

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

В статье приведен анализ данных литературных источников по использованию различных видов топлива в дизельных двигателях, который позволил сделать вывод о возможности использования газовых конденсатов ряда месторождений стран СНГ при производстве моторного топлива для дизельных двигателей.

Относительно малое содержание в нефти дизельных фракций – не более 22-24% и необходимость увеличения выхода из нефти топлив для дизелей привели к появлению топлив облегченного широкофракционного состава (ШФС), которые, помимо дизельных фракций, содержат бензиновые, лигроиновые и керосиновые фракции /6/. Для первых предложенных видов таких топлив – ШФС-1 и ШФС-2 (табл. 1) – выход из нефти составляет соответственно 48-50% и 37-30%. Как следует из приведенных в /6/ данных, принципиальное отличие топлив ШФС от стандартных состоит в их низкой температуре начала кипения. В них содержится меньшее количество смол, серы, органических кислот. По температуре вспышки топлива ШФС более близки к бензинам из-за повышенного содержания легких фракций.

Таблица 1. Показатели топлив ШФС /6/

Показатели	ШФС-1	ШФС-2
1. Цетановое число	45-46	43-44
2. Фракционный состав:		
– температура начала кипения, °С;	55-60	50-55
– 10 % перегоняется при температуре, °С;	90-120	85-90
– 50 % перегоняется при температуре, °С;	230-250	245-255
– 96 % перегоняется при температуре, °С	350-360	350-360
3. Вязкость кинематическая при 20°С, мм ² /с	1,8-2,3	1,7-2,2
4. Содержание серы, % масс.	0,05-0,06	0,06-0,07
5. Температура застывания, °С	- 25 ...-27	- 20 ...-22
6. Содержание фактических смол, мг/100 мл	10-20	10-20
7. Теплота сгорания, МДж/кг	43,208	43,166
8. Плотность, г/см ³	0,79	0,79
9. Кислотность, мг КОН/100 мл топлива	1,1	1,2

Исследованиями НАМИ и ВНИИ НП установлено, что по характеру протекания и продолжительности впрыска топливо ШФС-1 тождественно стандартному дизельному. Ввиду наличия в топливах ШФС высококипящих фракций они по воспламеняемости мало отличаются от стандартных. Топливо ШФС-1 и дизельное имеют одинаковую воспламеняемость, а топливо ШФС-2 – несколько худшую воспламеняемость. Энергия активации дизельного стандартного и ШФС-1 – 64,895 МДж/моль, топлива ШФС-2 – 79,549 МДж/моль, тогда

как бензина А-72 – 89,957 МДж/моль. Топлива ШФС по сравнению с традиционными дизельными топливами имеют более качественный углеводородный состав, снижающий дымность отработавших газов, нагароотложение и темп изнашивания деталей поршневой группы. Экономические показатели рабочего цикла, температуры отработавших газов, максимальные давления газов в цилиндре двигателя при работе на топливах ШФС и дизельном практически не отличаются.

Изучение работы дизелей ЯМЗ-236, Д-50 и Д-240 показало /7, 8/, что при одинаковых массовых подачах топлива эксплуатационные и экономические показатели на топливах ШФС и стандартном идентичны. Наблюдалось некоторое ухудшение пуска дизелей на топливах ШФС, и увеличивалось необходимое время работы на режиме холостого хода для обеспечения принятия дизелем нагрузки.

Результаты исследований позволили рекомендовать топлива ШФС для практической реализации. В дальнейшем ВНИИ НП и НАМИ были предложены топлива ШФС летнего, зимнего и арктического видов /7/ (табл. 2).

Из приведенных в табл. 2 данных следует, что показатели топлив ШФС отличаются более низкой температурой начала кипения и улучшенными низкотемпературными свойствами. Снижение температуры застывания для зимнего и арктического топлив достигается за счет снижения температуры конца кипения, однако это вызывает снижение и нижнего предела вязкости с 1,5 до 1,4 мм²/с. Было отмечено, что топлива ШФС по сравнению с дизельными имеют более качественный углеводородный состав. В опытных образцах топлива содержалось 23,6% ароматических углеводородов, 56,3% парафиновых и 20,1% нафтеновых (в образце дизельного топлива содержалось 31% ароматических углеводородов).

Ограниченность запасов нефти /3, 5/, привлечение для производства моторных топлив таких видов сырья, как, например, газовый конденсат (ГК), увеличение парка машин с дизельными дви-

гателями подтверждают необходимость создания многотопливных ДВС, причем, как отмечает автор /11/: «... с учетом специфики новых топлив необходимо разработать теорию многотопливных ДВС...», что требует проведения обширных исследований в области газоконденсатных моторных топлив, изученных пока не в полной мере.

