

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет механизации сельского хозяйства
Кафедра «Машины и технологии АПК»

2 Топлива для дизельных двигателей

Методическая разработка

Разработана:
канд.техн.наук профессором Кобозевым А.К.
и канд.техн.наук доцентом Швецовым И.И.

Ставрополь, 2019

2.1 Техничко-экономические требования к дизельному топливу

Дизельное топливо получают из так называемой отбензиненной фракции нефти (из керосиновых, газойлевых и соляровых фракций прямой перегонки нефти).

Дизельное топливо – это нефтяная фракция, выкипающая в интервале температур – 180...360^oC и по составу преимущественно содержит парафиновые и нафтеновые углеводороды и лишь незначительное количество ароматических.

От бензина и керосина дизтопливо отличается смазочными качествами, повышенной вязкостью, плохой испаряемостью и малым октановым числом (которое характеризует детонационную стойкость топлива), эти качества делают его пригодным только для дизелей.

Трудноиспаряемые топлива имеют более низкие температуры самовоспламенения, например: у бензина температура самовоспламенения равна 415^oC; у керосина – 380^oC, у метана – 700^oC, бензола – 560^oC, дизтопливо – 270^oC. Низкая температура самовоспламенения является очень важным качественным показателем для дизтоплива, влияющего на пусковые качества.

Температура самовоспламенения не имеет постоянного значения и зависит от температуры, давления и среды, в которую вносится топливо, а также от структуры молекул, числа атомов углерода, входящих в молекулу.

Дизельное топливо после бензина является самым массовым продуктом на автотранспорте и основным для работы тракторных двигателей.

Дизельные двигатели по сравнению с бензиновыми обладают лучшей топливной экономичностью, удельный расход топлива у них примерно на 30% ниже, чем у бензиновых. (Так, например бензиновый двигатель ЗИЛ-130 имеет удельный расход 326 г/кВт ч,

а дизельный двигатель ЯМЗ-236 -238 – 250 г/кВт ч, т.е. на 30% ниже).

Дизельное топливо должно:

а) бесперебойно поступать в цилиндры двигателя при любых температурах, т.е. обладать хорошей прокачиваемостью, обеспечивать хорошее смесеобразование и легкий пуск двигателя (обеспечение тонкого распыла);

б) легко воспламеняться и плавно сгорать, обеспечивая мягкую и бездымную работу двигателя, т.е. обладать коротким периодом задержки воспламенения, что косвенно определяется цетановым числом (ЦЧ);

в) образовывать минимальное количество нагара, отложений и не вызывать коррозию;

г) быть минимально токсичным.

2.2 Свойства дизельного топлива, влияющие на его подачу в цилиндры двигателя

Подача топлива в цилиндры двигателя в основном зависит от его вязкости, температуры помутнения и застывания, содержания воды, механических и других примесей. Поэтому одним из эксплуатационных свойств дизтоплива является – вязкость.

Вязкость дизтоплива оказывает большое влияние на смесеобразование, полноту сгорания, износ деталей двигателя и особенно дизельной топливной аппаратуры. Вязкость дизтоплива, равно как и других жидкостей, характеризует его подвижность, величину внутреннего трения. Выражается она, как известно, в единицах динамической (Пуазы), кинематической ($\text{мм}^2/\text{с}^2$) и условной (ВУ) безразмерной.

В соответствии с ГОСТ 305-82 кинематическая вязкость при 20°C должна быть: для летнего дизтоплива 3,0...6,0 $\text{мм}^2/\text{с}$; для зимнего – 1,8...5,0 $\text{мм}^2/\text{с}$; арктического – 1,5...4,0 $\text{мм}^2/\text{с}$.

При малой вязкости, меньшей, чем 1,8 $\text{мм}^2/\text{с}$ – нарушается: дозировка топлива, вследствие просачивания топлива между гильзой и плунжером топливного насоса; наблюдается

неоднородность рабочей смеси; ухудшается процесс сгорания и перегрев форсунок; происходит повышенный износ деталей топливного насоса.

Высокая вязкость дизтоплива приводит к ухудшению фильтрации, распыливания и сгорания, перебоям в подаче. Вязкость топлива в пределах 1,8...7,0 мм²/с практически не влияет на износ плунжеров топливной аппаратуры.

