ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Золотарев Олег Владимирович
канд.техн.наук, доцент
Крутских Валентина Васильевна
старший преподаватель

Губкинский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»
г. Губкин, Белгородская область

ВЫЯВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ НАИЛУЧШЕЙ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация*: в работе приведены результаты проведенного анализа основных свойств дизельного топлива, влияющих на эксплуатационные показатели ДВС. Авторы отмечают, что проведение такого исследования позволяет проанализировать свойства дизельного топлива, их воздействие на работу систем питания и кривошипно-шатунный механизм, что следует учитывать при применении топлив в различных климатических зонах.*

Ключевые слова*:двигатель внутреннего сгорания (ДВС), дизельное топливо, система питания, цетановое число, износ.*

Современное дизельное топливо должно отвечать следующим требованиям:

– хорошо прокачиваться – для бесперебойной работы топливных форсунок и топливного насоса;

– обеспечивать хорошее смесеобразование и мелкодисперсный распыл;

– полностью сгорать без сажистых веществ;

– не вызывать повышенного нагарообразования на кольцах, поршнях, клапанах, закоксовывания форсунки и зависания иглы распылителя;

– не вызывать коррозии топливопроводов, резервуаров, деталей двигателя;

– при сгорании выделять как можно большее количество тепла и быть стабильным (не менять свои свойства при длительном хранении).

Соответствие дизельного топлива этим требованиям будет зависеть от его физико-химических свойств, таких как:

1. Вязкость кинематическая и динамическая.

Кинематическая вязкость (v) – удельный коэффициент внутреннего трения.

Динамическая вязкость ([Н с/м^2] η) – представляет собой коэффициент внутреннего трения. Сила внутреннего трения между двумя слоями жидкости определяется по уравнению:

$$F=\eta S\frac{dv}{dx},$$

где S – площадь слоя;

$\frac{dv}{dx}$ – градиент скорости сдвига слоев жидкости в направлении, перпендикулярном движению;

η – динамическая вязкость.

Между динамической и кинематической вязкостью существует зависимость:

$$v = \frac{\eta}{\rho},$$

т.е. кинематическая вязкость равна отношению динамической вязкости η к плотности ρ жидкости.

Различные дизельные топлива имеют значение кинематической вязкости при 21°С от 1,6 до 6,0 сСт. Понижение или повышение вязкости приводит к нарушению работы топливоподающей аппаратуры, процессов смесеобразования и полноты сгорания топлива. При понижении вязкости увеличиваются подтекания и просачивания во всех зазорах и неплотностях, увеличивается расход топлива. При снижении вязкости смазывающие свойства дизельного топлива ухудшаются, интенсифицируется износ плунжерных пар и т.д.

Использование топлива повышенной вязкости приводит к ухудшению смесеобразования, большее времени затрачивается на испарение вязкого топлива, уменьшается полнота сгорания, что вызывает повышенное нагарообразование.

Отработавшие газы становятся более токсичными, увеличивается расход топлива.

Вязкость дизельного топлива повышается с понижением температуры и наоборот. Изменение вязкости оказывает существенное влияние на пусковые свойства ДВС, особенно в холодное время года. Летние сорта дизельного топлива при минус 5...10°С загустевают, становятся малоподвижными. Зимние сорта сохраняют подвижность при более низкой температуре минус 30...35°С. Вязкость летнего топлива для быстроходных двигателей должна находиться в пределах 3,0...6,0 сСт, для зимнего – 1,8...6,0 сСт, для арктического – 1,5...4,0 сСт.

2. Низкотемпературные свойства оцениваются температурами помутнения и началом кристаллизации дизельного топлива.

При низких температурах дизельное топливо из прозрачного становится мутным. Его внешний вид меняется из-за выпадения твердых углеводородов. Температура помутнения – это значение температуры, при которой теряется фазовая однородность топлива. При дальнейшем понижении температуры количество твердой фазы увеличивается, начинается рост кристаллов. Температуру, при которой в дизельном топливе появляются первые кристаллы, видимые невооруженным глазом, называют температурой начала кристаллизации. Для летних сортов дизельного топлива температура помутнения должна быть не выше –5°С, а для зимних –25… –30°С. Использовать топливо можно только при температуре окружающего воздуха выше точки помутнения. Если применять летнее топливо зимой, то выпадающие кристаллы будут забивать систему питания дизельного двигателя.

3. Фракционный состав дизельного топлива оценивают по трём характерным точкам кривой перегонки: температуру выкипания 10, 50 и 90%, соответственно, $T_{10\%}$, $T_{50\%}$ и $T_{90\%}$. Значение $T_{10\%}$ характеризует наличие в топливе лёгких фракций, т.е. качество запуска-пуска. Значение $T_{50\%}$ характеризует приёмистость работы дизеля. Температура $T_{90\%}$ регламентирует содержание в дизельном топ-

ливе наиболее тяжелых фракций, увеличение которых ухудшает смесеобразование, снижает экономичность, повышает нагарообразование и дымность отработавших газов. Значение 90% не должна быть выше 340...360°С.