Таблица 2. Топлива ШФС /7/

Показатели	Топлива ШФС		
	летнее	зимнее	арктическое
1 Цетановое число, не менее	43	43	43
2 Фракционный состав:			
-температура начала кипения, °С;	70	70	70
-10 % перегоняется при температуре, °С;	100	100	100
-50 % перегоняется при температуре, °С;	250	250	240
-96 % перегоняется при температуре, °С;	360	340	330
3 Кинематическая вязкость при 20°С, мм ² /с	8-3,5	1,6-3,0	1,4-2,5
4 Кислотность (до), мг КОН/100 мл топлива	2	2	2
5 Содержание серы в топливе, %, не более:			
-малосернистом;	0,2	0,2	0,2
-среднесернистом	0,5	-	-
6 Зольность, %S, не более	0,005	0,005	0,005
7 Температуры, °С:			
-помутнения, не выше;	- 5	- 25	- 40
-вспышки, не ниже;	- 5	- 5	- 5
-застывания, не выше	- 15	- 40	- 55
8 Йодное число, г/100 мг топлива, не более	4	3	3
9 Содержание смол (до), мг/100 мл топлива	40	30	30
10. Плотность при 20°С, г/см ³	0,780	0,780	0,755

Газовый конденсат – бесцветная или светло-коричневая жидкость (при большом содержании смол – темная) с плотностью в пределах от 0,66 до 0,84 г/см³. ГК состоят в основном из метановых, нафтеновых и ароматических углеводородов, но чаще преобладают метановые и нафтеновые. В конденсатах многих месторождений практически отсутствуют вредные примеси, осложняющие использование их в качестве топлив для ДВС, иногда они полностью отвечают требованиям к топливу для дизелей и могут использоваться в качестве последнего без предварительной переработки /4/. Но встречаются ГК с повышенным содержанием серы и смол, как, например, на оренбургских месторождениях. Запасы ГК – около 10% от запасов нефти /5/, и за счет них можно увеличить выход топлив для дизелей на 7-8% /1/.

Свойства и запасы ГК, потребность газодобывающих районов в моторных топливах продиктовали необходимость использования их в качестве топлив для ДВС в первую очередь на местах добычи и в прилегающих к ним районах. Реализация такого подхода стала возможной благодаря большому опыту, накопленному наукой и практикой по использованию различных топлив в ДВС и, в частности, топлив широкого фракционного состава из нефти. Этому способствовало и широкое внедрение в народное хозяйство дизельных двигателей,

менее чувствительных к изменению свойств топлив по сравнению с карбюраторными и обладающих определенной степенью многотопливности. Придание дизельным двигателям многотопливных свойств стало возможным в результате развития теории рабочего цикла и глубокого изучения процессов в системе «двигатель – топливо».

Возможны два варианта использования ГК. Первый вариант – в качестве топлива для дизелей применять стабилизированный ГК в смеси с дизельным топливом. Второй вариант – перегонка ГК на целевые фракции для приготовления высокооктанового бензина и производства топлив для дизелей. Данные о топливах ШФС иногда противоречивы. Например, в работах /5, 7, 10/ сказано, что полученные в итоге топлива видов СК-90 (стабилизированный конденсат) и ВСК-120 (высоко стабилизированный конденсат) по основным физико-химическим показателям соответствуют требованиям, предъявляемым к летнему топливу ШФС, но имеют повышенное содержание смол и не могут из-за этого быть рекомендованы для дизелей. В табл. 3 приведены данные физико-химического анализа проб опытных топлив из конденсата Вуктыльского газоконденсатного месторождения /7/.

Таблица 3. Показатели топлив ШФС на основе ГК

Показатели	ГК	Смесь ГК и ДТ в равных долях	СК-90	ВСК-120
1 Плотность при 20°С, г/см ³	0,761	0,78	0,778	0,794
2 Фракционный состав:				
- температура начала кипения	52	62	95	120
- 10 % перегоняется при температуре, °С;	76	111	112	131
- 50 % перегоняется при температуре, °С;	151	200	169	200
- 90 % перегоняется при температуре, °С;	328	300	311	333
- 96 % перегоняется при температуре, °С	360	350	353	-
3 Содержание фактических смол, мг/100 мл топлива	105	72	185	255
4 Температура застывания, °С	-28	-22	-14	-5
5 Кинематическая вязкость при 20°С, мм ² /с	1,1919	1,71	1,45	2,18
6 Кислотность, мг КОН на 100 мл топлива	0,0140	1,1	1,0056	-
7 Испытание на медной пластине		Выдерживают		
8 Давление насыщенных паров при 38°С, Па	31	23	19	-.

