

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 скорость сгорания не более 40 м/с) ;*
- образование горючей смеси необходимого состава ;*
- обеспечение бесперебойной подачи в систему питания ;*
- минимальное коррозирующее воздействие на детали двигателя ;*
- минимальное отложение смолистых веществ в элементах системы питания ;*
- минимальное вредное воздействие на организм человека и окружающую среду ;*
- сохранение качеств при хранении и транспортировке.*

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

Автомобильные бензины в зависимости от количества легко испаряющихся фракций подразделяют на летние и зимние.

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 распылённое 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). 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.

Ориентировочно плотность бензина при 20 градусах Цельсия:

А-80 - 0,73 г / см³

АИ-95 - 0,75 г / см³

АИ- 98 - 0,78 г / см³ .

Вязкость - свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению одной части относительно другой.

С понижением температуры вязкость нефтяных топлив и их плотность повышаются. При понижении температуры уменьшится объёмный

расход бензина через жиклёры карбюратора, но при этом увеличится его массовый расход. Таким образом, влияние изменения вязкости и плотности бензина на работу жиклёра противоположно, но в итоге при понижении температуры расход топлива через жиклёры уменьшится, что приведёт к обеднению смеси.

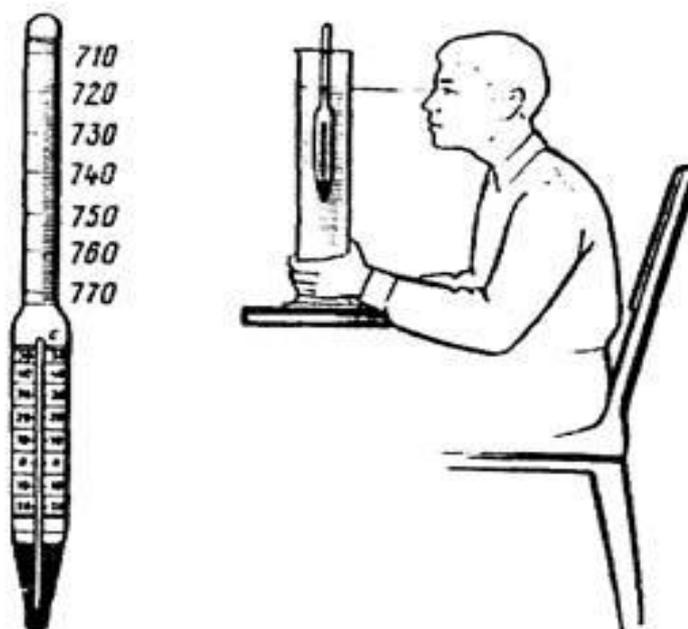


Рис. 1 Измерение плотности бензина

Поверхностное натяжение равно работе образования единицы площади (1м^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 надёжность поступления бензина из топливного бака в карбюратор и скорость образования топливно-воздушной смеси. Поэтому бензины должны обладать определённой испаряемостью, обеспечивающей лёгкий 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 объёмных 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 твёрдые 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 жиклёров 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 путём осмотра пробы на свету в стеклянной ёмкости. В топливе не должно быть частиц, видимых невооружённым 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 сгорает со средней скоростью распространения фронта пламени 20—35 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 определённых условиях происходит самовоспламенение отдельной его части. При этом фронт пламени распространяется со скоростью 2 000—3 500 м/с. Детонационное сгорание сопровождается звонкими металлическими стуками в зоне камеры сгорания, неполнотой сгорания (чёрный дым в отработавших газах), перегревом и снижением мощности двигателя.

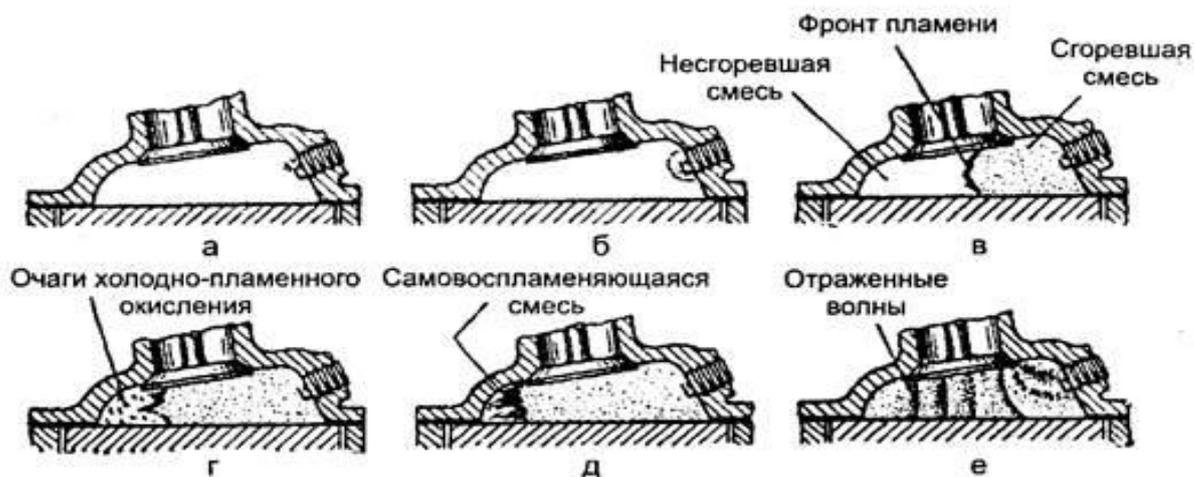


Рис. 2 Этапы детонационного сгорания в рабочей смеси:

- 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 2 000—2 500 °С, а впереди — несгоревшая ещё 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 пройдёт 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 совмещённой 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 путём увеличения степени сжатия ограничен именно детонационной стойкостью бензинов.

