

Тема урока: «Виды топлива для автомобилей»

БЕНЗИНЫ

С момента появления первых ДВС и до настоящего времени основными видами топлива для автотранспорта остаются *продукты переработки нефти - бензины и дизельные топлива*. Эти топлива *представляют собой смеси углеводородов и присадок, предназначенных для улучшения их эксплуатационных свойств*. В состав бензинов входят углеводороды, выкипающие при температуре от 35 до 2000С, а в состав дизельных топлив - углеводороды, выкипающие в пределах 180-3600С. Производство топлива включает комплекс технологических процессов переработки нефти и нефтепродуктов.

Бензин - это смесь легкокипящих жидких углеводородов различного строения с температурой кипения 35...2000С, получаемая при перегонке нефти, осушке природного газа, переработке твердых видов топлива и при вторичной переработке продуктов перегонки нефти (например, мазута). Наиболее важными для бензинов являются требования к детонационной стойкости и фракционному составу, от которых зависят их эксплуатационные характеристики.

Бездетонационная работа двигателя достигается применением бензина с требуемой детонационной стойкостью. Наименьшей детонационной стойкостью обладают нормальные парафиновые углеводороды, а наибольшей - ароматические углеводороды.

Варьируя углеводородный состав, получают бензины с различной детонационной стойкостью, характеризуемый октановым числом (ОЧ).

Октановое число - это цифра, показывающая антидетонационную стойкость бензина. Чем выше ОЧ, тем выше стойкость бензина против детонации. Определение ОЧ производится на специальных моторных установках.

Существуют два метода определения ОЧ:

- исследовательский (ОЧИ — октановое число по исследовательскому методу);
- моторный (ОЧМ - октановое число по моторному методу).

Численное значение ОЧИ больше ОЧМ.

Буква «А» означает, что бензин автомобильный.

Численное значение - это октановое число бензина.

Наличие после буквы «А» буквы «И» означает, что октановое число определено по исследовательскому методу.

Если после буквы «А» нет буквы «И», то октановое число определено по моторному методу.

Российскими стандартами предусмотрены следующие марки бензинов:

А-76, А-80, АИ-91, АИ-92, АИ-93, АИ-95, АИ-98.

Наиболее важным конструктивным фактором, определяющим требования двигателя к октановому числу, является степень сжатия. Повышение степени сжатия двигателей позволяет улучшить их технико-экономические и эксплуатационные показатели. При этом возрастает мощность и снижается удельный расход топлива. Однако с увеличением степени сжатия необходимо применять бензин с более высоким октановым числом. Поэтому важнейшим условием бездетонационной работы двигателей является соответствие октанового числа, применяемого бензина и степени сжатия двигателя.

Следует подчеркнуть, что требуемое октановое число зависит не только от степени сжатия, но еще от формы камеры сгорания, максимальной частоты вращения коленчатого вала, теплонапряженности двигателя, наличия наддува и других факторов.

Поэтому, встречаются ДВС, у которых степень сжатия отличается на 1...2 единицы, а бензин для них рекомендован один и тот же. Для повышения детонационной стойкости бензинов в их состав вводят антидетонаторы - вещества, которые при добавлении к бензину в относительно небольших количествах резко повышают его антидетонационную стойкость. К их числу относятся антидетонаторы на основе ароматических аминов, соединений ферроцена и марганца или их смесь.

С фракционным составом связаны такие характеристики двигателя, как его пуск, образование паровых пробок в системе питания двигателя, прогрев и приемистость, экономичность и долговечность работы. Учитывая противоречивые требования к фракционному составу бензина в части содержания низкокипящих фракций с позиций обеспечения пуска двигателя, с одной стороны, и образования паровых пробок, обледенения карбюратора и потерь на испарение - с другой.

У нас в стране вырабатываются два вида бензинов - зимний и летний.

Эти бензины имеют оптимальный фракционный состав для определенных температурных условий и позволяют без осложнений эксплуатировать автомобили в различное время года. Все отечественные стандарты предусматривают содержание в бензинах серы (до 0,05...0,10%) и фактических смол (до 30...100 мг/л). Эти включения вызывают вредные отложения и коррозию деталей ДВС.

В соответствии со стандартами бензины не должны содержать воду, механические примеси, водорастворимые кислоты и щелочи, однако на практике встречаются случаи существенного отклонения от этих требований.

Октановое число - показатель, характеризующий детонационную стойкость топлива (способность топлива противостоять самовоспламенению при сжатии) для ДВС.