В работе /1/ нет сведений по содержанию фактических смол в топливах СК-90 и ВСК-120. Отмечается, что их можно использовать в качестве летних топлив, а в качестве зимних лишь при добавлении к ним депрессаторов. Цетановые числа (ЦЧ) топлив СК-90 и ВСК-120 составляют соответственно 43 и 48. Вероятно, высокие значения ЦЧ обеспечиваются повышенным содержанием фактических смол, удаление которых приведет к повышению температуры воспламеняемости. Авторы работы дела-

ют вывод, что смешение ГК с сезонными дизельными топливами должно производиться до снижения температуры выкипания 50% смеси не ниже 220°C и здесь же рекомендуют использовать топлива с более низкими температурами.

Отмечается, что на топливе СК-90 топливная аппаратура дизелей может работать при температуре до -15°C, а на топливе ВСК-120 – до -5°C. Не выявлено различий в износах плунжерных пар топливных насосов. Но в то же время отмечается увеличение износа нагнетательных клапанов, осей и втулок роликов толкателей. В условиях снижения давлений впрыска повышенный износ этих деталей возможен лишь при повышенных утечках топлив ШФС в картер насоса, что при исследованиях не было установлено.

Исследования рабочего цикла дизеля ЯМЗ-236 показали, что на топливах СК-90 и ВСК-120 повышается жесткость работы и токсичность отработавших газов. Авторы предлагают уменьшить угол опережения впрыска на 2 град ПКВ для улучшения экономичности и снижения содержания окислов азота в отработавших газах на 30-40%. Это с точки зрения экономичности противоречит результатам исследований рабочего цикла дизеля ЯМЗ-236 на топливах ШФС /7/, откуда следует, что оптимальные углы опережения впрыска топлива при облегчении фракционного состава увеличиваются.

Большой объем исследований по использованию в двигателях ГК месторождений Средней Азии выполнен А. А. Муталибовым /9/, который все ГК разделяет на две группы – легкие и тяжелые. К первым относятся ГК, близкие по фракционному составу к автомобильным бензинам, ко вторым – близкие к топливам ШФС для дизелей.

Поскольку легкие ГК по сравнению с автомобильными бензинами имеют низкие октановые числа (60-66), предлагается повышение их антидетонационной стойкости до 76 пунктов по моторному методу за счет добавления этиловой жидкости или смешивания с высокооктановыми бензинами. Использование ядовитого антидетонатора, каким является тетраэтилсвинец, и относительно невысокий уровень антидетонационной стойкости бензинов на основа легких ГК не позволяют сегодня принять эти рекомендации.

Внимания заслуживают данные по использованию в дизелях ГК с малой вязкостью (например, месторождения Ачак /2/, табл. 4). Для повышения вязкости ГК следует добавлять в него полиизобутилен или дизельное топливо. Добавление 0, 1 процента полиизобутилена увеличивает кинематичес-

кую вязкость до 1,8 мм²/с. Плотность и ЦЧ при этом не изменяются. Производительность топливной аппаратуры на ГК снижается на 7-11,1% по сравнению с дизельным топливом. Но при одинаковых цикловых подачах топлив мощностные показатели дизеля ЯМЗ-236 практически одинаковы. Отмечается, что повышение газовых нагрузок не столь значительно, чтобы это могло повлиять на увеличение износа деталей двигателя. Результаты износных испытаний двигателя ЯМЗ-236 на дизельном топливе, чистом ГК и на ГК с присадкой полиизобутилена показывают, что при работе на ГК не наблюдается повышенного износа по сравнению с работой на дизельном топливе, а при работе на загущенном ГК износ даже снижается. Тем не менее, при работе на ГК наблюдается некоторое увеличение износа плунжерных пар. Поэтому рекомендуется для повышения вязкости использовать смесь из 60% ГК и 40% дизельного топлива. В то же время отмечено, что данные по износу плунжерных пар при работе на газоконденсатных топливах необходимо уточнить в ходе длительной эксплуатации.