С фракционным составом дизельного топлива тесно связана температура вспышки, при которой пары дизельного топлива с воздухом образуют горючую смесь, вспыхивающую при поднесении огня.

4. Механические примеси и вода. К механическим примесям относятся все посторонние органические, минеральные частицы, находящиеся в дизельном топливе. Наиболее вредные – это абразивные загрязнения кристаллического строения, кварциты и глиноземы с высокой твердостью, которые вызывают износ деталей топливной аппаратуры.

Анализ большого количества проб дизельного топлива, отобранного по пути следования от завода-изготовителя до заправочного бака автомобиля, показывает, что на каждом этапе происходит загрязнение топлива. По этой причине в бензобак попадает топливо, содержащее до 0,03...0,05% механических примесей. Для обеспечения долговечной работы ДВС дизельное топливо перед заправкой транспортного средства необходимо фильтровать. Фильтрующими элементами должны быть снабжены все автоматические заправочные пункты.

Помимо механических примесей, в топливе может накапливаться вода. Кристаллы льда, образующиеся из нее при отрицательной температуре, забивают топливные фильтры, а также систему питания ДВС. Кроме того, нарушается работа фильтрующих устройств механических заправочных пунктов, в результате чего в бак попадает нефильтрованное топливо. По этой причине наличие воды в дизельном топливе недопустимо. Проверить наличие воды в топливе можно внешним осмотром (при наличии воды дизельное топливо мутнеет).

5. Химический состав. От качества дизельного топлива зависит интенсивность накопления смолистых веществ, лаковых отложений, нагаров в камере сгорания на клапанах и т.п. Для дизелей характерно закоксовывание отверстий распылителей форсунок, в результате ухудшается распыл топлива, снижается его подача.

В стандартах нормируется ряд показателей качества, которые влияют на образование высокотемпературных отложений. Количество фактических смол определяют выпариванием 10 мл топлива в струе пара при температуре 225°С. В зимних сортах допускается до 30 мг, а в летних до 40 мг фактических смол на 100 см^3 топлива. Если количество смол соответствует требованиям стандарта, то обеспечивается надежная работа дизеля. Когда содержание смол в 2...3 раза больше нормы, моторесурс двигателя снижается на 40...50%.

Коксовое число – это способность топлива образовывать углистый осадок при высокотемпературном (800...950°С) разложении без доступа воздуха. Количество кокса зависит от глубины очистки топлива, главным образом от асфальтосмолистых соединений. При повышенной вязкости и тяжелом фракционном составе коксуемость увеличивается. В соответствии со стандартом коксовое число не должно быть больше 0,03%. Это величина небольшая, поэтому чаще определяют коксуемость 10% остатка топлива после разгонки. В этом случае допустимое значение будет в 10 раз больше – не выше 0,3%.

Зола представляет собой минеральный осадок, образующийся после сжигания топлива в воздухе при температуре 800...850°С. Зола не только участвует в образовании нагаров, но и повышает износ двигателя. Ее количество не должно превышать 0,01%.

6. Коррозионная агрессивность. В дизельном топливе содержатся сернистые соединения которые при сгорании образуют оксиды серы. Эти продукты при высокой температуре оказывают коррозионное воздействие на металлы, находясь в газовой фазе, а при низкой температуре растворяются в капельках воды, конденсирующихся из продуктов сгорания, с образованием серной или сернистой кислот.

Чувствительность дизелей к коррозии зависит от их теплонапряженности. Форсированные, быстроходные дизели более подвержены коррозии, чем тихоходные. При повышении теплонапряженности наблюдается более интенсивная газовая коррозия тарелок выпускных клапанов, верхней части цилиндров. При снижении температуры этот вид коррозии уменьшается.

При значительном снижении теплового режима (особенно во время пуска и прогрева двигателя в зимнее время года) пары воды, образующиеся при сгорании водорода топлива, конденсируются на холодных деталях двигателя. Оксиды серы, растворяясь в воде, образуют сернистую и серную кислоты, которые обладают большим корродирующим действием. Чем больше прорыв газов в картер двигателя и выше содержание серы в топливе, тем сильнее износ от жидкостной коррозии. Большое влияние на ее появление оказывает режим работы двигателя. В малонагруженных двигателях, когда температура охлаждающей жидкости низка, возникают условия для конденсации паров воды и проявления жидкостной коррозии. При этом больше разрушаются вкладыши подшипников скольжения. Тракторные дизельные двигатели, обычно работающие с высокой нагрузкой, более подвержены газовой коррозии. Автомобильные дизельные двигатели, особенно при работе в городских условиях (движение с небольшой скоростью, частые остановки), более подвержены жидкостной коррозии.