Удар детонационной волны о стенки камеры сгорания вызывает отражённые 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 жёсткой.

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.

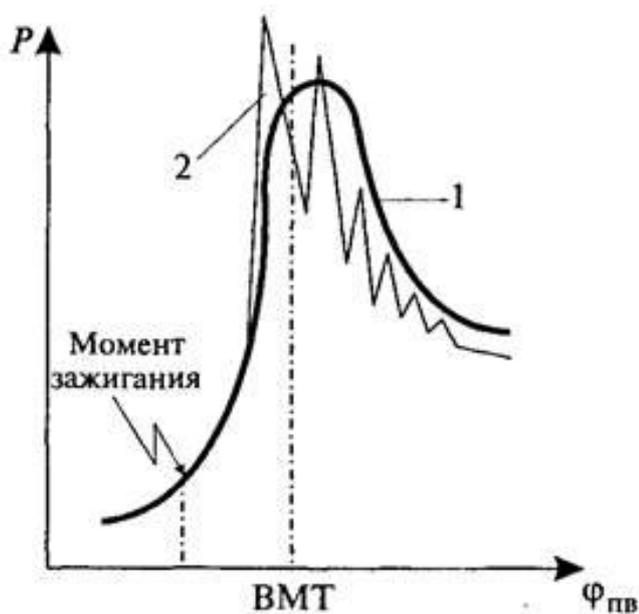


Рис. 3 Индикаторная диаграмма:

1 - нормальное сгорание; 2 - детонационное сгорание; ВМТ - верхняя мёртвая точка

На рис. 3 представлена развёрнутая 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. 4), 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 $25\text{--}35\text{ }^\circ\text{C}$ (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 жёстких условиях, то результат будет несколько ниже, чем он был бы получен при определении по исследовательскому методу (табл. 1).

В обоих случаях после прогрева двигателя постепенно увеличивается степень сжатия до появления детонации определённой стандартной интенсивности, определяемой по шкале указателя детонации.

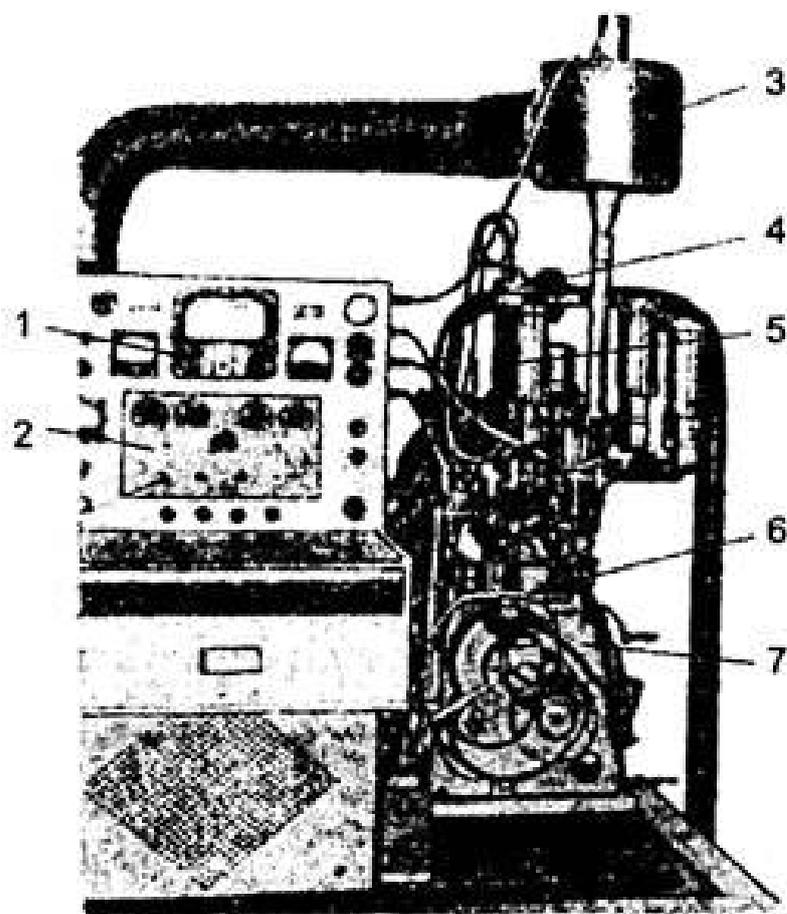


Рис. 4 Установка УИТ-65 для моторного определения октановых чисел бензина:

- 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 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 путём.

Второй способ: введение в бензин прямой перегонки специальных присадок - антидетонаторов. Бензин получается существенно дешевле, но и значительно вреднее (табл. 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 антидетонационным 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 2. Антидетонаторы и их негативные воздействия

Антидетонатор	Состав	Негативное воздействие
ТЭС	Тетраэтилсвинец	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	Диметилферроцилкарбонил-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 ёмкости 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 ёмкостях.

Процессы окисления и осмоления ускоряются с повышением температуры бензина. Процесс окисления самоускоряющийся, поэтому бензин, залитый в ёмкость, 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 щёлочь 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.

Нафтенновые 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, причём для всех марок бензина температура испарения одноимённых фракций одинакова.

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

Маркировка бензинов состоит из буквы А (для автомобильных бензинов), а также цифр, соответствующих минимальному октановому числу, определённого 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. Что значит летний и зимний бензин.
3. Какие свойства и показатели бензина влияют на смесеобразование.
4. Что такое нормальное, детонационное и калильное сгорание.
5. Что такое детонационная стойкость бензинов и какие существуют методы определения октанового числа.
6. Расскажите о способах повышения детонационной стойкости бензинов.
7. Расскажите о способности бензина образовывать отложения.
8. Расскажите о коррозионных свойствах бензина.
9. Как маркируются бензины.