

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА СУДОВОГО МАЛОВЯЗКОГО ТОПЛИВА

Кондрашева Н.К., Кондрашев Д.О., Станкевич К.Е.,
Попова С.В., Валид Насиф

Уфимский государственный нефтяной технический университет

В связи с проблемой нерационального использования большого количества дефицитного дизельного топлива в судовых дизелях, целью настоящей работы явилась разработка технологии получения судового маловязкого топлива на базе менее дефицитного сырья, которое, будучи достаточно дешёвым, обеспечивало бы нормальную работу судовых дизелей всех типов.

В связи с увеличением доли тяжёлых сернистых и высокосернистых нефтей в общем объёме добываемых и перерабатываемых нефтей, а также направлением на дальнейшее расширение ресурсов моторных топлив за счёт углубления переработки нефти [1-3], была изучена возможность рационального использования средних дистиллятов первичных и вторичных процессов в составе топлив для судовых дизелей.

Судовое маловязкое топливо (СМТ) – это среднедистиллятное топливо, предназначенное для применения в высокооборотных и среднеоборотных судовых дизелях вместо дизельного, газотурбинного и моторного топлив [2,5]. Компонентами маловязкого судового топлива являются негидроочищенные и гидроочищенные атмосферные и вакуумные дистилляты, продукты вторичного происхождения – лёгкие газойли каталитического и термического крекинга, замедленного коксования [3-8].

Основными показателями качества топлив для судовых двигателей являются:

- вязкость, обеспечивающая нормальное распыление топлива в форсунках;
- содержание серы, наиболее агрессивной составляющей топлива;
- коксуемость, характеризующая возможность закоксовывания деталей топливной аппаратуры;
- зольность, определяющая появление отложений в системе топливопередачи;
- цетановое число, характеризующее экономические и мощностные показатели работы двигателя.

В связи с проблемой нерационального использования большого количества дефицитного дизельного топлива в судовых дизелях [6-8] целью настоящей работы явилась разработка технологии получения судового маловязкого топлива на базе менее дефицитного сырья, которое, будучи достаточно дешёвым, обеспечивало бы нормальную работу судовых дизелей всех типов.

В качестве исходных компонентов судового маловязкого топлива были отобраны и исследованы основные физико-химические свойства следующих продуктов, вырабатываемых на АО «Ново-Уфимском НПЗ»: гидроочищенная дизельная фракция с установки ЛЧ–24–7, лёгкий газойль замедленного коксования с установки 21–10 и газойль термического крекинга с установки ТК–4. Качество исходных компонентов представлено в табл.1.

Таблица 1

Качество исходных компонентов судового маловязкого топлива

Наименование показателей	Термогазойль с установки ТК–4 21.03.2001	Лёгкий газойль замедленного коксования с установки 21–10 21.03.2001	Гидроочищенное дизельное топливо с установки ЛЧ–24–7 28.03.2001
1. Вязкость при 20 °С:			
- Условная, град. ВУ	11,37	1,45	1,32
- Соответствующая ей кинематическая, мм ² /с	-	5,6	4,07
2. Цетановое число	44	49	48
3. Температура вспышки в закрытом тигле, °С	70	85,5	68
4. Температура застывания, °С	+15	–23	–19
5. Массовая доля серы, %	1,72	2,14	0,16
6. Массовая доля меркаптановой серы, %	0,0064	0,05	0,00015
7. Коксуемость, % масс.	0,12	0,41	0,046
8. Зольность, % масс.	0,004	0,018	0,0002
9. Содержание воды	отсутствие	отсутствие	отсутствие
10. Плотность при 20 °С, кг/м ³	969	915	828
11. Йодное число, г йода на 100г продукта	30,30	35,39	2,6
12. Фракционный состав:			
НК, °С	-	216	-
5% перегоняется при температуре, °С		240	
10% то же		253	
30% – " –		300	
60% – " –		330	
80% – " –		350	
85% – " –		360	
90% – " –		380	
КК		386	
Выход, %		92,5	

Основной задачей исследований явилось вовлечение в состав СМТ максимально возможного количества наименее дефицитного и недорогостоящего газойля термического крекинга с установки ТК–4, который не может быть использован при получении сажи из-за недостаточного содержания в нем ароматических углеводородов. Сравнительный анализ физико-химических свойств исследуемых дистиллятов с требованиями, предусмотренными ТУ 38.101567–2000 на судовое маловязкое топливо (табл.2), показал, что показателями, ограничивающими содержание термогазойля в составе СМТ, являются: высокая вязкость (11,4 °ВУ при 20 °С), плотность (969 кг/м³ при 20 °С), температура застывания (+15 °С), содержание серы (1,72 % масс.) и йодное число (30,3 г йода /100г).