Впервые устойчивость бензинов к детонации была исследована в 1921 году американским инженером Гарри Рикардо. Он предложил первую шкалу детонационной стойкости бензинов. В начале 1930-х годов из-за высокой стойкости к детонации за стандарт был выбран изооктан (2,2,4-триметилпентан). Это соединение смешивали в разных соотношениях с *n*-гептаном (он весьма склонен к детонации), и у каждого образца определяли детонационную стойкость.

Характерный металлический звон при детонации создаётся детонационной волной, многократно отражающейся от стенок цилиндра. При детонации снижается мощность двигателя и ускоряется его износ.

Испытания на детонационную стойкость проводят или на полноразмерном автомобильном двигателе, или на специальных установках с одноцилиндровым двигателем. На полноразмерных двигателях при стендовых испытаниях определяют так называемое фактическое октановое число (ФОЧ), а в дорожных условиях — дорожное октановое число (ДОЧ). На специальных установках с одноцилиндровым двигателем определение октанового числа принято проводить в двух режимах: более жёсткий (моторный метод) и менее жёсткий (исследовательский метод). Октановое число топлива, установленное исследовательским методом, как правило, несколько выше, чем октановое число, установленное моторным методом. Точность определения октанового числа, более правильно именуемая воспроизводимостью, составляет единицу. Это означает, что бензин с октановым числом 93 может показать на другой установке при соблюдении всех требований метода определения октанового числа (ASTM D2699, ASTM D2700, EN 25163, ISO 5163, ISO 5164, ГОСТ 511, ГОСТ 8226) совсем другую величину — например, 92.

Требования к качеству бензинов

К бензинам предъявляются следующие требования:

- обеспечение нормального и полного сгорания полученной смеси в двигателях (без возникновения детонации);
- образование горючей смеси необходимого состава;
- обеспечение бесперебойной подачи в систему питания;
- отсутствие коррозионного воздействия на детали двигателя;
- незначительное образование отложений в двигателе;
- сохранение качеств при хранении и транспортировке.

Каждое из перечисленных требований выражается одним или несколькими показателями, которые устанавливаются соответствующими ГОСТами.

Свойства и показатели бензинов, влияющие на смесеобразование

Показателями бензинов, влияющими на смесеобразование, являются плотность, вязкость, поверхностное натяжение и испаряемость.

Плотность — отношение массы вещества к его объему. Плотность бензинов (от 690 до 810 кг/м³ при температуре 20 °С) наряду с поверхностным натяжением оказывает влияние на качество распыления топлива в карбюраторе, во впускном трубопроводе и цилиндрах двигателя вплоть до перехода его в парообразное состояние. Чем меньше плотность бензина, тем более мелкую структуру будет иметь распыленное топливо, что обеспечит лучшее перемешивание его с воздухом. Это, в свою очередь, улучшит полноту сгорания, т. е. повысит экономичность двигателя. Плотность бензина мало зависит от температуры; с понижением температуры на каждые 10 °С ее величина возрастает примерно на 1 %. Если значение плотности определено без учета температуры, то ее можно привести к значению плотности при температуре 20 °С по формуле

$$\rho_{20} = \rho_t + \gamma (t - 20),$$

где ρ_t — плотность бензина при температуре t ; γ — температурная поправка; t — температура при измерении.

Плотность различных марок бензина примерно одинакова и определяется с помощью ареометра (рис. 1). Методы определения плотности нефтепродуктов определяет ГОСТ 3900—85. Ареометр погружают в стеклянный сосуд, заполненный бензином. По глубине погружения (верхняя шкала) определяют значение плотности, а по нижней шкале устанавливают температуру, при которой определялась плотность.

Вязкость — свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению одной части относительно другой. Различают динамическую η и кинематическую ν вязкости. За единицу динамической вязкости принята вязкость такой жидкости, которая оказывает сопротивление силой в 1Н, вызванному взаимным сдвигом двух слоев этой жидкости площадью 1м², находящихся на расстоянии 1 м друг от друга и перемещающихся со скоростью 1м/с. Динамическая вязкость измеряется в Па • с.

С понижением температуры вязкость нефтяных топлив и их плотность повышаются. При понижении температуры уменьшится объемный расход бензина через жиклеры карбюратора, но при этом увеличится его массовый расход. Таким образом, влияние изменения вязкости и плотности бензина на работу жиклера противоположно, но в итоге при понижении температуры расход топлива через жиклеры уменьшится, что приведет к обеднению смеси.

