Тема № 5/1. Автомобильные дизельные топлива

Вопросы темы:

1. Характеристики дизельных топлив и их маркировка
2. Эксплуатационные требования к качеству дизельного топлива
3. Свойства и показатели дизельного топлива, влияющие на работу двигателя

3.1 Свойства, влияющие на подачу топлива в цилиндры двигателя

3.2 Низкотемпературные свойства дизельного топлива

3.3 Физическая и химическая стабильность топлива

1. Характеристика дизельных топлив. Маркировка

Дизельное топливо – это нефтяная фракция, основу которой составляют углеводороды с температурой кипения 200…350˚С.

Это прозрачная и более вязкая, чем бензин, жидкость желтого или светло-коричневого цвета (в зависимости от содержания в ней смол). С плотностью 0,8…0,83 кг/м3.

Для автомобильных дизельных двигателей выпускаются топлива на базе керосиновых, газойлевых и соляровых дистилляторов прямой перегонки нефти. Для снижения содержания серы используют гидроочистку и депарафинизацию.

В силу этого ДТ по своему химическому составу представляет сложную смесь: алканов (от 10 до 40%), циклоалканов (20…60%) и ароматических соединений (14…30%) и их производных. С повышением температуры кипения фракции содержание ароматических углеводородов может увеличиваться до 40-47%. Средняя молекулярная масса ДТ находится в пределах от 110 до 230.

Маркировка дизельных топлив – характеризует сезонность или географическую область применения.

Л. – летнее, рекомендуемое для эксплуатации при температуре воздуха от 0˚С и выше.

З. – зимнее, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха минус 20 С и выше (при этом температура застывания ДТ не выше минус 35˚С), а также минус 30 С и выше (при этом температура застывания топлива не выше минус 45˚С).

А. – арктическое, рекомендуемое для эксплуатации при температуре воздуха минус 50˚С и выше.

По содержанию серы дизельные топлива подразделяются на два вида:

1. массовая доля серы не более 0,2%
2. массовая доля серы не более 0,5% (а для марки А. не более 0,4%).

В условное обозначение топлива марки:

- Л. Должны входить массовая доля серы и температура вспышки топлива;

- З. должны входить массовая доля серы и температура застывания топлива;

- А. должны входить только массовая доля серы.

Например, Л. – 0,2 – 40 обозначает топливо летнее с массовой долей серы до 0,2% и температурой вспышки 40˚С;

З. – 0,2 – 35 обозначает топливо зимнее, с массовой долей серы до 0,2% и температурой застывания минус 35˚С;

А. – 0,4 – обозначает топливо арктическое, с массовой долей серы 0,4%.

Топлива для умеренной климатической зоны имеют более высокую температуру помутнения и застывания, а топлива для холодных климатических зон – более низкую. рекомендуемое для эксплуатации при температуре воздуха от 0 С и выше. алканов (от 10 до 40%)овых дистилляторов прямой перегон, рекомендуемое для

Топливо арктическое имеет температуру застывания минус 55˚С.

Для экспортных топлив, содержание серы не должно превышать 0,1%, фактических смол 25 мг на 100 см3, а зольность не более 0,008%.

Непредельных углеводородов в дизельных топливах практически нет.

В некоторые сорта дизельных топлив практически добавляют 20% каталитического газойля с содержанием ароматических углеводородов.

Экологически чистые дизельные топлива производят из гидроочищенных газойлевых фракций прямой гонки и вторичных процессов. Они не имеют антиокислительных присадок и содержат в себе общей серы не более 0,05%. Такие топлива без антиокислительных присадок имеют низкую химическую стабильность и непригодны для длительного хранения.

Для улучшения качества дизельных топлив на нефтеперерабатывающих заводах добавляют присадки: изопропилнитрат и циклогексилнитрат с целью повышения цетанового числа.

В прямогонных фракциях, в зависимости от перерабатываемой нефти, содержание серы колеблется в пределах:

- для сернистых нефтей от 0,8 до 1,0%;

- в гидроочищенном компоненте от 0,08 до 0,1%.

Городские дизельные топлива с улучшенными экологическими показателями имеют присадки:

- летом антидымные (ЭФАП-Б) или импортныую Лубризол 8288;

- зимой депрессорную – сополимер этилена с винилацетаном.

В городских топливах экологические свойства, такие как дымность и токсичность отработавших газов меньше на 30…50% по сравнению с топливами без присадок. Они также отвечают европейским требованиям по содержанию серы.

2. Эксплуатационные требования к качеству дизельного топлива

В дизельных двигателях сложные процессы смесеобразования и сгорания топлива происходят в течении очень малого промежутка времени. Угол поворота коленчатого вала за этот период соответствует только 20˚. Поэтому, чем будет быстроходнее двигатель, тем время этого процесса будет меньше.

Если сравнивать бензиновый и дизельный двигатели, то в бензиновом двигателе при равной частоте вращения коленчатого вала на процесс смесеобразования и сгорания рабочей смеси приходится в 10…15 раз больше времени.

Исходя из такого явления, происходящего в цилиндрах дизельного двигателя, к качеству дизельного топлива предъявляются специфические требования, такие как:

* Хорошая прокачиваемость как условие бесперебойной и надежной работы ТНВД;
* Обеспечение тонкого распыла и хорошего смесеобразования;
* «Мягкий» пуск дизельного двигателя;
* Полное сгорание рабочей смеси в цилиндрах и при этом работа двигателя должна быть «мягкая»;
* Предотвращение нагорообразования на клапанах, поршнях и поршневых кольцах;
* Недопущение зависания игл и закоксовывания распылителей фарсунок;
* Отсутствие коррозионного воздействия на детали двигателя, топливоподающую систему, топливопроводы и топливные баки;
* Высокая химическая и физическая стабильность.

Таким образом, надежная и экономичная работа дизельного двигателя обеспечивается при выполнении следующих условий:

* Дизельное топливо для двигателя подобрано правильно;
* Оптимальный угол опережения впрыска установлен верно;
* Во время рабочего хода рабочая смесь сгорает полностью.