Таблица 2

Технические условия на судовое маловязкое топливо (ТУ 38.101567–2000)

Наименование показателей	Нормы	Методы испытаний
1. Вязкость при 20 °С, не более: - условная, град. ВУ - соответствующая ей кинематическая, мм ² /с	2,0 11,4	ГОСТ 6258–52 ГОСТ 33–82
2. Цетановое число	40	ГОСТ 3122–67
3. Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	62	ГОСТ 6356–75
4. Температура застывания, °С, не выше	минус 10	ГОСТ 20287–74
5. Массовая доля серы, %, не более: I вид II вид III вид	0,5 1,0 1,5	ГОСТ 19121–73
6. Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,025	ГОСТ 17323–71
7. Содержание воды	следы	ГОСТ 2477–65
8. Коксуемость, % масс., не более	0,2	ГОСТ 19932–74
9. Содержание механических примесей	0,02	ГОСТ 6370–83
10. Зольность, % масс., не более	0,01	ГОСТ 1461–75
11. Содержание водорастворимых кислот и щелочей	отсутствие	ГОСТ 6307–75
12. Плотность при 15 °С, кг/м ³ , не более	893	ГОСТ 3900–85
13. Йодное число г йода на 100г топлива, не более	20	ГОСТ 2070–82 (Метод А)

Лёгкий газойль замедленного коксования не удовлетворяет требованиям на топливо СМТ по таким характеристикам, как: содержание серы – 2,14 % (масс.), плотность – 915 кг/м³ при 20 °С, содержание меркаптановой серы – 0,05 % (масс.), зольность – 0,018 % (масс.), йодное число – 35,39 г йода /100г, коксумость – 0,41 % (масс.). По остальным показателям данные нефтепродукты имеют большой запас качества.

Гидроочищенное дизельное топливо по всем показателям качества отвечает вышеперечисленным требованиям, предусмотренным в технических условиях.

Получение лабораторных образцов и подбор компонентного состава судового маловязкого топлива осуществлялся прямым компаундированием вышеуказанных дистиллятов в различных соотношениях. Состав лабораторных образцов судового маловязкого топлива представлен в табл. 3.

Таблица 3

Компонентный состав лабораторных образцов СМТ

Смесь \ Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Термогазойль, % (масс.)	40	50	60	-	-	10	15	30	20	10
Лёгкий газойль коксования, % (масс.)	-	-	-	40	50	50	45	40	20	10
Гидроочищенное дизельное топливо, % (масс.)	60	50	40	60	50	40	40	40	60	80

Качество исследуемых лабораторных образцов судового маловязкого топлива приведено в табл. 4.

На основании проведенных исследований были разработаны следующие компонентные составы судового маловязкого топлива, получаемые при переработке смеси сернистых западносибирских и высокосернистой арланской нефтей:

Состав 8 – 30 % (масс.) термогазойля с установки ТК–4, 30 % (масс.) лёгкого газойля замедленного коксования с установки 21–10 и 40 % (масс.) гидроочищенной дизельной фракции с установки ЛЧ–24–7. Данный компонентный состав отвечает требованиям ТУ 38.101567–2000 на летнюю марку (период с 01.04. по 01.09) судового маловязкого топлива вида III с содержанием серы 1,22 % (масс.). Дальнейшее увеличение содержания термогазойля приведёт к росту температуры застывания, выше установленных требований. Кроме того, цвет смеси становится тёмно-зелёным, что не отвечает требованиям заказчика.

Состав 9 – 20 % (масс.) термогазойля, 20 % (масс.) лёгкого газойля коксования и 60 % (масс.) гидроочищенной дизельной фракции соответствует по всем показателям качества требованиям ТУ на марку СМТ вида II при применении присадки, понижающей температуру застывания.