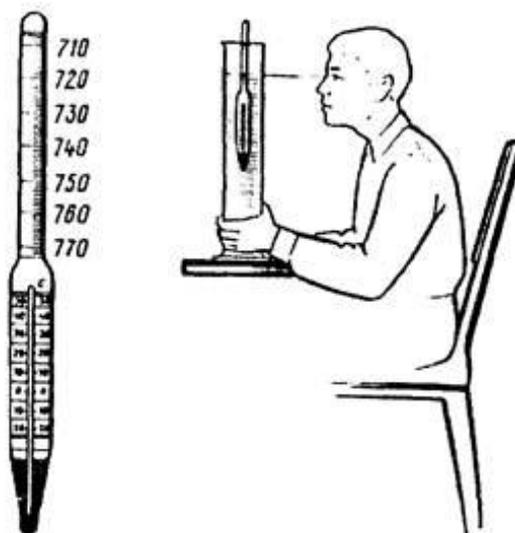


Рис. 1. Измерение плотности бензина

В ГОСТах на нефтепродукты указывается кинематическая вязкость, которая равна отношению динамической вязкости вещества к его плотности ρ

$$\nu = \eta / \rho.$$

Кинематическая вязкость измеряется в мм²/с. При температуре 20°С вязкость бензина составляет от 0,5—0,7 мм²/с. С понижением температуры вязкость бензина повышается.

Поверхностное натяжение равно работе образования единицы площади (1м²) поверхности жидкости при постоянной температуре и измеряется в Н/м. Для всех бензинов поверхностное натяжение одинаково и при температуре 20 °С равно 20—24 Н/м.

Испаряемость — это способность вещества к переходу из жидкого состояния в газообразное. От испаряемости зависит надежность поступления бензина из топливного бака в карбюратор и скорость образования топливно-воздушной смеси. Поэтому бензины должны обладать определенной испаряемостью, обеспечивающей легкий пуск двигателя, быстрый его прогрев, полное сгорание после прогрева, невозможность образования паровых пробок в топливной системе. Испаряемость бензина оценивается фракционным составом.

Фракционный состав бензинов — это содержание в них тех или иных фракций, выраженное в объемных или массовых соотношениях.

Фракционный состав топлив определяют на специальном приборе. Отмечают температуру начала перегонки $t_{нп}$, конца перегонки $t_{кп}$, температуры t_{10} , t_{50} , t_{90} , при которых перегоняется 10, 50 и 90 % бензина соответственно. На рис. 2 представлен график перегонки бензина, отражающий его фракционный состав, т. е. количество (q) перегоняемого топлива (в процентах) в зависимости от температуры перегонки (t).

В бензинах различают три основные фракции: пусковую, рабочую, концевую. Пусковая фракция представляет собой первые 10 % перегонки бензина. Чем ниже температура выкипания первых 10 % топлива, тем легче будет осуществлен пуск холодного двигателя. Однако при содержании особо низких фракций возникает опасность преждевременного испарения бензина и образование паровых пробок. По температуре t_{10} можно определить минимальную температуру окружающей среды, при которой возможен пуск двигателя:

$$t_{ос} = 0,5t_{10} - 50,5.$$

Температура выкипания 50 % бензина характеризует однородность состава смеси по отдельным цилиндрам, продолжительность и приемистость прогрева двигателя.

При снижении t_{50} сокращается время прогрева, увеличивается приемистость автомобиля и срок службы двигателя. Повышение t_{50} приводит к снижению ресурса двигателя, особенно при низких температурах окружающей среды.

Показатели t_{90} и $t_{кп}$ определяют содержание в бензинах тяжелых трудноиспаряемых фракций. Чем выше t_{90} и $t_{кп}$, тем вероятнее неполное испарение бензина и неполное его сгорание в цилиндрах, а это увеличивает расход бензина. Кроме того, несгоревшие частицы оседают на стенках цилиндра и смывают с них масло.

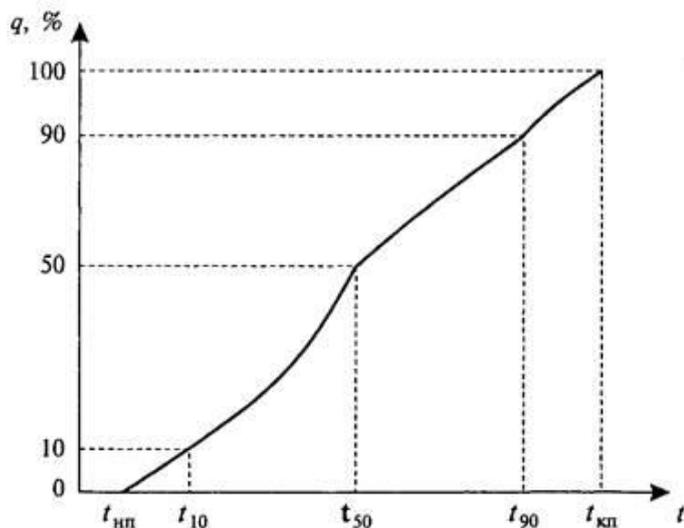


Рис. 2. График перегонки бензина

Давление насыщенных паров бензина характеризует испаряемость пусковой и рабочей фракций бензина, определяет его пусковые свойства и нормируется ГОСТом: для летних бензинов — до 67,0 кПа, зимних — 66,7—93,3 кПа.