На процесс смесеобразования заметное влияние оказывает и плотность топлива, которая для товарных топлив должна быть 830...860 кг/м³, при высокой плотности длина факела распыливания увеличивается сверх оптимальной величины, при низкой становится недостаточной для создания однородной смеси, что влечет к ухудшению процесса сгорания. Перевод дизеля на топливо с меньшей вязкостью и плотностью может привести к прогару головок поршня. Плотность отечественных дизельных топлив находится в довольно широких пределах, так как зависит не только от качества перерабатываемой нефти, но и от технологии получения топлива.

При понижении температуры дизтопливо теряет свою прозрачность и мутнеет. Склонность дизтоплива к образованию микрокристаллов парафина и церезина, вследствие чего оно мутнеет, но не теряет текучести, характеризуется температурой помутнения. Температура помутнения дизтоплива – это та температура, при охлаждении до которой оно теряет свою прозрачность вследствие выделения микрокристаллов парафина и церезина. Процесс подачи нарушается, вследствие забивания микрокристаллами фильтрующих элементов тонкой очистки, появляются перебои в работе двигателя. Дизельное топливо в зимнее время для надежной подачи в двигатель должно иметь температуру помутнения на 3...5⁰ ниже температуры использования.

При дальнейшем понижении температуры на 5...15⁰ после его помутнения дизтопливо застывает. При этом из жидкой фазы

выпадают твердые кристаллы парафина и церезина, топливо становится кашицеобразным, прекращается подача. Потеря подвижности дизтоплива характеризуется температурой застывания. Температура застывания является важнейшим эксплуатационным показателем дизтоплива и определяет возможность его использования при данной температуре воздуха. Так для летних дизельных топлив температура застывания – минус 10⁰С, зимних – минус 35...45⁰С, арктических минус 55⁰С. Минимальная температура воздуха при работе двигателя должна быть на 10...15⁰С выше температуры застывания.

Для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимние топлива получают облегчением фракционного состава, но это приводит к снижению отбора дизельного топлива из нефти с 42 до 30,5%. Сократить потери при производстве зимнего дизтоплива можно введением в топливо депрессорных присадок (в сотых долях процента). Добавка этих присадок позволяет снизить предельную температуру фильтруемости на 10...15⁰С и температуру застывания на 15...20⁰С.

2.3 Фракционный состав дизельного топлива

Фракционный состав дизельного топлива характеризует его испаряемость. Время для образования рабочей смеси у дизельных двигателей очень ограничено и составляет всего лишь 0,001... 0,004 с, т.е. примерно в 10...15 раз меньше, чем у бензиновых.

Несмотря на то, что температура воздуха в цилиндрах работающего двигателя в начале впрыскивания составляет 550... 650⁰С, при таком ограниченном времени однородная качественная рабочая смесь может быть получена только при хорошей испаряемости топлива. В связи с этим дизельное топливо должно иметь вполне определенный фракционный состав. В результате фракционной разгонки получают температуры выкипания 10, 50, 90, 96 и 98% топлива.

Ограничение стандартом этих температур обуславливает определенный состав дизтоплива и его испаряемость.

Считается, что температура перегонки 50% топлива в какой-то степени характеризует легкость пуска дизеля, его прогрев и приемистость, а 96% – наличие в топливе трудноиспаряющихся фракций, влияющих на износ цилиндро-поршневой группы.

С фракционным составом топлива тесно связана температура вспышки, при которой пары топлива с воздухом образуют горючую смесь, при поднесении открытого огня. От этой температуры зависит пожарная опасность при транспортировании, хранении и применении дизтоплива. Температура вспышки для дизельных топлив составляет 30...40°C.

Мягкость работы дизеля определяется периодом задержки воспламенения, т.е. временем от начала впрыскивания до момента самовоспламенения. Способность топлива самовоспламеняться в дизеле оценивается цетановым числом(ЦЧ). Цетановое число – это условный показатель топлива, равный содержанию смеси цетана и α - метилнафталина, которая при стандартных условиях испытания имеет одинаковую самовоспламеняемость с исследуемым дизельным топливом. Для нормальной работы дизеля необходимо, чтобы топливо самовоспламенялось в определенный момент и затем энергично сгорало, вызывая интенсивное, но достаточно плавное нарастание давления. В противном случае сгорание приводит к жесткой работе, напоминающей детонацию.

