованием легких углеводородов и частичной изомеризацией, а также образование легких бензиновых фракций (эндотермические реакции).

Таблица 3. Требования к качеству образца ДТ в соответствии с ГОСТ Р 52368–2005.**Table 3.** GOST P 52368–2005 quality requirements for diesel fuel sample

Наименование Title	Норма для сорта Е (F) вид II Standard for sort E (F) kind II	Фактический показатель с вовлечением пакета присадок Real index with additives package	Норма для класса 4 вид III Standard for class 4 kind III	Фактический показатель с вовлечением пакета присадок Real index with additives package
Цетановое число, не менее Cetane number, not less	51,0	51,2	47	48
Плотность при 15 °С, кг/м ³ Density at 15 °C, kg/m ³	820–845	833,3	800–840	838,2
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше Maximum filtration temperature, °C, not higher	–15	–21	–44	–49
Массовая доля серы, мг/кг, не более Sulfur content, mg/kg, not more	50	40	10	7,7
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже Flash point in a closed cut, °C, not lower	55	56	30	44
Смазывающая способность мкм, не более Lubricating capacity, μm, not more	460	440	460	396
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм ² /с Kinematic viscosity at 40 °C, mm ² /s	2,00–4,50	2,8	1,20–4,00	2,01
Фракционный состав, выход до температуры (% об.) Atmospheric distillation, percent evaporated (% vol.)				
до 180 °С, не более/up to 180 °C, not more	–	–	10	3,0
до 250 °С, не более/up to 250 °C, not more	65	47	–	–
до 350 °С, не менее/up to 350 °C, not less	85	97	95	98,0
95 % об. перегоняется при температуре, не выше 95 % vol. evaporated up to temperature, not higher (°C)	360	325	–	314

При температуре 400 °С входа ГСС по предложенной схеме в Р-301Б, предполагаемая температура выхода ГСС из реактора составит 420–425 °С, что является предельной температурой для работы катализатора депарафинизации. Это обстоятельство регламентирует необходимость использования линии подачи квенча (температура квенча 80 °С) на вход ГСС в Р-301А. Отсутствие подачи квенча на вход в Р-301А может вызвать более значительный крекинг с выделением углеводородного газа и бензиновой фракции, что значительно снижает выход балансового количества ДТ.

Проектирование переобвязки реакторов позволит стабильно получать ДТ с содержанием серы ниже 50 ppm. Причем реактор депарафинизации возможно подключить с байпасной линией, для исключения потерь выхода ДТ в летний период работы.

С перспективным переходом на производство ДТ с остаточным (ультранизким содержанием серы (10 ppm)) потребуется более жесткий температурный режим при эксплуатации катализатора гидроочистки.

На основе экспериментальных исследований составлены компоновки образцов ДТ класса 4 вид III и ДТ сорта Е (F) вид II при одновременном производстве этих марок ДТ, а также проведена технико-экономическая оценка предлагаемого варианта производства по сравнению с действующей схемой.

Смещение компонентов ДТ предлагается осуществлять в трубопроводе при откачке в товарный резервуар или непосредственно в товарном резервуаре.

Для повышения противозносных свойств производимых топлив и получения запаса по цетановому числу необходимо компаундирование с противозносной и цетаноповышающей присадками. В соответствии с технологической схемой, введение присадок осуществляется на узле ввода присадок путем отдельной подачи их концентратов в базовое ДТ. Не исключена возможность подачи присадок в рабочем растворе, что позволит за счет эффективного перемешивания снизить удельные расходы присадок. Расход может меняться в зависимости от качественных характеристик базового топлива.

Выводы

Таким образом, предлагаемая схема модернизации в комплексе с эффективным использованием современного пакета катализаторов фирмы «ALBEMARLE» и «AXENS» позволит Ачинскому НПЗ стабильно производить ДТ класса 4 вид III с необходимыми показателями низкотемпературных свойств, а также выполнять экологические требования по содержанию серы в товарных нефтепродуктах.