Таким образом, износ деталей находится в прямой зависимости от содержания серы в топливе. При увеличении содержания серы в дизельном топливе с 0,2% до 0,5% износ повышается на 20...30%, а при использовании высокосернистых топлив (до 1%) износ ускоряется почти вдвое.

7. Стойкость к воспламенению. Склонности дизельного топлива к воспламенению и жесткость работы дизеля оценивается цетановым числом. Для определения цетанового числа по длительности периода задержки воспламенения пользуют установку с одноцилиндровым двигателем – ИДТ-69 или ИТ 9-3 (ГОСТ 3122-67). Двигатель с переменной степенью сжатия работает с постоянной частотой вращения коленчатого вала (900 об/мин) при впрыске топлива под давлением 106 атм за 13 градусов до верхней мертвой точки.

Сущность определения воспламеняемости ДТ по методу совпадения вспышек заключается в сравнении испытываемого образца топлива с эталонными топливами, воспламеняемость которых известна. В качестве эталонов приняты два углеводорода. Первый – цетан $C_{16}H_{34}$ – нормальный углеводород парафино-

вого ряда, имеет очень небольшой период задержки воспламенения и обеспечивает мягкую работу двигателя. Его цетановое число принимается за 100 ед. Вторым углеводородом является метилнафталин $C_{10}H_{17}CH_3$ – ароматического ряда, который очень трудно окисляется и воспламеняется, имеет большой период задержки воспламенения, вызывает жесткую работу дизеля. Условно его цетановое число принято за 0 ед.

Оценка воспламеняемости дизельного топлива проводится следующим образом. При работе установки на испытуемом топливе изменением степени сжатия двигателя добиваются такого положения, чтобы при начале впрыска за 13 градусов до верхней мертвой точки сгорание смеси начиналось ровно в верхней мертвой точки. Затем подбирают такую смесь цетана и метилнафталина, которая при этой же степени сжатия обладает таким же периодом задержки воспламенения. Процентное содержание цетана в такой смеси и есть цетановое число испытуемого топлива.

Для оценки цетанового числа дизельного топлива применяется расчётно-экспериментальный метод:

$$ЦЧ = \frac{T_{ср} - 56}{0{,}005 \cdot \rho_{15}},$$

где Тср – средняя температура, равная полусумме температур начала и конца перегонки, ˚С;

ρ_{15} – плотность дизельного топлива при 15˚С, кг/м^3.

Значение цетанового числа определяет не только характер протекания процесса сгорания при установившейся работе, но и пусковые качества топлива. Если оно ниже 40 ед., то запустить холодный двигатель не только зимой, но и в летнее время трудно. Нормальный пуск и «мягкая» работа дизельных двигателей в летнее время обеспечивается топливом с цетановым числом около 45 ед., а в зимнее – 50 ед.

Топливо для дизельных двигателей с требуемым цетановым числом получают подбором сырья и технологией его переработки. Однако в некоторых слу-

чаях для повышения эксплуатационных свойств добавляют специальные вещества (присадки), которые улучшают процесс сгорания, повышая цетановое число на 16...20 ед. Наиболее распространен при получении зимних сортов дизельного топлива изопропилнитрат (при введении 1,0% по массе цетановое число повышается на 17 ед.).

В зависимости от условий применения для быстроходных автомобильных дизелей установлены три марки дизельного топлива, согласно ГОСТ 305-82:

– Л (летнее) – для эксплуатации при температуре окружающего воздуха 0°С и выше;

– З (зимнее) – для эксплуатации при температуре окружающего воздуха –20...30°С;

– А (арктическое) – для эксплуатации при температуре окружающего воздуха –50°С.

Нередко обозначение дизельного топлива встречаются в совокупности с цифровыми символами. У летнего топлива после «Л» цифры обозначают процент серы в топливе и температуру вспышки; у зимнего и арктического топлива – процент серы и температуру застывания. Например, «Л-0,1-40» или «З-0,2-35».

Список литературы

1. Гурвич И.Б. Эксплуатационная надёжность автомобильных двигателей. / И.Б. Гурвич, П.Э. Сыркин. – М.: Транспорт, 1984. – 141 с.

2. Решетов Д.М. Надёжность машин. / Д.М. Решетов, А.С. Иванов, В.З. Фадеев. – М.: Высш. шк., 1988. – 238 с.

3. Гуреев А.А. Химмотология. / А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи. – М.: Химия, 1986. – 289 с.

4. Итинская Н.И. Топлива, масла и технические жидкости: Справочник. / Н.И. Итинская, Н.А. Кузнецов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 304 с.

5. Золотарев О.В. Показатели, влияющие на работоспособность деталей ДВС [Текст] / О.В. Золотарев, Д.Т. Михай // Научные исследования: от теории к практике: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 12 февр. 2015 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. – ISBN 978-5-906626-61-5.