Оптимальная величина ЦЧ для летних дизельных топлив должна составлять 40...45, для зимних – 50 единиц. Чем выше ЦЧ топлива, тем ниже скорость нарастания давления и тем менее жестко работает дизель. Однако с повышением ЦЧ сверх оптимального показателя, приводит к ухудшению экономичности и дымности отработавших газов. Применение же топлив с ЦЧ менее 40 приводит к жесткой работе двигателя.

Цетановые числа дизельных топлив различных марок (Л – летних, З – зимних, А – арктических) представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Цетановые числа дизельных топлив

Марка	Л	З	З	А
-------	---	---	---	---

дизтоплива		(-35 ⁰ С)	(-45 ⁰ С)	
Цетановое число	47...51	45...49	40...42	38...40

За рубежом для характеристики воспламеняемости топлива наряду с цетановым числом используют дизельный индекс. Этот показатель нормируется и в отечественной технической документации на дизтопливо, поставляемое на экспорт ТУ38.401-58-100-94.

Дизельный индекс (ДИ) косвенно характеризует ЦЧ и испаряемость, является наилучшим показателем пусковых свойств топлива при низких температурах (табл. 2.2). Для высокооборотных дизелей ДИ обычно равен 54 единицам, для среднеоборотных – 40.

Таблица 2.2 – Соотношение между дизельным индексом и цетановым числом топлива

Дизельный индекс	Цетановое число
20	30
30	35
40	40
50	45
62	55
70	65
80	80

Нагарообразование в дизельных двигателях аналогично бензиновым, чем тяжелее фракционный состав топлива, тем больше нагара. Так, дизельное топливо, выкипающее при температуре до 360⁰С, даст нагара 245...265 мг/кг. Поэтому в дизельных топливах температура выкипания 96% объема строго регламентируется.

Коррозионные свойства дизельных топлив по существу вызывается теми же причинами, что и в бензинах, т.е. наличием водорастворимых кислот и щелочей, сернистыми соединениями и т.д. ГОСТ допускает содержание в дизельном топливе серы от 0,2 до 1% и даже до 3,5% для определенных типов двигателей. Содержание агрессивных кислородных соединений контролируется, как и в бензинах, по показателю кислотности. Согласно ГОСТ 305-82 кислотность дизтоплива не должна быть больше 5 мг КОН/100мл.

После сгорания топлива образуется минеральный остаток – зола. Из-за ее абразивных свойств увеличивается износ двигателя, нагар. Допустимое содержание золы ограничивается в пределах от 0 до 0,1%.

Механические примеси и вода в топливе не допускаются. Механические примеси определяются методом фильтрации средней пробы топлива через беззольный бумажный фильтр.

Важным показателем для дизельных топлив является степень их чистоты, которая определяет эффективность и надежность работы двигателя, особенно топливной аппаратуры. Частицы загрязнений, размер которых более 4,0 мкм, вызывают повышенный износ деталей топливной аппаратуры, что предопределяет и соответствующие требования к очистке топлива.

Чистоту топлива, а, следовательно, и способность топлива предотвращать засорение фильтров, оценивают коэффициентом фильтруемости по ГОСТ 19006-73. На фильтруемость топлива влияет: наличие воды; механических примесей; смолистых веществ; мыл нафтеновых кислот, которые не растворяются в дизельных топливах и способствуют забиванию фильтрующих элементов. Коэффициент фильтруемости дизельных топлив, отправляемых с нефтеперерабатывающих предприятий, находится в пределах 1,5...2,5.

2.4 Ассортимент дизельных топлив

В зависимости от климатических зон страны и условий эксплуатации автотракторной техники стандартом предусмотрен выпуск дизельного топлива трех марок: Л – летнее, З – зимнее, А – арктическое (ГОСТ 305-82 с измен.) (табл. 2.3).

Топливо Л предназначено для дизелей, эксплуатирующихся при температуре окружающего воздуха 0⁰С и выше.