Свойства и показатели бензинов, влияющие на подачу топлива

К показателям бензинов, влияющим на подачу топлива кроме давления насыщенных паров относятся показатели содержания воды и механических примесей.

Механическими примесями являются твердые вещества, образующие осадок или находящиеся во взвешенном состоянии. Это может быть пыль, технологическая грязь, продукты коррозии, разрушения шлангов, прокладок, фильтров, окисления и разложения углеводородов, которые могут привести к засорению жиклеров в карбюраторе, распылителей форсунок и т. д., а также стать причиной

повышенного износа деталей двигателя. Поэтому бензины и дизельные топлива не должны содержать механические примеси.

Наличие механических примесей определяется визуально путем осмотра пробы на свету в стеклянной емкости. В топливе не должно быть частиц, видимых невооруженным глазом.

Наличие воды в топливе вызывает коррозию деталей и осмоление непредельных углеводородов, содержащихся в бензине. Промышленное топливо практически не содержит воды. Однако зимой вода замерзает в топливных коммуникациях и может попасть в топливо при транспортировке, хранении и заправке. Поэтому топливо до заправки должно отстаиваться в складской таре, а при заправке фильтроваться. Наличие в топливе воды определяется также визуально.

Свойства и показатели бензинов, влияющие на процесс сгорания

Различают *нормальное, детонационное и калильное* сгорание рабочей смеси.

Сгорание смеси считается *нормальным*, если воспламенение топлива происходит от свечи зажигания, при этом оно полностью сгорает со средней скоростью распространения фронта пламени 15—25 м/с. Такое сгорание обеспечивает полное тепловыделение и плавное увеличение давления в цилиндрах.

Детонационным сгоранием называется такое сгорание рабочей смеси, при котором кроме воспламенения топлива от искры при определенных условиях происходит самовоспламенение отдельной его части. При этом фронт пламени распространяется со скоростью 1500—2500 м/с. Детонационное сгорание сопровождается звонкими металлическими стуками в зоне камеры сгорания, неполнотой сгорания (черный дым в отработавших газах), перегревом и снижением мощности двигателя.

Переход от нормального сгорания к детонационному обусловлен химическим составом топлива. Существует несколько теорий, объясняющих сущность детонационного сгорания, из них наиболее признанной является теория, по которой считается, что первыми продуктами взаимодействия углеводородов с кислородом являются перекиси и гидроперекиси. Они обладают большой избыточной энергией и при определенных условиях могут накапливаться с выделением большого количества тепла и активных частиц. При этом отмечено, что нормальные углеводороды легко образуют перекисные соединения, а разветвленные устойчивы к их образованию.

Так как каждая молекула гидроперекиси дает начало нескольким цепям, то скорость окисления резко возрастает. Таким образом, в конце такта сжатия при воспламенении смеси от свечи зажигания около нее формируется очаг пламени (рис. 3).