Если эти главные условия не будут соблюдаться, то мощность дизельного двигателя будет падать, дымность темного выхлопа увеличиваться, а удельный расход топлива возрастет.

3. Свойства и показатели дизельного топлива, влияющие на работу двигателя

3.1 Свойства и показатели ДТ, влияющие на подачу топлива в цилиндры двигателя

Свойства и показатели ДТ, влияющие на подачу топлива в цилиндры относятся:

* Вязкость топлива;
* Температурные свойства топлива;
* Физическая и химическая стабильность топлива.

Вязкость – это показатель, определяющий прокачиваемость топлива по системе питания. Для ДТ различных марок вязкость бывает от 1,8 до 6,0 мм2/с. сели вязкость будет выше или ниже этих пределов, то работа топливоподающей аппаратуры нарушится, после чего нарушится смесеобразование и сгорание дизельного топлива.

Если вязкость ДТ – низкая, то смесеобразование ухудшается, и становится некачественным из-за неполного использования воздуха.

Если вязкость ДТ – высокая, то смесеобразование также ухудшается из-за медленного испарения крупных капель топлива, которые испаряются медленно и оседают на металле. Процесс горения нарушается. Топливо сгорает не полностью, увеличивается его расход, повышается нагарообразование. КПД – падает.

С ростом температуры индекс вязкости топлива (ИВ) понижается, а при ее уменьшении – возрастает.

Рисунок. Изменение индекса вязкости (ИВ) дизельного топлива в зависимости от температуры.

Лучшими свойствами обладает топливо со средней вязкостью от 2,5 до 4,0 мм2/с при 20˚С. Это топливо сохраняет свои свойства при отрицательной температуре, т.к. текучесть его трубопровода не изменяется.

Однако, чем выше вязкость ДТ будет при 20˚С, тем значительнее его изменение будет при понижении температуры. Поэтому, в зависимости от марки топлив применение его будут определять условия. Так для:

* Летних ДТ вязкость должна быть 3,0…6,0 мм2/с;
* Зимних ДТ – 1,8…5,0 мм2/с;
* Арктических ДТ – 1,5…4,0 мм2/с.

Таким образом, вязкость ДТ в значительной степени предопределяет протекание рабочего процесса в цилиндрах двигателя, а следовательно, его эффективность и экономичность.

Низкотемпературные свойства ДТ.

Эти свойства зависят от:

* Группового состава;
* Фрикционного состава.

Парафиновые (алканы) и ароматические (арены) – это наихудшие группы.

Цикланы – это лучшая группа.

Все углеводороды, входящие в состав ДТ, имеют высокую температуру кристаллизации. Особенно это относится к парафиновым углеводородам. В холодную погоду они видны невооруженным глазом в виде кристалликов. Это все сковывает подвижность ДТ и образуется каркас.

Эту потерю подвижности называют застыванием ДТ. Такое топливо становится непригодным к эксплуатации.

Поэтому начало кристаллизации углеводородов характеризуется температурой помутнения, а потеря подвижности ДТ называется температурой застывания.

При температуре помутнения вязкость уменьшается незначительно. Однако, кристаллы, проникая через фильтры, образуют непроницаемую пленку и подача топлива прекращается.

Чаще всего это проявляется при пуске и проверке двигателя.

Но бесперебойная подача обеспечивается при температуре помутнения топлива тогда, когда еще она будет ниже на 5…10˚С от окружающего воздуха.

Температура застывания наступает тогда, когда ДТ теряет текучесть.

Установлено, что температура помутнения обычно колеблется от -7 до -13˚С, а температура застывания наступает от -12 до -19˚С.

Разница между температурой помутнения и застывания составляет от 50 до 15˚С в зависимости от химического состава топлива.

Есть показатель, который определяет температуру фильтруемости, которую определяют путем прямой фильтрации топлива при заданной температуре.

Температура предельной фильтруемости для летнего ДТ равна – 5˚С, а для зимнего ДТ – 25˚С.

Присутствие в топливе гигроскопической влаги не сказывается на температуре фильтруемости, которая повышается на 1…15%, при условии, если в ДТ есть эмульсионная вода в количестве до 0,1% от массы.

3.2 Низкотемпературные свойства ДТ улучшаются двумя способами:

* Удаление из состава топлива высокоплавких парафинов нормального строения;
* Добавление в топливо депрессорных присадок (маркировки по ТУ38.101.889-87-ДЗп). Это приводит к снижению температуры застывания с -10˚С до -35˚С, а снижение температуры фильтрации.

Например. Присадка «Аспект-Д» вводится в летнее и зимнее ДТ из расчета 2г на 1кг топлива. Она обеспечивает бесперебойную работу двигателя до температуры -20˚С. Это сокращает время пуска зимой.

Некоторые присадки снижают только температуру застывания и не влияют на температуру фильтруемости. Поэтому в баке появляется два слоя:

1. верхний (прозрачный) слой с пониженным цетановым числом;
2. нижний (мутный) слой, в котором много мелких кристаллов парафина.

При отсутствии зимнего и арктического дизельного топлива допускается разбавление летнего и зимнего топлива керосином. Но при этом разбавленное керосином ДТ теряет часть своих смазывающих свойств, что приводит к изнашиванию деталей топливной аппаратуры.

И еще, смесь дизельного топлива с керосином более пожароопасна.

Если добавлять в ДТ присадки специальные – антигели, то температура застывания снижается до -47˚С. Это обеспечивает эксплуатацию при очень низких температурах.

Выводы:

1. Низкотемпературные свойства ДТ определяются содержанием в них высокоплавких углеводородов и воды, характеризуемые показателями:
	* Температурой помутнения;
	* Температурой застывания;
	* Предельной температурой фильтруемости.
2. Для двигателей, работающих на открытом воздухе, имеют большое значение такие показатели, как:
* Температура застывания, характеризующая полную потерю подвижности;
* Температура помутнения, при которой в топливе появляются первые кристаллы парафина.
	1. Физическая и химическая стабильность дизельного топлива

Под воздействием внешних факторов в ДТ протекают физические и химические процессы, т.е. происходит испарение, загрязнение механическими примесями и водой, при охлаждении выпадают высокоплавкие компоненты, а также окисление, разложение и конденсация. Кроме этого в топливо попадают пыль из атмосферы, продукты коррозии, нерастворимые вещества, образующиеся в результате окисления.