Дизельное топливо марки З выпускается двух видов: с температурой застывания не выше минус 35⁰С и минус 45⁰С. Первое предназначено для использования в умеренных климатических зонах при температуре окружающего воздуха минус

20⁰С и выше. Второе – для использования в холодной климатической зоне с температурой окружающего воздуха 30⁰С и выше.

Температура застывания арктического дизельного топлива не выше минус 55⁰С. Оно предназначено для двигателей, работающих в условиях Севера и Сибири при температуре воздуха минус 50⁰С и ниже. По содержанию серы дизельное топливо подразделяется на два вида: первый – содержание ее не более 0,2%, второй – не более 0,5% для топлива марок Л и З и не более 0,4% – для арктического топлива.

Таблица 2.3 – Характеристика дизельного топлива (ГОСТ 305-82 с измен.)

Показатели	Норма для марок		
	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав:			
50% перегоняется при температуре, ⁰ С не выше	280	280	255
90% перегоняется при температуре (конец перегонки), ⁰ С, не выше	360	340	330
Кинематическая вязкость при 20 ⁰ С, мм ² /с	3,0...6,0	1,8...5,0	1,5...4,0
Температура застывания, ⁰ С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	-10	-35	–
холодной	–	-45	–
Температура помутнения, ⁰ С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	-5	-25	–
холодной	-	-35	–
Температура вспышки в закрытом тигле для дизелей общего назначения, ⁰ С, не ниже	40	35	30
Массовая доля серы, %, не более, в топливе:			
вида I	0,20	0,20	0,20
вида II	0,50	0,50	0,40
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01
Содержание фактических смол, мг/100 см ³ топлива, не более	40	30	30

Показатели	Норма для марок		
	Л	З	А
Кислотность, мг КОН /100 см ³ топлива, не более	5	5	5
Йодное число, г I ₂ / 100 г топлива, не более	6	6	6
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10%-ного остатка, %, не более	0,20	0,30	0,30
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Плотность при 20°С, кг/м ³ , не более	860	840	830

Примечание. Для топлив марок Л, З, А: содержание сероводорода, водорастворимых кислот и щелочей, механических примесей и воды – отсутствие, испытание на медной пластинке выдерживает

ГОСТом введена новая форма обозначения дизельного топлива: для летнего топлива в обозначении входят цифры, соответствующие содержанию серы в процентах и температуре вспышки; в марке зимнего топлива указывается содержание серы в процентах и температура застывания; для арктического топлива – только содержание серы в процентах.

Например, Л-0,2-40 означает: Л – топливо летнее с содержанием серы 0,2% и температурой вспышки 40°С; З-0,2-(минус 45) – топливо зимнее с содержанием серы 0,2% и температурой застывания минус 45°С; А-0,4 – арктическое топливо с содержанием серы 0,4%.

Дизельное экспортное топливо (ТУ 38.401-58-110-94) вырабатывают для поставок на экспорт с содержанием серы 0,2%.

Экологически чистое дизельное топливо выпускают по ТУ 38.1011348-90.

Технические условия предусматривают выпуск двух марок летнего (ДЛЭЧ-В и ДЛЭЧ) и одной марки зимнего (ДЗЭЧ) дизельного топлива с содержанием серы до 0,05% (вид 1) и до 0,1% (вид 2).

С учетом ужесточающихся требований по содержанию ароматических углеводородов введена норма по этому показателю: для топлива марки ДЛЭЧ-В – не более 20%, для топлива марки ДЗЭЧ – не более 10%. Экологически чистые топлива вырабатывают

гидроочисткой дизельного топлива, допускается использование в сырье гидроочистки дистиллятных фракций вторичных процессов.

Городское дизельное топливо (ТУ 38.401-58-170-96) предназначено для использования в крупных городах.

Контрольные вопросы и задания

1. Какие эксплуатационные требования предъявляются к дизельному топливу? 2. Какое влияние оказывает вязкость дизельного топлива на работу ДВС? 3. Что такое цетановое число топлива? 4. Назовите показатели, характеризующие низкотемпературные свойства дизельного топлива. 5. Какие марки дизельного топлива выпускаются по ГОСТ-305-82 и их характеристики.