

АВТОМОБИЛЬНЫЕ БЕНЗИНЫ

1. Требования к качеству бензинов

Автомобильным бензином называют нефтяную фракцию, представляющую смесь углеводородов, которая выкипает при температурах от 40 до 200 °С.

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.

2. 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 различных марок бензина примерно одинакова и определяется с помощью ареометра (рис. 1.2). 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.

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.

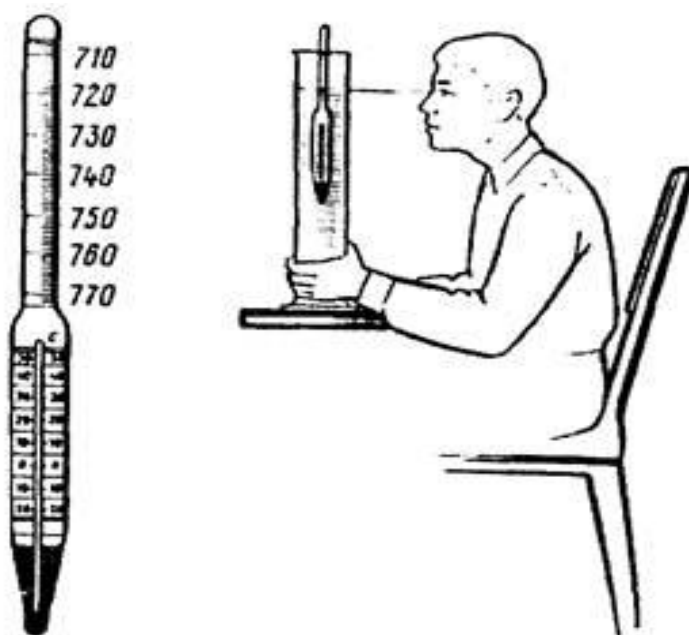


Рис. 1.2. Измерение плотности бензина

Поверхностное натяжение равно работе образования единицы площади (1 м^2) поверхности жидкости при постоянной температуре и измеряется в Н/м. Для всех бензинов поверхностное натяжение одинаково и при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ равно $20\text{—}24\text{ Н/м}$.

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.

3. 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.

4. 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 сжигает 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.

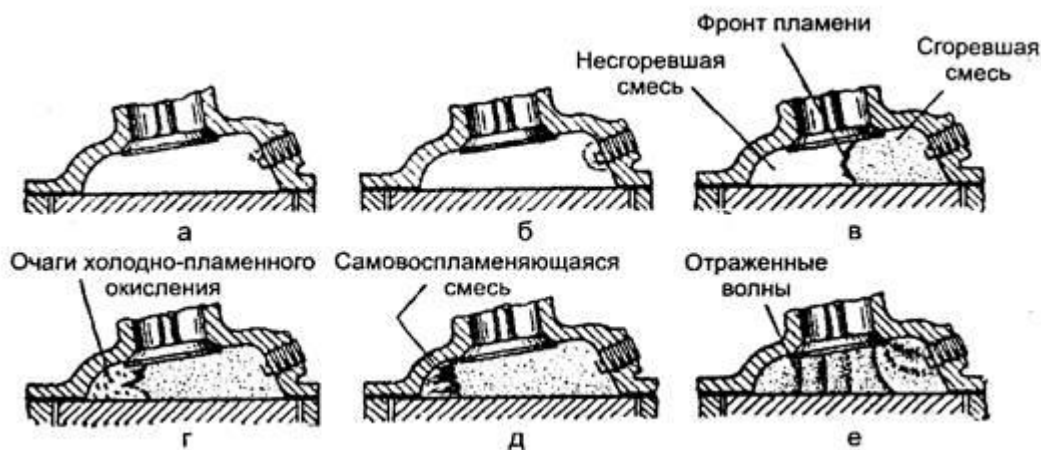


Рис. 1.4. Этапы детонационного сгорания в рабочей смеси: а — зажигание смеси от свечи зажигания; б — формирование очага горения; в — нормальное движение фронта пламени; г — образование очагов холодно-пламенного окисления в несгоревшей смеси;

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.