Вовлечение гидроочищенной керосиновой фракции в производство ДТ зимнего позволит значительно увеличить его выпуск, улучшить его низкотемпературные характеристики и в большей степени вовлечь гидроочищенную фракцию УФС (кубовый продукт К-301). Недействующие фракции УФС в производстве ДТ прямые дизельные фракции УФС предлагается направить в производство топлива маловязкого судового.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркулов Д.В. Современное состояние процессов вторичной переработки нефти и производственные возможности нефтеперерабатывающей промышленности России // Научные труды Института народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2011. – Т. 9. – С. 496–521.
2. Халикова Д.А., Меньшикова Т.С. Сравнение ключевых показателей дизельных топлив зарубежного и отечественного производств // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – № 9. – С. 226–227.
3. Нефедов Б.К. Современные технологии нефтепереработки для модернизации действующих установок НПЗ // Катализ в промышленности. – 2007. – № 1. – С. 17–22.
4. Малобюджетная модернизация действующих НПЗ на углубление переработки нефти / А.К. Курочкин, А.В. Курочкин, Р.Н. Гимаев, А.А. Курочкин // Территория нефтегаз. – 2006. – № 12. – С. 44–49.
5. Нефедов Б.К. Пути развития и модернизация российских НПЗ // Катализ в промышленности. – 2008. – № 1. – С. 33–39.
6. Анализ рынка дизельного топлива в России в 2006–2010 гг., прогноз на 2011–2015 гг. URL: <http://businessstat.ru/> (дата обращения: 21.02.2014).
7. Современное состояние производства низкозастывающих дизельных топлив на заводах России / Т.Н. Митусова, В.А. Хавкин, Л.А. Гуляева, М.В. Калинина, Н.Я. Виноградова // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2012. – № 2. – С. 6–8.
8. О технических требованиях к качеству моторных топлив для автомобильной техники / В.В. Соколов, Д.В. Извеков, Б.М. Бунаков, Ю.В. Шюте // Труды НАМИ. – 2010. – № 244. – С. 123–135.
9. Рудин М.Г. Переработка нефти. Состояние и перспективы // Нефтехимия. – 2007. – № 4. – С. 269–275.
10. ГОСТ Р 52368–2005 Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2009. – 9 с.
11. Татаров Л.Г., Степанидина О.Н., Тарасов Ю.С. Качество дизельного топлива // Вестник ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – № 1. – С. 57–59.
12. Опыт модернизации производства дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными свойствами / Ю.М. Касюк, О.А. Дружинин, Д.А. Мельчаков, С.В. Хандархаев, В.М. Пичугин, В.П. Твердохлебов // Технологии нефти и газа. – 2009. – № 3. – С. 12–16.
13. Дружинин О.А., Коновальчиков О.Д., Хавкин В.А. Деструктивные процессы гидрогенизационного облагораживания дизельных дистиллятов // Наука и технология углеводородов. – 2003. – № 1. – С. 71–74.
14. Unit for Exhaustive Hydrorefining of Diesel Fuel. Construction and Startup at Rosneft' Oil Co.-Komsomorsk Oil Refinery OJSC / V.V. Napadovskii, V.V. Ezhov, K.V. Baklashov, Yn.N. Lebedev, A.S. Levandovskii, V.V. Melekhin, V.G. Zaitsev // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2006. – V. 42. – № 5. – P. 325–331.
15. Erkina L.I., Feigin S.A., Radchenko E.D. Basic problems in production of winter types of diesel fuel // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 1978. – V. 14. – № 7. – P. 34–36.
16. Commercialization of Production of Ecologically Clean Diesel Fuel / L.N. Osipov, E.F. Kaminskii, A. Gimbutas, N.Ya. Vinogradova, K. Rushkis, V.A. Khavkin, et al. // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 1998. – V. 34. – № 6. – P. 330–333.
17. Кинетические закономерности превращения серосодержащих соединений в процессе гидроочистки дизельной фракции / Н.И. Кривцова, Э.Д. Иванчина, И.В. Занин, Ю.И. Ландль, А.А. Таурщиков // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 322. – № 3. – С. 83–86.
18. Кунанбаева И.А. Применение процесса гидрокаталитической депарафинизации для получения низкозастывающего дизельного топлива // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2012. – № 5. – С. 80–83
19. Robinson P.R., Dolbear G.E. Hydrotreating and Hydrocracking: Fundamentals // Practical Advances in Petroleum Processing. – 2006. – P. 177–218. URL: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-25789-1_7 (дата обращения: 18.03.2014).

Поступила 20.05.2014 г.