Таблица 4. Свойства ГК месторождения Ачак /9/

Наименование свойств	Значения величин
1. Элементарный химический состав, % :	
– углерод;	85,8
– водород	14,2
2. Метановые, нафтенные, ароматические углеводороды, %	100
3. Фракционный состав:	93
-температура начала кипения, °С;	
– 10 % перегоняется при температуре, °С;	107
– 50 % перегоняется при температуре, °С;	151
– 90 % перегоняется при температуре, °С;	248
– температура конца кипения, °С	311
4. Низшая теплота сгорания, МДж/кг	42,747
5. Цетановое число	39,5
6. Плотность при 20°C, г/см ³	0,7795
7. Вязкость кинематическая, мм ² /с :	
– при 20 °С ;	1,13
– при 0 °С	1,5
8. Содержание фактических смол, мг/100 мл топлива	Не обнаруж.

Выводы

Анализ свойств газовых конденсатов (ГК) ряда месторождений стран СНГ позволяет считать конденсаты ближайшим сырьевым резервом при производстве моторных топлив для дизелей.

Обзор технической литературы показывает, что имеются публикации по использованию отдельных видов ГК месторождений Средней Азии, Севера Европейской части и Восточной Сибири при получении топлив для двигателей. Этих данных недостаточно для обоснования допустимых

пределов изменения физических и химических свойств ГК и отдельных фракций с точки зрения использования их в качестве моторных топлив.

В ГК содержится большое количество бензиновых фракций, частично удаляемых при его стабилизации. Технические решения по использованию указанных фракций в двигателях внутреннего сгорания отсутствуют, несмотря на их актуальность для решения проблем комплексного использования ГК.

Отсутствуют рекомендации по использованию в условиях низких температур окружающей среды ГК с повышенными температурами застывания, а также ГК с нефтяной оторочкой и повышенным содержанием фактических смол и сернистых соединений.

Недостаточно изучено влияние свойств газоконденсатных топлив и отдельных углеводородов на показатели ДВС с обоснованием предельно допустимых значений показателей качества газоконденсатных топлив в эксплуатации. Достаточно противоречивые результаты исследований газо-

конденсатных топлив подтверждают необходимость продолжения исследований конденсатов различных месторождений, в том числе и Оренбургской области и прилегающих регионов, маловязких, с наличием сернистых соединений и большим содержанием легких фракций, и определения возможности и целесообразности их использования для получения моторных топлив. Необходимы разработка новых технических решений по снижению чувствительности дизелей к свойствам топлива, оценка эффективности применения газоконденсатных топлив в условиях эксплуатации. При этом важное значение имеет получение экспериментальных данных о влиянии свойств новых топлив на износ деталей и узлов двигателей, разработка технологий и оборудования для проведения экспериментальных исследований. Учитывая, что отдельные исследователи отмечают повышение темпов изнашивания деталей двигателя на газоконденсатном топливе, необходимо определить пути ремонта с использованием упомянутых технологий.

Список использованной литературы:

1. Муталибов А. А., Пьядичев Э. В., Ставров А. П. Газовые конденсаты и перспективы их применения. – Ташкент: Узбекистан, 1976. – 56 с.
2. Газовые и газоконденсатные месторождения: Справочник / Под ред. В. Г. Васильева, И. П. Жабреева. – М.: Недра, 1976. – 18 с.
3. Калинин М. К. Тайны образования нефти и горючих газов. – М.: Недра, 1981. – 192 с.
4. Ставров А. П., Лаврик А. Н., Белозеров Г. М. и др. Рациональное использование газовых конденсатов месторождений Севера СССР // Проблема развития производительных сил Урала на перспективу до 1990-2000 гг. – М.: АН СССР, 1980. – С. 109-116. – (Доклады всесоюзной научной конференции).
5. Томашевский А. М. Нефть и газ, проблемы и прогнозы. – М.: Недра, 1975. – 18 с.
6. Вихерт М. М., Гершман И. И., Малявинский Л. В., Свиридов Ю. Б. Перспективы применения топлив широкого фракционного состава в быстроходных дизелях. – М.: НИИАВТОПРОМ, 1967. – 36 с.
7. Свиридов Ю. Б., Малявинский Л. В., Вихерт М. М. Топливо и топливоподача автотракторных дизелей. – Л.: Машиностроение, 1979. – 248 с.
8. Кухаренок Л. М., Рожанский В. Л. Работа дизелей на топливе ШФС // Промышленность Белоруссии. – 1970. – №5. – С. 1-24.
9. Муталибов А. А. Особенности работы автомобильного транспорта республик Средней Азии на местных видах топлив. – Ташкент: Узбекистан, 1974. – 175 с.
10. Пьядичев Э. В., Хайтбаев С. Х. Испытание тракторных и стационарных дизелей на газоконденсатных топливах // Двигательное строительство. – 1983. – №8 – С. 58-60.
11. Сомов В. А. Проблемы экономии топлива на водном транспорте. – Л.: Судостроение, 1983. – 100 с.