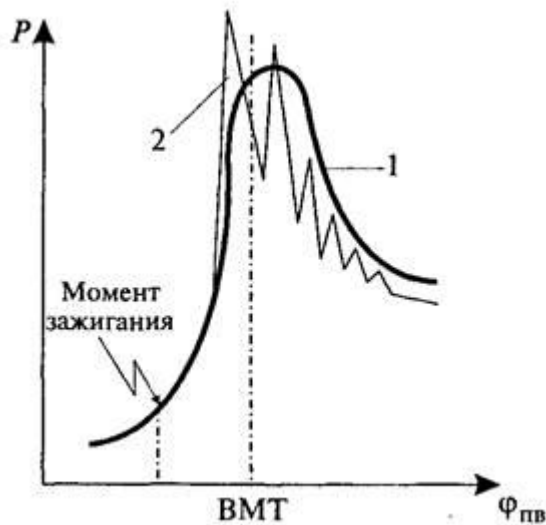


Рис. 1.5. Индикаторная диаграмма: 1 — нормальное сгорание;

2 — детонационное сгорание; ВМТ — верхняя мертвая точка

На рис. 1.5 представлена развернутая индикаторная диаграмма, т. е. зависимость изменения давления P в цилиндре двигателя от угла поворота коленчатого вала $\phi_{ПВ}$, при нормальном и детонационном сгорании смеси.

Октановое число — условный показатель антидетонационной стойкости бензина, численно равный процентному содержанию изооктана C_8H_{18} , октановое число которого принято за 100, в его смеси с н-гептаном C_7H_{16} , октановое число которого равно 0, эквивалентной по детонационной стойкости испытываемому бензину. Смеси изооктана и н-гептана различных соотношений будут иметь детонационную стойкость от 0 до 100. Например, октановое число бензина равно 80. Это значит, что данный бензин по детонационной стойкости эквивалентен смеси изооктана и н-гептана, в которой изооктана 80 %.

Существуют два метода определения октанового числа: моторный и исследовательский.

Моторным методом определяют октановое число на установке УИТ-65 (рис. 1.6), позволяющей изменять степень сжатия от 4 до 9, где сравнивают детонационную стойкость исследуемого бензина с эталонными образцами при температуре горючей смеси $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ и частоте вращения 900 мин^{-1} .

Исследовательским способом детонационную стойкость определяют *при температуре горючей смеси 25—35 °С (смесь не подогревается) и частоте вращения 600 мин-1*. В этом случае в марке бензина присутствует буква «И». Например, АИ-92 — автомобильный бензин с октановым числом по исследовательскому методу не ниже 92.

Так как определение детонационной стойкости по моторному методу проходит в более жестких условиях, то результат будет несколько ниже, чем он был бы получен при определении по исследовательскому методу (табл. 1.1). В обоих случаях после прогрева двигателя постепенно увеличивается степень сжатия до появления детонации определенной стандартной интенсивности, определяемой по шкале указателя детонации.

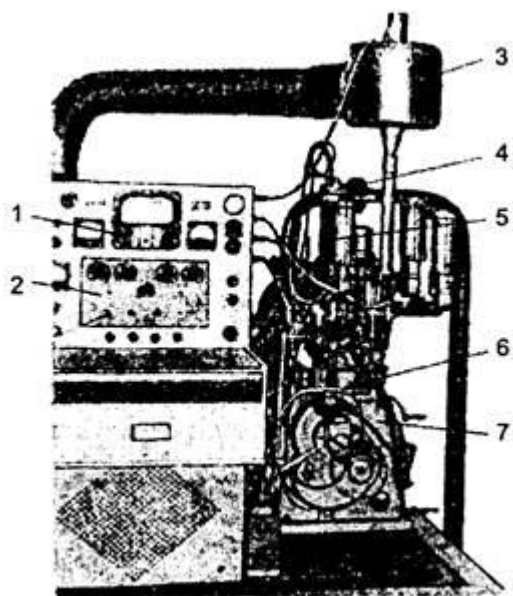


Рис. 1.6. Установка УИТ-65 для моторного определения октановых чисел бензина: 1 — пульт управления; 2 — аппаратура для измерения детонации; 3 — бак для подогрева всасываемого воздуха; 4 — конденсатор охлаждения; 5 — карбюратор; 6 — ресивер с водяным охлаждением; 7 — одноцилиндровый двигатель

Таблица 1.1. Октановые числа бензинов различных марок

Определение октанового числа	А-76	АИ-80	АИ-91	АИ-92	АИ-93	АИ-95	АИ-9	АИ-98
По моторному методу	76	76	82,5	83	85	85	85	88
По исследовательскому методу	—	80	91	92	93	95	96	98

Установлена примерная зависимость между требуемым октановым числом бензина, степенью сжатия и диаметром цилиндра двигателя:

$$\text{ОЧ} = 125,4 - 413 / \varepsilon + 0,183D$$

где ОЧ — октановое число; ε — степень сжатия; D — диаметр цилиндра.

