

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Кафедра «Общественно-транспортные проблемы»

М. А. БОЙКАЧЕВ, В. Д. ЧИЖОНОК

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Часть 1

МОТОРНЫЕ ТОПЛИВА

Пособие для студентов транспортных специальностей

Одобрено методической комиссией факультета
"Управление процессами перевозок"

Гомель 2004

УДК 656.13 (075.8)
Б 772

Рецензенты: канд. техн. наук, профессор, руководитель НИЛ "Экология на транспорте" **В. М. Овчинников** (БелГУТ); главный инженер РДАУП АП-1 **Н. Н. Козлов** (г. Гомель).

Бойкачев М. А., Чижонков В. Д.
Б 772 Эксплуатационные материалы. Ч. 1: Моторные топлива: Пособие для студентов транспортных специальностей. – Гомель: БелГУТ, 2004. – 65 с.

Систематизированы данные о моторных топливах, используемых при эксплуатации автомобилей. Представлены сведения о марках и свойствах топлив. Уделено внимание вопросам контроля качественных показателей топлива и требованиям безопасности при их применении.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности Т 04.03.00 "Организация движения и управление на транспорте (автомобильном)", а также может быть полезно для студентов других специальностей.

УДК 656.13 (075.8)

© УО БелГУТ, 2004.
© М. А. Бойкачев, В. Д. Чижонков, 2004.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Сырьевая база и технологические принципы получения моторных топлив.....	5
1.1 Сырьевая база.....	5
1.2 Основы технологического процесса получения моторного топлива....	8
2 Свойства и показатели качества автомобильных бензинов.....	15
2.1 Характеристика качеств автомобильных бензинов.....	15
2.2 Способы повышения качества бензинов.....	22
2.3 Ассортимент и маркировка бензинов.....	25
2.4 Методы оценки качества бензинов.....	29
3 Свойства и показатели качества дизельного топлива.....	31
3.1 Характеристика качеств дизельного топлива.....	31
3.2 Способы повышения качества дизельных топлив.....	36
3.3 Ассортимент и маркировка дизельных топлив.....	37
3.4 Методы оценки качества дизельных топлив.....	42
4 Особенности использования альтернативных видов топлив.....	43
4.1 Сжиженные газы.....	43
4.2 Сжатые газы.....	46
4.3 Прочие виды альтернативных топлив.....	49
5 Требования безопасности при перевозке, хранении и использовании моторных топлив.....	52
5.1 Требования безопасности при применении автомобильных топлив...	52
5.2 Требования безопасности при эксплуатации газобаллонных автомобилей.....	56
Список литературы.....	58
Приложение А Форма сертификата соответствия.....	60
Приложение Б Форма паспорта качества на бензин.....	62
Приложение В Форма паспорта качества на дизельное топливо.....	63
Приложение Г Перечень тем и вопросов по дисциплине.....	64

ВВЕДЕНИЕ

Автомобиль – неперенный элемент нашей жизни, который является весьма энергоемким и одним из наиболее крупных потребителей (свыше 65 %) топливно-энергетических ресурсов. Потребляемыми ресурсами в первую очередь являются моторные топлива (светлые нефтепродукты), получаемые из нефти на нефтеперерабатывающих заводах, а двигатели внутреннего сгорания – бензиновые карбюраторные и дизельные остаются наиболее массовыми силовыми установками автомобилей.

Постоянный рост численности автомобилей ведет к увеличению добычи и переработки нефти, а это – сокращение запасов нефти, введение в действие новых месторождений расположенных в отдаленных и труднодоступных местах, и как следствие – удорожание моторных топлив. Кроме того, это приводит к значительному увеличению выбросов в атмосферу загрязняющих веществ с отработавшими газами, которые негативно влияют на человека и окружающую среду.

Таким образом, расширение сырьевой базы, повышение качества моторных топлив и их удешевление за счет использования природного газа, тяжелых нефтей и природных битумов, угля, горючих сланцев, торфа, биомассы и других нетрадиционных источников позволяют снизить расход нефти и степень воздействия отработавших газов на окружающую среду. Поэтому знание состава топлив, их свойств, области применения, эксплуатационных характеристик, токсикологических особенностей необходимо тем, кто занимается проектированием и эксплуатацией автомобильной техники, транспортированием, хранением и реализацией моторных топлив.

В данном пособии осуществлена попытка дать студентам необходимую информацию о производстве, применении и качестве моторных топлив как отечественного, так и иностранного производства, а также их заменителей и перспективных смесей.

1 СЫРЬЕВАЯ БАЗА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОЛУЧЕНИЯ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

1.1 Сырьевая база

Мировые энергетические потребности на 32 % удовлетворяются за счет нефти, а на транспорте нефть и нефтепродукты практически незаменимы. Ежегодно сжигается более 3 миллиардов тонн нефти. При этом для сжигания 1 кг углеводородного топлива необходимо 15 кг воздуха. Значительный "вклад" в данный негативный процесс вносят автомобили, численность которых составляет около 700 млн шт. (прогнозируется к 2020 году – 1,1 млрд шт.).