Химическая стабильность топлива зависит от его состава. Нестабильным считаются те топлива, где есть непредельные соединения (алкены) и смолы. Смолы откладываются на горячих поверхностях и мощность двигателя падает на 15…20%. Количество смол не должно превышать 5мг на 100мл топлива.

Смолы образуются в результате процессов окислительной конденсации углеводородов в зависимости от температуры и катализаторов.

Катализаторами являются металлические поверхности резервуаров, трубопроводов, оксиды и соли на этих поверхностях.

Каталитическую активность проявляют в основном металлы переменной валентности, такие как железо (Fe), хром (Cr), марганец (Mn), Кобальт (Co) и другие.

Химическую стабильность оценивают по индукционному периоду, т.е. по времени до начала окисления.

Индукционный период – это интервал времени, в течение которого топливо, находясь в специальном герметически закрытом сосуде в атмосфере чистого кислорода при 0,7МПа и 100˚С, не вступает с кислородом в химические соединения.

Как только начинается падение давления в сосуде индукционный период заканчивается. Вот поэтому по индукционному периоду судят о химической стабильности ДТ, т.е. чем продолжительнее индукционный период топлива, тем выше его химическая стабильность.

Физической стабильностью обладают стандартные дизельные топлива, в которых не содержится летучих и малорастворимых компонентов и примесей, а давление насыщенных паров при 20˚С не превышает 1кПа. Потери топлива при больших и малых «дыханиях» резервуара не превышают 1,5 кг/м3 от паровоздушного пространства.

При горении ДТ образуется нагар, который ухудшает распыл топлива из форсунок.

Наличие нагарообразования существенно зависит от состава топлива, в том числе и от фракционного, с утяжеление которого нагарообразование возрастает. В наибольшей степени нагар образуется при наличии серосодержащих соединений, алкенов, аренов и смол.

Механические примеси также снижают надежность топливной аппаратуры. Опасными механическими примесями является песок, глинозем или частицы льда, при замерзании воды в топливе.

Вода в ДТ ухудшает его смазывающие свойства. Поэтому содержание воды в нефтепродуктах до 0,025% включительно принято называть следами. Однако даже такое ее количество допустимо в летних видах дизельного топлива.

Таким образом, содержание в ДТ механических примесей, воды, мыл нафтеновых кислот и смолистых продуктов окисления характеризуется показателем, называемым коэффициентом фильтруемости. Он определяет чистоту топлив и позволяет оценить содержание в топливе всех видов загрязнения, ограничить их содержание и обеспечить надежную работу топливной аппаратуры.

Автомобильные дизельные топлива

Вопросы темы:

1. Свойства и показатели дизельного топлива, влияющие на смесеобразование

1.1 Испаряемость дизельного топлива

1.2 Плотность и поверхностное натяжение дизельного топлива

1. Свойства и показатели дизельного топлива, влияющие на самовоспламенение и процесс сгорания

2.1 Воспламеняемость дизельного топлива

2.2. Цетановое число дизельного топлива

1. Свойства и показатели дизельного топлива, влияющие на образование отложений и коррозию деталей двигателя

3.1 Коррозийные свойства дизельного топлива

3.2 Образование отложений в дизельном двигателе и их причины

3.3 Многофункциональные присадки и их влияние на свойства дизельных топлив

1. Свойства и показатели дизельного топлива, влияющие на смесеобразование

1.1 Испаряемость дизельного топлива

Испаряемость ДТ оценивается фракционным составом, т.е. температурами t10%, t50%, t96%, t к.п..

В отличие от бензина, фракционный состав ДТ регламентируется только двумя температурами выкипания 50 и 96% топлива. Дело в том, что между температурой выкипания 10% дизельного топлива и работой дизельных двигателей однозначной связи не установлено.

При повышении выкипания 10% топлива, т.е. утяжеления топлива, увеличивается его расход и дымность отработанных газов.

При понижении выкипания 10% топлива, т.е. облегчении топлива, ухудшается пуск двигателя. Почему? Да потому, что легкие фракции имеют худшую самовоспламеняемость, т.е. пусковые свойства дизельный топлив для дизелей, где происходит самовоспламенение от сжатия.

Поэтому пусковые качество ДТ определяются температурой его выкипания 50%.

t50%=255…280˚С

t96%=330…360˚С

Температура выкипания 96% топлива регламентируется содержанием в топливе наиболее тяжелых фракций, увеличение которых ухудшает смесеобразование, снижает экономичность, повышает нагарообразование и дымность отработавших газов. В зависимости от марки дизельного топлива температуры выкипания t50% и t96% колеблется как указано выше.

Чем выше испаряемость топлива, тем качественнее смесеобразование внутри цилиндров, значит, лучше будет его сгорание.

Поэтому, чтобы качественно было смесеобразование, ДТ нужно тщательно распыливать. Это достигается созданием большой скорости движения топлива через сопла форсунок. Перемешиваясь в среде сжатого горячего воздуха, капли ДТ испаряются, а их пары, перемешиваясь с воздухом, образуют горючую смесь.

Испаряемость ДТ в эксплуатационных условиях зависит от следующих факторов:

* От конструкторских особенностей дизеля;
* От формы камеры сгорания;
* От конструкции и размера сопловых отверстий форсунок;
* От давления топлива;
* От направления впрыска топлива.

Все эти факторы влияют на оптимальное перемешивание топлива с воздухом, а значит, и на испаряемость.

Остальные факторы, такие как вязкость, давление насыщенных паров, поверхностное натяжение, имеют такое же значение для испаряемости дизельного топлива, как и у бензинов.