UDC 665.753.4

IMPROVING THE QUALITY OF WAXY DIESEL FUELS AT CATALYTIC HYDRODEPARAFFINIZATION

Fedor A. Buryukin,

Cand. Sc., Siberian Federal University, 79, Svobodny avenue,
Krasnoyarsk, 660041, Russia. E-mail: FBuryukin@sfu-kras.ru

Svetlana S. Kositsyna,

Siberian Federal University, 79, Svobodny avenue,
Krasnoyarsk, 660041, Russia. E-mail: kositsyna_ss@mail.ru

Sergey A. Savich,

Siberian Federal University, 79, Svobodny avenue,
Krasnoyarsk, 660041, Russia. E-mail: savichiv@ya.ru

Ekaterina V. Smirnova,

Achinsk Refinery industrial area, Bolsheuluisky district, 662110,
Krasnoyarsk territory, Russia. E-mail: SmirnovaEV@anpz.rosneft.ru

Sergey V. Handarhaev,

Achinsk Refinery industrial area, Bolsheuluisky district, 662110,
Krasnoyarsk territory, Russia. E-mail: KhandarkhaevSV@anpz.rosneft.ru

Relevance of the work is caused by the need of regions of Siberia and the Far East in increasing production of winter and the EURO Arctic diesel fuels improving the existing technological scheme of hydrodewaxing of straight-run diesel fractions.

The main aim of the paper: increasing the efficiency of existing technologies for producing diesel fuels with the improved low-temperature and ecological characteristics for application in regions of Russia with cold and Arctic climate by upgrading the technological clearance of section hydrotreating of diesel fuel, the effective use of modern package of catalysts firm «ALBEMARLE» and «AXENS» and selecting the optimum recipe compounding of ingredients.

Research methods: standardized techniques for determining quality parameters of oil products (components of raw materials of hydrodewaxing before and after hydrotreating, diesel fuel in accordance with GOST P 52368–2005), namely ASTM D 4052, GOST 2177, GOST 20287, GOST 5066, GOST 6356, GOST P 51947, GOST 22254.

Results: The authors have developed a new system to increase the production of diesel fuel with improved low-temperature and ecological characteristics. The modernization included the rebinding of the main and additional reactors, the block of stabilization of hydrotreating section and selection of composition of gas-raw mix as raw materials of hydrotreating section. The composition of the samples of diesel fuel of a class 4 type III and diesel fuel of a grade E (F) type II in accordance with GOST R 52368–2005 was picked up experimentally.

Key words:

Diesel fuel, hydrodewaxing, hydrotreating, low temperature performance.

REFERENCES

1. Merkulov D.V. Sovremennoe sostoyanie protsessov vtorichnoy pererabotki nefi i proizvodstvennye vozmozhnosti neftepererabatyvayushchey promyshlennosti Rossii [Current state of the secondary refining processes and manufacturing capabilities of refining industry in Russia]. *Nauchnye trudy Instituta narodnokhozyaystvennogo prognozirovaniya RAN*, 2011, vol. 9, pp. 496–521.
2. Khalikova D.A., Menshikova T.S. Sravnenie klyuchevykh pokazateley dizelnykh topliv zarubezhnogo i otechesvennogo proizvodstva [Comparison of key indicators of diesel fuels of foreign and domestic production]. *Vestnik Kazanskogo Tekhnologicheskogo Universiteta*, 2012, vol. 15, no. 9, pp. 226–227.
3. Nefedov B.K. Sovremennye tekhnologii neftepererabotki dlya modernizatsii deystvuyushchikh ustanovok NPZ [Modern oil refinery technologies for modernization of existing units at Refineries]. *Kataliz v promyshlennosti*, 2007, no. 1, pp. 17–22.
4. Kurochkin A.K., Kurochkin A.V., Gimaev R.N., Kurochkin A.A. Malobyudzhelnaya modernizatsiya deystvuyushchikh NPZ na uglublenie pererabotki nefi [Low-budget modernization of existing refineries to deepen refining]. *Territoriya neftegaz*, 2006, no. 12, pp. 44–49.
5. Nefedov B.K. Puti razvitiya i modernizatsiya rossiyskikh NPZ [Ways of development and modernization of Russian refineries]. *Kataliz v promyshlennosti*, 2008, no. 1, pp. 33–39.
6. *Analiz rynka dizelnogo topliva v Rossii v 2006–2010 gg, prognoz na 2011–2015 gg.* [Analysis of diesel fuel market in Russia in 2006–2010, forecast for 2011–2015]. Available at: <http://businessstat.ru/> (accessed 21 February 2014).
7. Mitusova T.N., Khavkin V.A. Gulyaeva L.A., Kalinina M.V., Vinogradova N.Ya. Sovremennoye sostoyaniye proizvodstva nizkozastyvayushchikh dizelnykh topliv na zavodakh Rossii [Current state of production of waxy diesel fuels at Russian factories]. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompaniy*, 2012, no. 2, pp. 6–8.
8. Sokolov V.V., Izvekov D.V., Bunakov B.M., Shyute Yu.V. O tekhnicheskikh trebovaniyakh k kachestvu motornykh topliv dlya avtomobilnoy tekhniki [On technical requirements for the quality of motor fuels for automotive vehicles]. *Trudy NAMI*, 2010, no. 244, pp. 123–135.
9. Rudin M.G. Oil refining in Russia: Current status and prospects. *Petroleum Chemistry*, 2007, vol. 47, no. 4, pp. 245–249.
10. *GOST R 52368–2005 Diesel fuel EVRO. Specifications.* Moscow, Standartinform, 2009. 9 p.