Для увеличения степени сжатия на единицу необходимо повысить октановое число на 4—8 единиц.

Октановое число зависит не только от степени сжатия. Заметное влияние оказывают температура окружающей среды, атмосферное давление и влажность. Так, октановое число может быть снижено на единицу при уменьшении температуры воздуха на 10 градусов или атмосферного давления на 10 мм рт. ст. Например, если при температуре окружающей среды —20 °С и атмосферном давлении 760 мм рт. ст. двигателю был необходим бензин с октановым числом 90, то при температуре окружающей среды —10 °С и атмосферном давлении 700 мм рт. ст. достаточно использовать бензин с октановым числом 80.

5.Способы повышения детонационной стойкости бензинов

Методом прямой перегонки нефти можно получить бензин с октановым числом до 91 (А-76, АИ-80, АИ-91). Однако такое производство бензина нерентабельно: во-первых, из каждой тонны нефти его получится чуть ли не вдвое меньше, во-вторых, не из всякой нефти можно получить бензин АИ-91. Поэтому обычно бензин с необходимым октановым числом получают двумя способами.

Первый способ: бензин прямой перегонки подвергают вторичной переработке (каталитический риформинг, крекинг и др.), т. е. воздействуют на химический состав бензина, что требует значительных средств, но бензин при этом получается наименее вредным для окружающей среды.

Химический состав бензинов включает следующие основные углеводороды: н-алканы, циклоалканы, изоалканы, ароматические углеводороды. Самые устойчивые к детонации углеводороды — ароматические и изоалканы. Следовательно, увеличивая их содержание в бензине, можно повысить октановое число. Практически это достигается при применении бензинов

риформинга и введением ароматических углеводородов, таких, как этилбензол. Октановое число высококачественных бензинов АИ-95, АИ-98 достигается этим путем.

Второй способ: введение в бензин прямой перегонки специальных присадок — антидетонаторов. Бензин получается существенно дешевле, но и значительно вреднее (табл. 1.2).

Антидетонаторы — металлоорганические соединения, незначительное количество которых в бензинах резко повышает их детонационную стойкость. В 1920 г. была найдена добавка — тетраэтилсвинец (ТЭС) $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$, резко подавляющая детонацию. До настоящего времени это самая эффективная добавка. Введение 0,3 % ТЭС в бензин приводит к повышению октанового числа на 15—25 единиц. Известно несколько марок этиловых жидкостей, которые содержат от 54 до 58 % ТЭС. Бензины, содержащие этиловую жидкость, ядовиты, поэтому окрашиваются в различные цвета.

Имеются заменители ТЭС, такие, как пентакарбонил железа $\text{Fe}(\text{CO})_5$, декарбонил марганца $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$ и циклопентадиенилкарбонил марганца (ЦТМ) $\text{C}_5\text{H}_5\text{Mn}(\text{CO})_3$ с очень высоким анти-детонационным эффектом.

Наиболее приемлемой является присадка метилтретбутилового эфира (МТБЭ). Добавка 10 % МТБЭ в бензин повышает октановое число на 5—6 единиц. МТБЭ хорошо совмещается с бензином и с его помощью получают неэтилированные бензины А-76 и АИ-93.

Повышение октанового числа с помощью ТЭС обходится в пять — девять раз дешевле, чем при использовании других антидетонаторов, но они экологически более вредные.

В России неэтилированные бензины составляют около 50 %, причем из них более 85 % с октановым числом 76.

Различают этилированные бензины по цвету: бензин А-76 окрашен в желтый цвет, АИ-93 — в оранжево-красный, экспортное исполнение бензинов АИ-80, АИ-92 и АИ-96 светло-желтого цвета.