Утяжеление и облегчение фракционного состава дизельного топлива рассматривается как одно из перспективных направлений увеличения ресурсов топлива.

Установлено, что за счет увеличения температуры конца кипения с 360 до 380˚С ресурсы ДТ могут быть увеличены на 3…4%.

* 1. Плотность и поверхностное натяжение дизельного топлива

Плотность ДТ равна 830…860 кг/м3. В эксплуатации повышение плотности топлива с понижением температуры вызывает увеличение его расхода по массе при его объемном дозировании.

Кроме того, это повышает максимальное давление в трубопроводах системы питания. В итоге увеличение плотности приводит к обогащению смеси.

Плотность и поверхностное натяжение ДТ, наряду с вязкостью оказывают влияние на качество распыления. При этом, чем более мелкую структуру капель будет иметь распыленный факел топлива, из форсунки, тем быстрее произойдет переход его в парообразное состояние.

2. Свойства и показатели дизельного топлива, влияющие на самовоспламенение и процесс сгорания

* 1. Воспламеняемость дизельного топлива

Воспламеняемость ДТ – это его способность самовоспламеняться внутри цилиндров двигателя, после его впрыска под большим давлением в сжатый и нагретый воздух.

Воспламеняемость ДТ зависит от температуры в очаге воспламенения. При этом мельчайшие капли топлива смешиваются с кислородом, испаряются и начинается процесс сгорания, т.е. самовоспламенение начинается без какого-либо источника зажигания.

Температура самовоспламенения зависит от химического состава ДТ, т.е. от содержания и строения углеводородов, входящих в его состав.

Время между началом впрыска и самовоспламенением называют периодом задержки самовоспламенения.

Весь этот период состоит из:

* 1. Из физической составляющей, т.е. из затраченного времени:
		+ на распад топливной струи;
		+ на образование мельчайших капель;
		+ на их нагрев и испарение;
		+ на смешивание их паров с кислородом воздуха.
	2. Из химической составляющей, т.е. из затраченного времени:
		+ на завершение предпламенных реакций;
		+ на формирование очагов самовоспламенения.

Физическая составляющая задержки самовоспламенения зависит от конструктивных особенностей двигателя.

Химическая составляющая зависит от свойств применяемого дизельного топлива.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что период задержки самовоспламенения у разных топлив неодинаковый. Некоторые ДТ воспламеняются сразу после впрыска, а другие спустя некоторое время.

В первом случае, когда период задержки самовоспламенения небольшой, то в цилиндр двигателя поступает относительно небольшое количество топлива и сгорание происходит с постоянной скоростью и равномерным давлением образовавшихся газов над поршнем.

Парафиновые углеводороды (алканы) входящие в состав молекул ДТ будут менее устойчивы и поэтому они быстро распадаются и окисляются с образованием продуктов неполного окисления. Двигатель при сгорании такого топлива работает мягко и устойчиво, т.к. давление нарастает плавно.

Но если этот период будет сокращаться, то это приводит к ухудшению процесса смесеобразования, и как следствие, к снижению мощности и экономичности двигателя.

Во втором случае, когда период задержки воспламенения больше первого, то в цилиндр успевает поступить большое количество топлива. И оно из-за создавшегося большого давления и температуры в цилиндре, воспламеняется с момента впрыска, т.е. в таком топливе обычно содержатся парафиновые углеводороды изомерного строения, а также ароматические углеводороды. Сгорание носит взрывной характер. Давление повышается мгновенно, скачкообразно, рывками. Это явление напоминает детонацию в бензиновых двигателях.

Такая работа дизельного двигателя называется жесткой, при которой поршень подвергается повышенному ударному воздействию. Механизмы двигателя изнашиваются, снижается его мощность и экономичность, падает КПД.

Вывод:

Исходя из вышесказанного можно утверждать, что период задержки самовоспламенения определяется характером предпламенных процессов окисления (окисей, альдегидов, кетонов). То есть, чем больше в топливовоздушной смеси накопиться продуктов окисления, тем меньше будет период задержки самовоспламенения.

Следовательно, для воспламенения дизельного топлива от сжатия без постороннего источника зажигания необходимо, чтобы температура от которой ДТ самовоспламеняется была бы ниже температуры, до которой нагревается сжатый в цилиндрах воздух (~ 500…550˚С).

Наиболее высокую температуру самовоспламенения имеют арены (~ 600˚С), а наиболее низкую – алканы (до 500˚С).

Поэтому для нормальной работы дизельного двигателя необходимо применять топлива с оптимальной длительностью периода задержки самовоспламенения.

* 1. Цетановое число дизельного топлива

Склонность дизельного топлива к самовоспламенению характеризуется величиной цетанового числа. В топливе присутствуют два углеводорода: цетан C16H34, α-метилнафталин C16H7CH. Самовоспламеняемость первого углеводорода – цетана – условно принята за 100 ед., а второго – за 0 ед. Смешивая их, можно получить смесь с самовоспламеняемостью от 0 до 100 ед.

Таким образом, цетановое число – это условный показатель самовоспламеняемости дизельного топлива, равный процентному содержанию цетана в смеси с α-метилнафталином, которая имеет период задержки самовоспламенения, как и испытуемый образец.

Оптимальное цетановое число ДТ находится в интервале 40…50. Если применять топливо с цетановым числом менее 40, то двигатель будет работать жестко.

Если применять топливо с цетановым числом более 50, то это приведет к увеличению удельного расхода топлива и оно будет сгорать не полностью.

Для работы дизельных двигателей в нормальном режиме требуется топливо, у которого цетановые числа будут: летом – не менее 45 (если будет ниже, то будет жесткая работа двигателя); зимой – 50.

Если летом использовать топливо с цетановым числом выше 45, то двигатель будет работать мягко.