Состав 10 – 10 % (масс.) термогазойля, 10 % (масс.) лёгкого газойля и 80 % (масс.) гидроочищенной дизельной фракции. Содержание серы в данном образце превышает 0,5 % (масс.) для топлива вида I. Для снижения содержания серы необходимо увеличить долю гидроочищенной дизельной фракции, что нерационально с экономической точки зрения, так как приводит к удорожанию стоимости топлива и снижению ресурсов дизельного топлива. Кроме того, для данного состава необходимо применение присадки, понижающей температуру застывания.

В табл.5 приведены результаты определения физико-химических свойств опытных образцов СМТ, рекомендуемых к внедрению на АО «Ново-Уфимский НПЗ». Эти образцы удовлетворяют эксплуатационным требованиям потребителя при применении присадок, понижающих температуру застывания.

Таблица 4

Качество лабораторных образцов СМТ

Наименование показателей	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Вязкость при 20 ⁰ С: условная, град. ВУ соответствующая ей кинематическая, мм ² /с	- 8,42	- 10,73	- 13,53	- 5,16	- 5,49	1,51 6,31	1,56 6,84	1,62 7,5	1,5 6,2	1,4 5,2
2. Температура вспышки в закрытом тигле, ⁰ С	69	69	71	70	74	77	77	74	70	70
3. Температура застывания, ⁰ С	-2	-1	+2	-20	-20	-4	-3	0	-2	-8
4. Массовая доля серы, %	0,78	0,94	1,01	0,95	1,15	1,31	1,29	1,22	0,87	0,52
5. Массовая доля меркаптановой серы, %	0,002 7	0,003 3	0,0039	0,0201	0,0251	0,0257	0,0235	0,0170	0,0114	0,0058
6. Коксуемость, % масс.	0,076	0,083	0,09	0,192	0,228	0,235	0,221	0,177	0,134	0,09
7. Зольность, % масс.	0,001 7	0,002 1	0,0025	0,0073	0,0091	0,0095	0,0088	0,0067	0,0045	0,0024
8. Содержание воды	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.	отсут.
9. Плотность при 20 ⁰ С, кг/м ³	877	893	908	863	867	876	878	880	877	855

Таблица 5

Качество лабораторных товарных образцов СМТ по ТУ 38.101567–2000

Наименование показателей	Нормы	30% термогазойль 30% лёгкий газойль коксования 40% гидроочищенное дизельное топливо	20% термогазойль 20% лёгкий газойль коксования 60% гидроочищенное дизельное топливо	10% термогазойль 10% лёгкий газойль коксования 80% гидроочищенное дизельное топливо
1. Вязкость при 20 ⁰ С, не более: - условная, град. ВУ - соответствующая ей кинематическая, мм ² /с	2,0 11,4	1,62 7,5	1,5 6,2	1,4 5,2
2. Цетановое число	40	41	42	43
3. Температура вспышки в закрытом тигле, ⁰ С, не ниже	62	74	70	70

Наименование показателей	Нормы	30% термогазойль 30% лёгкий газойль коксования 40% гидроочищенное дизельное топливо	20% термогазойль 20% лёгкий газойль коксования 60% гидроочищенное дизельное топливо	10% термогазойль 10% лёгкий газойль коксования 80% гидроочищенное дизельное топливо
4. Температура застывания, °С, не выше	минус 10	0	минус 2	минус 8
5. Массовая доля серы, %, не более: I вид II вид III вид	0,5 1,0 1,5	1,29	1,0	0,6
6. Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,025	0,011	0,0004	0,0002
7. Содержание воды	следы	Следы	следы	следы
8. Коксуемость, % масс., не более	0,2	0,12	0,13	0,14
9. Содержание механических примесей	0,02	0,012	0,016	0,017
10. Зольность, % масс., не более	0,01	0,0015	0,0017	0,0023
11. Содержание водорастворимых кислот и щелочей	отсут.	отсутствие	отсутствие	отсутствие
12. Плотность при 15 °С, кг/м ³ , не более	893	880	877	855
13. Йодное число г йода на 100г топлива, не более	20	8,4	4,2	3,8
14. Фракционный состав: НК, °С 10% перегоняется при температуре, °С 20% то же 30% – " – 40% – " – 50% – " – 60% – " – 70% – " – 80% – " – 90% – " – до 300°С перегоняется, % об. до 360°С – " –	не нормируется		190 206 238 255 272 288 306 324 342 - 55 88	192 216 236 252 265 282 298 313 332 358 62 91