Таблица 1.2. Антидетонаторы и их негативные воздействия

Антидетонатор	Состав	Негативное воздействие
ТЭС	Тетразилсвинец	Сильное канцерогенное действие, опасное загрязнение флоры, губителен для нейтрализаторов отработавших газов автомобиля
МЦТМ на основе марганца	Метилциклопентадиентрикарбонил марганца	Недостаточная стабильность в топливе, снижение ресурса свечей зажигания, некоторое повышение концентрации твердых частиц и нейротоксичность отработавших газов, снижение ресурса нейтрализатора
Ферроцены на основе железа	Диметилферроценил карбонил-ферроцен	Повышенный износ двигателя и смолообразование
Ферроцены на основе аминов	Смесь менометиланилина и анилина-экстралина	Увеличение смолообразования и окисляемости топлива
МТБЭ	Метилтретбутиловый эфир	Увеличение отложений и выбросов окислов азота и альдегидов
Фэтерол	Смесь МТБЭ с третбутиловым эфиром	То же
Этанол	—	Низкая гидролитическая стабильность (боится влаги), вредное воздействие на резину и пластмассы
Метанол	—	То же плюс летучесть и токсичность паров

*Способность жидкого топлива сохранять свой состав и свойства в процессе хранения и транспортировки называется **стабильностью**.*

Смолы, образующие липкие остатки, отлагаются на таких деталях, как топливный бак, топливопроводы, насос, карбюратор, стержни впускных клапанов. Смолы, осевшие на горячих деталях, образуют твердые отложения, а попавшие в камеру сгорания, вызывают образование нагара.

Увеличение площади контакта топлива с воздухом при хранении ускоряет окислительные процессы, поэтому при хранении целесообразно заполнять емкости до горловины.

Воздушное пространство над топливом после реакции с парами топлива наполняется азотом и процесс окисления замедляется. Поступление свежего

воздуха снова вызовет интенсивное протекание окислительных процессов. Поэтому хранить бензин необходимо в герметично закрытых емкостях.

Процессы окисления и осмоления ускоряются с повышением температуры бензина. Процесс окисления самоускоряющийся, поэтому бензин, залитый в емкость, не очищенную от остатков старого бензина, осмоляется быстрее. Ускоряют образование смол ржавчина и грязь.

6. Коррозионные свойства бензинов

Наибольшую опасность с точки зрения коррозионного воздействия представляют: вода, водорастворимые кислоты и щелочи, а также сернистые соединения.

Водорастворимые кислоты и щелочи

Водорастворимые кислоты и щелочи являются электролитами. Их капельки осаждаются на поверхности металла и вызывают электрохимическую коррозию. Продукты коррозии переходят в топливо и засоряют фильтры и другую топливную аппаратуру.

Неорганические кислоты и щелочи — примеси, которые могут попасть в топливо при его очистке. Так, например, при производстве бензина для удаления органических кислот его очищают раствором щелочи, затем промывают водой. При недостаточно эффективной обработке в бензине могут оставаться щелочь и вода.

Особенно вредными для топлива являются минеральные соли и кислоты. Их присутствие в топливе не допускается.

Органические кислоты, содержащиеся в нефти, при переработке попадают в бензины и дизельное топливо.

Нафтеновые кислоты — слабые электролиты, которые обладают невысокой коррозионной активностью, что позволяет не удалять их из нефтепродуктов. Кроме того, они оказывают благоприятное смазывающее воздействие.

Основными показателями, определяющими компонентный состав бензинов, являются детонационная стойкость и фракционный состав. Качество автомобильных бензинов регламентируется ГОСТами.

По наличию антидетонаторов бензины делятся на этилированные и неэтилированные. Каждая марка бензина кроме АИ-95 и АИ-98 имеет летнюю и зимнюю модификации. Разница в температурах перегонки модификаций составляет 10—20 С, причем для всех марок бензина температура испарения одноименных фракций одинакова.

Состав бензина и другие его показатели зависят от месторождений нефти и технологии ее производства.

Маркировка бензинов состоит из буквы А (для автомобильных бензинов), а также цифр, соответствующих минимальному октановому числу, определенному по моторному или исследовательскому методу.

Применение неэтилированных бензинов является радикальной мерой по снижению токсичности отработавших газов и сохранению чистоты окружающей среды. Однако только этого способа недостаточно для того, чтобы добиться данной цели. Необходимо также использовать автомобили с исправными системами питания и зажигания двигателей, обеспечивая тем самым максимально возможную полноту сгорания топлива.

Контрольные вопросы

1. Какие предъявляются требования к качеству бензина?
2. Какие свойства и показатели бензина влияют на смесеобразование?
3. Что такое нормальное, детонационное и калильное сгорание?
4. Что такое детонационная стойкость бензинов и какие существуют методы определения октанового числа?
5. Расскажите о способах повышения детонационной стойкости бензинов.
6. Расскажите о способности бензина образовывать отложения.
7. Расскажите о коррозионных свойствах бензина.
8. Как маркируются бензины?