Если использовать ДТ с цетановым числом выше 60, то такое топливо будет нерентабельным, т.к. жесткость работы двигателя будет изменяться незначительно, но удельный расход топлива возрастет. Это объясняется тем, что при повышении цетанового числа выше 55, период задержки самовоспламенения будет настолько коротким, что топливо воспламениться вблизи впрыска из форсунки. Оно не успеет перемешаться с воздухом, и часть воздуха, находящегося дальше от места впрыска не будет участвовать в процессе сгорания. В результате топливо сгорит не полностью и экономичность двигателя понизится.

Для того, чтобы ДТ всегда обеспечивало бы необходимую самовоспламеняемость, поэтому возникает необходимость в повышении цетанового числа.

Для этого существуют два метода:

* + 1. изменение химического состава топлива, т.е. одновременное увеличение концентрации нормальных парафинов (алканов) СnН2n+2 и уменьшение ароматических углеводородов (аренов) CnH2n-6;
		2. введение специальных кислородсодержащих присадок в дизельное топливо (органических перекисей, сложных эфиров азотной кислоты – этилнитрата, изопропилнитрата, цеклогексилнитрата).

Цетановое число зависит от содержания и строения углеводородов, входящих в состав дизельного топлива.

Цетановые числа самые высокие у парафиновых углеводородов (алканов), а самые низкие имеют ароматические углеводороды.

Все углеводороды, входящие в состав ДТ по высоте цетанового числа располагаются следующим образом:

* 1 место занимают – алканы;
* 2 место занимают – циклоалканы;
* 3 место занимают – изоалканы;
* 4 место занимают – арены.

То есть, чем выше место углеводорода, тем будет выше цетановое число топлива.

Таким образом, повышение содержания Н-алканов приводит к увеличению цетанового числа. Однако, Н-алканы имеют высокую температуру кристаллизации, что приводит к ухудшению низкотемпературных свойств дизельного топлива.

Поэтому надежность пуска холодного дизельного двигателя зависит в большей степени от конструкции двигателя и режима пуска, чем от цетанового числа дизельного топлива.

Если температура в камере сгорания будет ниже 350…400˚С, то горючая смесь уже не будет в состоянии самовоспламениться. Для того, чтобы она смогла самовоспламениться, необходимо, чтобы частота вращения коленчатого вала двигателя была 100…120 мин-1. то есть, чем выше пусковая частота вращения коленала, тем выше будет температура сжимаемого воздуха, от которой условия пуска будут возрастать.

Для ускорения процесса самовоспламенения дизельного топлива в него вводят кислородсодержащие присадки, такие как: органические перекиси, сложные эфиры азотной кислоты, которые способствуют выделению активного кислороды. Они, попадая в камеру сгорания, за счет активного кислорода, ускоряют образование перекисей, от разложения которых ускоряется процесс самовоспламенения.

Например, если в зимнее ДТ добавлять 1% изопропилнитрата, то возрастает цетановое число на 10…20 ед., что улучшает пусковые свойства этого топлива в зимнее время. При этом уменьшается нагарообразование в цилиндрах.

Если добавлять в дизельное топливо бензиновые фракции, то цетановое число снижается.

Существует эмпирическая зависимость цетанового числа ДТ от его октанового числа бензина:

Чем выше октановое число, тем ниже его цетановое число и наоборот.

3. Свойства и показатели дизельного топлива, влияющие на образование отложений и коррозию на деталях двигателя

Топливоподающая система дизельного двигателя должна сохранять чистоту. Поэтому ДТ должно сохранять свои эксплуатационные свойства такими, чтобы в системе не было загрязнений и образования отложений. Если это не соблюдать, то рабочий процесс двигателя будет нарушен, ухудшатся его технико-экономические и экологические показатели и увеличиться износ деталей.

На образование отложений оказывают влияние следующие факторы:

1. фракционный состав топлива;
2. содержание в топливе сернистых соединений;
3. содержание в топливе непредельных и ароматических углеводородов;
4. содержание смолистых соединений и неорганических примесей.

Фракционный состав ДТ, характеризуемый преобладанием легких или тяжелых фракций, всегда ухудшает процесс горения.

Если в ДТ преобладают легкие фракции, то горение в цилиндрах сопровождается стуками, а двигатель работает жестко.

Если в ДТ преобладают тяжелые фракции, то появляется дымление и загрязнение двигателя, увеличивается расход топлива, повышается нагарообразование, закоксовывание форсунки, интенсивно изнашиваются детали, двигатель перегревается, мощность двигателя снижается, а пуск его затрудняется.

* 1. Коррозионные свойства дизельного топлива

Если в ДТ находятся:

* Органические кислоты;
* Водорастворимые кислоты;
* Щелочи;
* Сернистые соединения,

То такое топливо является коррозионным.

Минеральные кислоты обнаруживаю по реакции водной вытяжки, а активные сернистые соединения обнаруживают с помощью пробы на медную пластину.

При работе дизеля на сернистом топливе образуются прочные трудноудаляемые лаковые отложения и нагар, которые увеличивают износ цилиндропоршневой группы. Поэтому по количеству сер в ДТ судят о его коррозионной стойкости.

Наиболее агрессивной является активная сера (т.е. элементарная сера – S, сероводород- H2S и меркаптаны). Содержание меркаптановой серы не должно быть.

Проба на медную пластинку гарантирует наличие H2S (сероводорода) и свободной серы S в такой концентрации, которая исключает химическую коррозию металлов топливной системы.

При высокой температуре в камерах сгорания образуются оксиды серы (SO2 и SO4), которые в присутствии влаги способствуют полимеризации нестабильных компонентов масла. В результате образуются твердые отложения.

Когда двигатель охлаждается, появляется конденсат паров воды, который вступает в реакцию соединения с SO2 или SO3, (серный и сернистый ангидриды) и образует серную кислоту (H2SO4).

Если в ДТ содержится менее 0,2% серы, то она будет неактивной и осложнений в работе двигателя вызывать не будет. Поэтому ее применение будет без ограничений.

Большинство топлив производят из сернистых нефтей с содержанием серы до 0,5%.