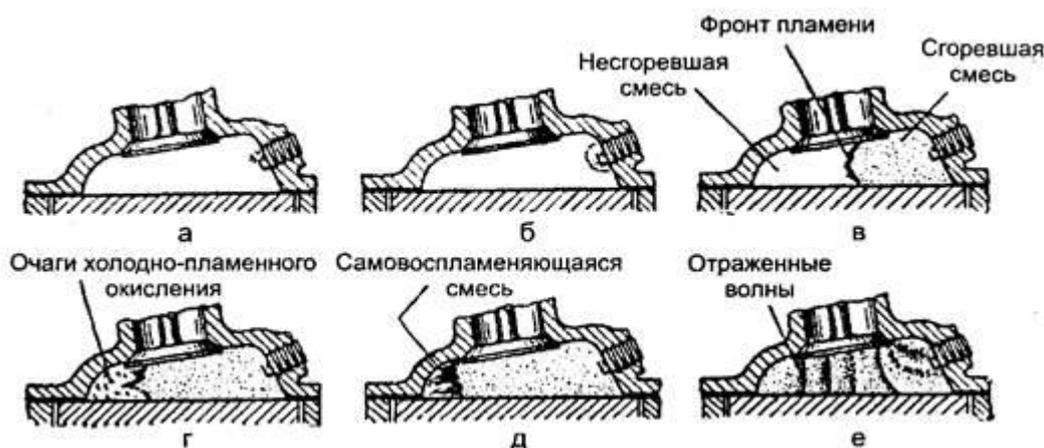


Рис. 3. Этапы детонационного сгорания в рабочей смеси: а — зажигание смеси от свечи зажигания; б — формирование очага горения; в — нормальное движение фронта пламени; г — образование очагов холодно-пламенного окисления в несгоревшей смеси; д — образование детонационной волны; е — движение отраженных волн

Образовавшийся фронт пламенного горения устремляется от свечи зажигания в противоположную часть камеры сгорания. Позади фронта пламени находятся продукты сгорания температурой 2000—2500 °С, а впереди — несгоревшая еще рабочая смесь. По мере нарастания давления в зоне сгоревших газов (0,35—0,5 МПа) сгоревшая часть смеси как бы поджигает несгоревшую, отчего температура последней повышается до 380—450 °С. Поэтому в несгоревшей части смеси ускоряются процессы окисления и повышается концентрация перекисей.

Если концентрация перекисей в несгоревшей части рабочей смеси окажется ниже критической, то фронт пламени горения без существенного изменения скорости достигнет противоположных стенок

камеры сгорания, и процесс сгорания смеси пройдет нормально. Если же концентрация перекисей и активных продуктов их распада в несгоревшей части рабочей смеси достигнет критической величины, то начнутся цепные реакции окисления с образованием множества очагов горения.

Так как рабочая смесь уже подготовлена к горению (много перекисей), то она сгорает с большой скоростью и резким повышением давления, в результате чего формируется ударная волна,двигающаяся по камере сгорания со сверхзвуковой скоростью. Мгновенно воспламеняются соседние слои рабочей смеси, а сама ударная волна оказывается совмещенной с фронтом пламени, при этом образуется детонационная волна. Избавиться от этого вредного явления можно подбором для каждой марки двигателя бензина с соответствующей детонационной стойкостью. С другой стороны, известно, что самый простой способ форсирования мощности двигателя путем увеличения степени сжатия ограничен именно детонационной стойкостью бензинов.

Удар детонационной волны о стенки камеры сгорания вызывает отраженные волны, вибрацию стенок и порождает звонкие металлические стуки, характерные для детонации. Слои рабочей смеси, прилегающие к стенкам цилиндра, подвергаются сильному сжатию детонационной волной, в результате чего увеличивается их теплопроводность и усиливается отдача тепла стенкам, двигатель перегревается и его работа становится жесткой.

Калильное сгорание — это воспламенение рабочей смеси от перегретых деталей и нагара в камере сгорания, когда при выключении зажигания сгорание смеси не прекращается, а она воспламеняется на такте очередного сжатия. При этом процесс сгорания и расширения смеси может наступить до завершения такта сжатия с последствиями, аналогичными для детонационного сгорания.

Детонационная стойкость оценивается октановым числом.

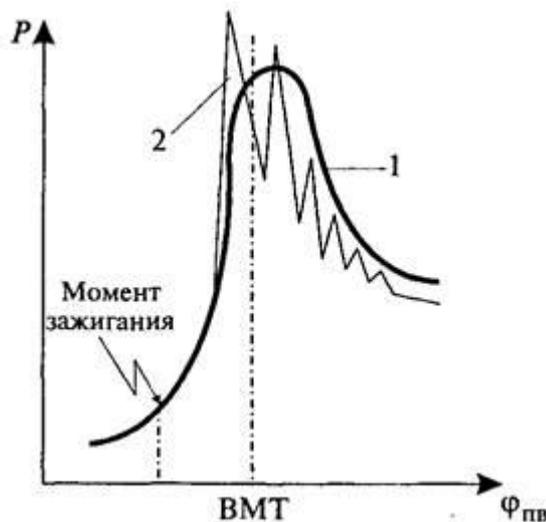


Рис. 4. Индикаторная диаграмма: 1 — нормальное сгорание; 2 — детонационное сгорание; ВМТ — верхняя мертвая точка

На рис.4 представлена развернутая индикаторная диаграмма, т. е. зависимость изменения давления P в цилиндре двигателя от угла поворота коленчатого вала $\varphi_{пв}$, при нормальном и детонационном сгорании смеси.