11. Tatarov L.G., Stepanidina O.N., Tarasov Yu.S. Kachestvo dizelnogo topliva [Diesel fuel quality]. *Vestnik ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, 2008, no. 1, pp. 57–59.
12. Kasuk U.M., Druzhinin O.A., Melchakov D.A., Khandarkhaev S.V., Pichugin V.M., Tverdokhlebov V.P. Opyt modernizatsii proizvodstva dizelnogo topliva s uluchshenymi nizkotemperaturnimi svoystvami [Experience in modernization of producing diesel fuel with improved low-temperature properties]. *Tekhnologii nef ty i gaza*, 2009, no. 3, pp. 12–16.
13. Druzhinin O.A., Konovalchikov O.D., Khavkin V.A. Destruktivnye protsessy gidrogenizatsionnogo oblagorazhivaniya dizelnykh distillyatov [Destructive processes of hydrogenation refining of diesel distillates]. *Nauka i tekhnologiya uglevodorodov – Science and Technology of hydrocarbons*, 2003, no. 1, pp. 71–74.
14. Napadovskii V.V., Ezhov V.V., Baklashov K.V., Lebedev Yn.N., Levandovskii A.S., Melekhin V.V., Zaitsev V.G. Unit for Exhaustive Hydrorefining of Diesel Fuel. Construction and Startup at Rosneft' Oil Co.-Komsomorsk Oil Refinery OJSC. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 2006, vol. 42, no. 5, pp. 325–331.
15. Erkina L.I., Feigin S.A., Radchenko E.D. Basic problems in production of winter types of diesel fuel. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 1978, vol. 14, no. 7, pp. 34–36.
16. Osipov L.N., Kaminskii E.F., Gimbutas A., Vinogradova N.Ya., Rushkis K., Khavkin V.A. Commercialization of Production of Ecologically Clean Diesel Fuel. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 1998, vol. 34, no. 6, pp. 330–333.
17. Krivtsova N.I., Ivanchina E.D., Zanin I.V., Landl Yu.I., Taurshchikov A.A. Kineticheskie zakonomernosti prevrashcheniya serosoderzhashchikh soedineniy v protsesse gidroochistki dizelnoy fraktsii [Kinetic laws of turning sulfur-containing compounds at hydrorefining of oil diesel fraction]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2013, vol. 322, no 3, pp. 83–86.
18. Kunanbaeva I.A. Primenenie protsesssa gidrokataliticheskoy deparafinizatsii dlya polucheniya nizkozastyvayushchego dizelnogo topliva [Application of hydrocatalytic dewaxing for obtaining waxy diesel fuel]. *Oborudovanie i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa*, 2012, no. 5, pp. 80–83.
19. Robinson P.R., Dolbear G.E. Hydrotreating and Hydrocracking: Fundamentals. *Practical Advances in Petroleum Processing*, 2006, pp. 177–218. Available at: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-25789-1_7 (accessed: 18 March 2014).

Received: 20 May 2014.