Обычно дизельные топлива подразделяются по наличию серы на подгруппы:

* Наличие серы не более 0,2%;
* Наличие серы от 0,21 до 0,5% (для летних и зимних марок);
* Наличие серы от 0,21 до 0,4% (для арктических марок).

Таким образом, по количеству серы судят о коррозионной стойкости ДТ.

Если в ДТ будут присутствовать водорастворимые минеральные кислоты и щелочи, то появится коррозионное воздействие на металлы. Поэтому присутствие минеральных кислот и щелочей в ДТ не допускается, а содержание ограничивается 5мг гидрооксида калия – КОН на 100мл топлива.

Эта концентрация гарантирует, что химическая коррозия металлов будет исключена. Если гидрооксида калия – КОН на 100мл топлива будет больше, то возможна коррозия.

Таким образом, наличие в ДТ кислых соединений характеризуется кислотностью, которая при повышении ускоряет износ коренных и шатунных подшипников коленчатого вала.

Чтобы не допустить разрушающего действия кислот, их нейтрализуют, т.е. в дизельные масла добавляют противокоррозионные присадки. Например, нафтенатцинка (0,25…0,3%). Если двигатель будет работать на таком масле, то тогда можно использовать ДТ с содержанием серы не более 0,2%.

Следовательно, чтобы снизить коррозионные износ двигателя, необходимо, чтобы:

1. время на пуск двигателя и прогрев его было бы сокращено;
2. постоянно поддерживать его оптимальный тепловой режим.
	1. Образование отложений в дизельном двигателе и их причины

При разгонке нефти с низким содержанием сернистых соединений, получают дизельные топлива с высокой химической стабильностью. Такие топлива долго сохраняют свои качества (более 5 лет хранения).

В нефти с содержанием большого количества серы (т.е. со значительным количеством олефинов – непредельных углеводородов и меркаптанов) химическая стабильность ДТ невысокая и оно быстро за короткий срок изменяет свое качество.

После применения такого топлива в дизельном двигателе появляется нагар и смолистые отложения. Причиной этого являются неполное испарение и плохое распыление ДТ внутри цилиндров из-за большой вязкости топлива с тяжелым фракционным составом. Кроме этого, наличие механических примесей в ДТ является причиной нагарообразования.

Следовательно, присутствие в топливе серы, фактических смол, золы (несгораемых примесей) и склонность такого топлива к нагарообразованию определяет динамику накопления нагара, которая характеризуется коксовым числом, т.е. способностью топлива образовывать углистый остаток при высокотемпературном (более 800…900˚С) разложении топлива без доступа воздуха.

Углистый остаток или минеральный остаток является золой, т.е. несгораемой примесью, повышающей нагарообразование. Кроме этого, зола попадая в моторное масло вызывает ускоренный износ деталей ДВС. Поэтому количество золы ограничивается нормой не более 0,01%. Таким образом, причиной образования углистого остатка являются следующие факторы:

1. недостаточная глубина очистки топлива от смолисто-асфальтеновых соединений;
2. повышенная вязкость дизельного топлива;
3. тяжелый фракционный состав топлива.

Также склонность ДТ к нагару характеризуется содержанием в нем фактических смол, т.е. примесей, остающихся после очистки базовых дистилляторов. Фактические смолы вызывают осмоление топлива, из-за наличия в топливе непредельных углеводородов, о количестве которых судят по йодному числу.

Йодное число – это показатель непредельных углеводородов (олефинов) в дизельном топливе, численно равный количеству граммов йода, присоединившихся к непредельным углеводородам, которые содержатся в 100г топлива.

Обычно, непредельные углеводороды (олефины) вступают в реакцию соединения с йодом. То есть, чем больше в топливе непредельных углеводородов, тем больше йода вступает в реакцию. Нормальным считается такое количество непредельных углеводородов, которые вступают в реакцию с йодом не превышающим более 6г йода на 100г зимнего или летнего дизельного топлива.

Чем больше в дизельном топливе фактических смол, тем выше склонность его к нагарообразованию. Поэтому содержание фактических смол не должно превышать:

* для зимних ДТ – 30мг на 100мл;
* для летних ДТ – 60мг на 100мл.

Содержание фактических смол нормируется йодным числом.

Склонность ДТ к лакообразованию оценивается по содержанию лака в мг на 100мл топлива. Для этого топливо испаряют в специальном лакообразователе при температуре 250˚С.

Выводы:

1. При работе дизельного двигателя на сернистом топливе образуются прочные трудноудаляемые нагар и лаковые отложения, что вызывает износ деталей двигателя, когда он работает на пониженной температуре.
2. Коксуемость топлива также приводит к образованию нагара и лакообразованию, в результате чего может произойти заклинивание поршневых колец.
3. Из-за наличия в топливе частиц меркаптовой серы при окислении топлива образуются смолы, которые в сочетании со смолами, образующимися из олефинов и еще фактическими смолами, которые есть в ДТ, на зоморных иглах форсунок осаждаются лаковые пленки, что со временем вызывает зависание игл внутри форсунок.
4. Многофункциональные присадки и их влияние на свойства дизельных топлив.

Улучшение свойств ДТ достигается путем введения в их состав многофункциональных присадок, таких как:

* Депрессорные;
* Повышающие цетановое число;
* Антиокислительные;
* Моюще-дисперсирующие;
* Снижающие дымность отработанных газов и др.

Антидымные присадки марок МСТ-15, АДП-2056, ЭФАП-6 в концентрации 0,2…0,3 позволяют снизить дымность отработавших газов на 40…50% и уменьшить содержание сажи.

Противокоррозионная присадка марки нафтенат цинка в концентрации 0,25…0,3%, добавленная в моторное масло эффективно нейтрализует разрушающее действие кислот.

Для повышения цетанового числа ДТ улучшения его пусковых свойств используют присадки: тионитраты RNSO; изпропилнитраты; перекиси RCH2ONO в концентрации 0,2…0,25%.

Депрессорные присадки – сополимеры этилена и винилацетана с концентрацией 0,001…2,0% используются для понижения температуры застывания. Они покрывают мономолекулярным слоем микрокристаллики застывающего парафины, препятствуют их укрупнению и выпаданию.