На основании проведенных исследований разработаны компонентные составы судового маловязкого топлива с содержанием серы до 1,0 и до 1,5 % (масс.), позволяющие не только утилизировать некондиционные газойли термических процессов, но и расширить ресурсы сырья для производства

моторных, в том числе дизельных, топлив и рынок их сбыта. Для получения топлива I вида с содержанием серы до 0,5 % (масс.) необходима более глубокая очистка от сернистых соединений исходных компонентов топлива на современных катализаторах типа РК–222, РК–231 и ГП–497С.

Выводы

1. В результате проведенной работы были исследованы физико-химические свойства среднедистиллятных фракций смеси западно-сибирских сернистых и арланской высокосернистой нефтей с целью рационального их использования в составе топлива СМТ.

2. Разработан компонентный состав СМТ из компонентов сернистых и высокосернистых нефтей двух видов, а именно: с содержанием серы до 1,5 % (масс.) и до 1,0 % (масс.), предусмотренных нормами ТУ 38.101567–2000. С содержанием серы до 1,5 % (масс.) образец содержит 30 % (масс.) термогазойля, 30 % (масс.) лёгкого газойля коксования и 40 % (масс.) гидроочищенной дизельной фракции. С содержанием серы до 1,0 % (масс.) разработано два состава на основе 10–20 % (масс.) термогазойля, 10–20 % (масс.) лёгкого газойля коксования и 60–80 % (масс.) гидроочищенной дизельной фракции..

3. Для получения топлива I вида с содержанием серы до 0,5 % (масс.) необходима более глубокая очистка от сернистых соединений исходных компонентов (дизельной фракции и лёгкого газойля замедленного коксования) на современных катализаторах.

Литература

1. Кондрашева Н.К., Малинин П.А., Вильданов С.Г., Ишалин Р.Н., Ланин И.П., Кондрашев Д.О. Разработка новых видов моторных топлив для судовых дизелей. – Тезисы докладов секции В III Конгресса нефтегазопромышленников России.-Уфа, 2001.-с.115-117.
2. Глухов И.В., Кондрашев Д.О., Вильданов С.Г. Разработка компонентного состава судового маловязкого топлива. – Тезисы доклада 52-ой научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. – Уфа, 2001. – с. 101-102.
3. Кондрашева Н.К. Разработка и внедрение новых технологий производства унифицированных видов судовых топлив и осевых масел. Дисс... докт.техн.наук. – Уфа: 1996. – 436 с.
4. Кондрашева Н.К. Разработка и внедрение новых технологий производства судовых топлив и осевых масел из продуктов глубокой переработки нефти // Тез. докл. Всерос. научно-техн. конф. Уфа, 1995. С.180.
5. Кондрашева Н.К., Ахметов А.Ф. Совершенствование технологии производства судовых топлив // В сб. материалов 6-го Международного форума «Топливо-энергетический комплекс России». – Санкт-Петербург: Изд-во «Киннеф». 2006. С.115-116.
6. Кондрашева Н.К., Глухов И.В., Кондрашев Д.О. и др. Исследование и разработка технологии производства судового маловязкого топлива на АО «Ново-Уфимский НПЗ». –Тезисы докладов научно-практической конференции «Нефтепереработка и нефтехимия», посвященной 90-летию Эйгенсона А.С. -Уфа, 2002.
7. Митусова Т.Н., Сафонова Е.Е., Брагина Г.А., Бармина Л.В. Дизельные топлива и присадки, допущенные к применению в 2001-2004 гг. / / Нефтепереработка и нефтехимия. - 2006. - № 1. – С. 12-14.
8. Митусова Т.Н., Полина Е.В., Калинина М.В. Современные дизельные топлива и присадки к ним. – М.: Техника, 2002. – 64 с.