Антиокислительные присадки в концентрации 0,001…0,1% повышают термоокислительную стойкость топлив.

Антикоррозионные присадки в концентрации 0,0008…0,005% понижают коррозионную агрессивность дизельных топлив.

Биоцидные присадки в концентрации 0,005…0,5%, которые подавляют размножение микроорганизмов в топливе.

Многофункциональные присадки, состоящие из депрессорных, моющих и противодымных компонентов, которые не только расширяют низкотемпературные свойства топлив, но и снижают токсичность отработавших газов. Например, введение присадки АДДП в дизельное топливо в количестве 0,05…0,3% снижает температуру застывания топлива на 20…25%, а температура фильтруемости при этом снижается на 10…12˚С, дымность – на 20…55˚С, а нагарообразование – на 50…60%.

Таким образом, введение в дизельное топливо различных присадок и добавок значительно улучшает его эксплуатационные свойства.

Выводы по лекции № 5:

* 1. Дизельный двигатель будет работать надежно и экономично, если рабочая смесь в цилиндрах будет сгорать полностью. Для этого необходимо:
		+ Правильно подбирать дизельное топливо;
		+ Правильно устанавливать угол опережения впрыска.
	2. Испаряемость ДТ определяется его фракционным составом, который в отличие от бензинов регламентируется лишь температурами выкипания 50 и 96% топлива.

Это объясняется тем, что между температурой выкипания 10% дизельного топлива и работой дизельных двигателей однозначной связи не установлено.

При повышении температуры выкипания 10% топлива, т.е. утяжелении топлива, его расход отработавших газов и дымность увеличиваются.

При облегчении топлива, когда его легкие фракции будут иметь худшую самовоспламеняемость, по сравнению с тяжелыми фракциями, пуск двигателя ухудшается.

Исходя из этого, пусковые свойства дизельных топлив определяются температурой выкипания 50% топлива, а температура выкипания 96% топлива регламентирует содержание в топливе наиболее тяжелых фракций.

Увеличение тяжелых фракций ухудшает смесеобразование, снижает экономичность, повышает нагарообразование и дымность отработавших газов.

* 1. Способность дизельного топлива самовоспламеняться характеризует его воспламеняемость.

Воспламеняемость характеризует и определяет подготовительную фазу процесса сгорания, т.е. период задержки воспламенения, который складывается из времени затрачиваемого:

* На распад на мелкие капли топливной струи;
* Частичное их испарение;
* Смешивание паров топлива с воздухом (физическая составляющая);
* Времени, необходимого для завершения предпламенных реакций;
* Формирования очагов самовоспламенения (химическая составляющая).

Физическая составляющая времени на задержки воспламенения зависит от конструктивных особенностей двигателя.

Химическая составляющая времени зависит от свойств применяемого топлива.

Длительность периода задержки воспламенения существенно влияет на последующее течение всего процесса сгорания.

Если период задержки воспламенения длительный (большой), то в цилиндрах двигателя увеличивается количество впрыскиваемого топлива, которое химически становится (т.е. подготовлено) для самовоспламенения. При этом сгорание будет происходить с большой скоростью и резким нарастанием давления, которое достигнув скорость нарастания более 0,4…0,6МПа на 1˚ поворота коленчатого вала называют «жесткой». При такой «жесткой» работе возникают ударные нагрузки на поршень, подшипники скольжения, вызывая их ускоренный износ, а иногда даже разрушение.

Если период задержки воспламенения будет снижаться, то давление будет нарастать более плавно, и двигатель станет работать мягче. Но при «мягкой» работе, чрезмерное сокращение периода задержки самовоспламенения приводит к ухудшению процесса смесеобразования и, как следствие, к падению мощности и экономичности двигателя.

Поэтому для обеспечения нормальной работы двигателя необходимо применять дизельное топливо с оптимальной длительностью периода задержки воспламенения, который характеризуется цетановым числом.

* 1. Цетановое число – условная единица измерения самовоспламенения топлива, численно равный содержанию цетана С16Н13(%) в смеси с α-метилнафталином С11Н10, которая эквивалентна по самовоспламеняемости данному топливу.

Цетан обладает хорошей самовоспламеняемостью, которую принимают за 100ед., а α-метилнафталин обладает плохой самовоспламеняемостью, ее принимают за 0 (ноль).

Варьируя содержание указанных компонентов в эталонной смеси, можно изменять от 100 до 0.

Поэтому, чем меньше цетановое число, тем больше период задержки воспламенения топлива. Следовательно, применение топлив с цетановым числом менее 45% приводит к жесткой работе двигателя, а повышение цетанового числа выше 50% вызывает увеличение удельного расхода топлива.

Пусковые свойства топлива всегда улучшаются при возрастании цетанового числа.

* 1. Прокачиваемость дизельного топлива по системе питания двигателя является основным требованием к его качеству, т.к. оно обеспечивает подачу необходимого количества топлива в цилиндры для заданного режима работы двигателя.

Прокачиваемость оценивается следующими показателями:

* Вязкостью;
* Температурами помутнения и застывания;
* Содержанием механических примесей;
* Коэффициентом фильтруемости;
* Предельной температурой фильтруемости.
	1. Вязкость топлива оказывает непосредственное влияние на процесс образования ТВ-смеси. От вязкости зависят надежность и ресурс топливной аппаратуры дизельных двигателей.
* Если вязкость топлива повышенная, то удовлетворительную тонкость распыливания его с помощью форсунки не удается. Это ухудшает процесс смесеобразования и приводит к снижению экономичности работы двигателя и повышению дымности обработавших газов;
* Если вязкость топлива пониженная, то будет появляться подтекание топлива в зазорах плунжерных пар насоса и форсунок, а также не будет осуществляться удовлетворительная смазка

Поэтому для летней эксплуатации быстроходных дизельных двигателей вязкость топлива при 20˚С должна быть от 3,0 до 6,0сСт (мм2/с), а для зимней эксплуатации от 1,8 до 6,0сСт. Для арктических условий – в пределах 1,5…4,0сСт.

С уменьшением температуры вязкость топлива увеличивается. Практически это заметно в интервале температур – от температуры помутнения до температуры застывания топлива.

* 1. Температуры помутнения и застывания топлива, а также предельная температура фильтруемости обычно характеризуют низкотемпературные свойства дизельного топлива, т.е. характеризуют способность топлива сохранять текучесть при понижении температуры и не вызывать затруднений при перекачке его по трубопроводам.

Таким образом, можно сформулировать параметры дизельного топлива следующим образом:

* Температура помутнения – это температура, определяющая начало выпадения из топлива высокоплавких углеводородов в виде кристаллов (парафинов), которых в дизельном топливе гораздо больше, чем в бензине;
* Температура застывания – это температура, при которой топливо теряет свою текучесть. По этому показателю судят о возможности заправки, транспортирования, слива и налива топлива;
* Коэффициент фильтруемости характеризует срок службы фильтров тонкой очистки. Значение его зависит от содержания в топливе механических примесей, воды, мыльных продуктов нафтеновых кислот и других смолистых продуктов окисления. Обычно норма коэффициента фильтруемости не превышает 3 единиц. Это позволяет ограничить содержание в топливе всех загрязнений и, тем самым, обеспечить надежность работы топливной аппаратуры.
	1. Сернистые соединения содержаться в дизельном топливе в больших количествах, чем в бензине. К ним относятся продукты активной серы, такие как: меркаптаны, сероводород, элементарная сера и т.д. Все они при сгорании образуют оксиды серы, т.е. газообразные продукты, которые при высокой температуре в газовой сфере оказывают коррозионное воздействие на металлы. А при низких температурах они легко растворяются в каплях воды, конденсирующихся из продуктов сгорания. При этом образуются серная и сернистая кислоты.

Установлено, что износ деталей дизельных двигателей примерно пропорционален содержанию в топливе серы. Исходя из этого показателя дизельные топлива подразделяют на два вида:

* Первый – с содержанием серы до 0,2%;
* Второй – с содержанием серы до 0,5%.

Наиболее коррозионно-агрессивными соединениями серы являются меркаптаны и сероводород. Содержание их в нефтепродуктах строго регламентируется.

* 1. Дизельное топливо обладает склонностью к образованию нагаро- и лакоотложений в двигателе, которые приводят к нарушениям рабочего процесса двигателя. В результате ухудшается технико-экономические и экологические показатели двигателя, а также увеличивается износ деталей его механизмов.

На образование отложений влияют следующие факторы, такие как:

* Фракционный состав топлива;
* Содержание сернистых соединений;
* Содержание непредельных и ароматических углеводородов;
* Содержание неорганических примесей.

Большое количество нагара оставляют в камерах сгорания более тяжелые топлива, в которых содержится большое количество серы и ее соединений. Также возрастает склонность топлив к нагарообразованию с увеличением содержания в них ароматических и непредельных углеводородов.

Стандартным показателем количества непредельных углеводородов в топливе регламентируется йодным числом, которое с увеличением непредельных углеводородов возрастает.

Йодное число соответствует количеству йода в граммах, способного присоединиться к 100г нефтепродукта. Йод способен реагировать только с олефинами, поэтому чем их больше будет в топливе, тем выше будет йодное число, которое по стандарту не должно превышать 6г йода на 100г топлива (как для зимних, так и для летних видов топлива).

Количество смолистых веществ в дизельных топливах оценивается количеством фактических смол.

Зольность и коксуемость оцениваться как склонность ДТ к нагарообразованию.

Зольность характеризует содержание в топливе несгораемых неорганических соединений, которые повышают абразивные свойства топлива.

Коксуемость – это свойство топлива образовывать углистый остаток при нагреве без доступа воздуха.

Коксуемость зависит:

* От содержания в топливе смол;
* От содержания в топливе непредельных углеводородов (олефинов).

Зольность и коксуемость топлив регламентируется по ГОСТу до 10%-ного остатка.

* 1. В зависимости от условий применения установлены основные три марки дизельного топлива:

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

З. (зимнее) – для эксплуатации при температуре окружающего воздуха -20˚С и выше;

А. (арктические) – для эксплуатации при температуре окружающего воздуха -50˚С и выше.

Контрольные вопросы к лекции № 5:

1. Какие эксплуатационные требования предъявляются к дизельным топливам?
2. Какие свойства и параметры ДТ влияют на подачу его в цилиндры двигателя?
3. Какие свойства и параметры ДТ влияют на смесеобразование ТВ-смеси в цилиндрах дизельного двигателя?
4. Как оценивается самовоспламеняемость дизельного топлива?
5. Какими показателями дизельного топлива определяется нормальная, «жесткая» и «мягкая» работы дизельного двигателя?
6. Что такое цетановое число, что оно характеризует для летних, зимних и арктических марок топлив?
7. Способы повышения цетанового числа?
8. Какие свойства дизельных топлив влияют на образование отложений в двигателе?
9. Какие методы получения дизельного топлива позволяют увеличить его ресурсы?
10. От чего зависят коррозионные свойства дизельного топлива?
11. Что определяет испаряемость дизельных топлив?
12. Что показывают температуры помутнения и застывания дизельного топлива?
13. Какой эксплуатационный показатель дизельного топлива определяет его бесперебойную подачу из баков к двигателю при низкой температуре воздуха?
14. Какой вред дизельному двигателю наносит вода, находящаяся в топливе?
15. Почему фракционный состав дизельного топлива не регламентируется по температуре 10%-ного выкипания, а регламентируется только по температуре 50%-ного и 96%-ного выкипания?

Литература:

1. Васильева Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1986. – 59…87 с.

2. Кириченко Н.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебное пособие. – М.: Академия. 2003 г. – 36…47 с.

3. Джерихов В.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы. Часть I. Топлива. Учебное пособие. – СПб.: ГАСУ. 2008. – 120 141 с.