Балансовые запасы нефти (запасы, использование которых технологически возможно и экономически целесообразно), имеющиеся в настоящее время [15] в странах ближнего зарубежья, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Балансовые запасы нефти

Страна	Нефть и газовый конденсат, млн т	Страна	Нефть и газовый конденсат, млн т
Россия	19481	Казахстан	2104
Украина	153	Туркмения	264
Беларусь	77	Узбекистан	253
Грузия	12	Таджикистан	4
Азербайджан	460	Киргизия	14
Армения	6		

Данные запасы составляют примерно 1/7 часть мировых запасов нефти. В объемном исчислении уточненный на данный момент мировой запас нефти и других полезных ископаемых представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Запасы энергетических полезных ископаемых

Вид топлива	Разведанные и извлекаемые полезные ископаемые				Общие	
	Запасы	энергопотенциал, тыс. пДж	доля запасов, %	кратность запасов, лет	запасы	энергопотенциал, тыс. пДж
Нефть, млрд т	124	5184	16	41	354	14822
Газ, трлн м ³	109	4346	14	58	271	10524
Угли, млрд т: каменные бурые	1075 513	16172 6188	70	218	13868	313150
Битуминозные сланцы, млрд т	–	–	–	–	6,8	19035
Всего	–	31890	100	–	–	358543

Примечание – Кратность запасов – это отношение остаточных запасов к текущей добыче.

Нефть представляет собой вязкую, несколько маслянистую жидкость от черного до бурого цвета, иногда с красноватым, зеленоватым, оранжевым оттенком; обычно она темно-бурого цвета. Плотность нефти колеблется от

650 до 1040 кг/м³, в результате чего различают легкие (плотность до 850), средние (850 – 900) и тяжелые (свыше 900) нефти. Теплота сгорания составляет 43,7 – 46,2 МДж/кг.

В химическом отношении нефть представляет собой сложную жидкость, состоящую в основном из углеводородов, т. е. соединений углерода с водородом. Суммарное содержание углерода и водорода в нефти – около 97–98 % (по весу), в том числе углерода 82–87 % и водорода 11,5–14,5 %. Кроме углеводородов в состав нефти в незначительных количествах входят химические соединения (примеси), содержащие кислород, серу и азот. Кислорода, серы и азота в нефти обычно 2–3 % (по весу), в том числе кислорода 0,05–1 %, серы 0,1–7 %, азота 0,001–1,8 %.

Нефть, таким образом, делится на *углеводородный* и *элементарный* составы, которые показывают процентное содержание углеводородов и химических элементов.

По химическому составу все углеводороды нефти подразделяют на следующие группы (ряды): парафиновые (алканы), нафтеновые (цикланы) и ароматические (арены) либо бензолные.

Парафиновые углеводороды присутствуют в нефти в количестве 30–35 %, однако в некоторых случаях их содержание превышает 50 %. Они относятся к насыщенным (атомы углерода в молекулах соединяются между собой одинарной валентной связью), имеют цепную структуру и общую эмпирическую формулу – C_nH_{2n+2}. Входящие в этот ряд метан (CH₄), этан (C₂H₆), пропан (C₃H₈) и бутан (C₄H₁₀) при нормальных условиях, т. е. при давлении 760 мм рт. ст. (0,1 МПа) и температуре 0 °С, находятся в газообразном состоянии.

Парафиновые углеводороды с C₅H₁₂ до C₁₅H₃₂ при нормальных условиях находятся в жидком состоянии, а начиная с C₁₆H₃₄ – в твердом состоянии. С повышением их молекулярного веса увеличиваются температуры кипения, плавления и плотность.

Парафиновые углеводороды в условиях, близких к нормальным, обладают повышенной химической стойкостью. При возрастании температуры и давления высокомолекулярные парафиновые углеводороды легко расщепляются, образуя более легкие углеводороды.

Изомерные парафиновые углеводороды (имеющие одинаковую формулу, но различное строение) улучшают качество бензинов (детонационную стойкость), а нормальные – качество дизельных топлив (самовоспламеняемость).

Нафтеновые углеводороды присутствуют в нефтепродуктах в значительных количествах от 25 до 75 %. Они имеют циклическую структуру (пять или шесть атомов углерода в кольце) с общей формулой C_nH_{2n}, обладают большей стойкостью против окисления при высоких температурах, чем нормальные парафиновые углеводороды, и имеют более высокую температуру кипения.

Присутствие легких нафтеновых углеводородов желательно в автомобильных топливах для карбюраторных двигателей, а нафтеновые углеводороды с более сложной структурой (имеющие длинные боковые цепи) улучшают качество смазочных масел, в частности, понижают их температуру застывания и позволяют материалам долго храниться без изменения своих свойств.

Ароматические углеводороды также относятся к циклическим углеводородам. Нефть содержит 10–20 % ароматических углеводородов, которые обычно представлены бензолом (C_6H_6), его гомологами и производными нафталина. Их общая формула C_nH_{2n-6} .

Ароматические углеводороды обладают высокими антидетонационными качествами и хорошей химической стойкостью при повышенной температуре. Их присутствие желательно в бензине и в то же время нежелательно в дизельном топливе.

Кроме того, в состав автомобильного топлива могут входить олефиновые (алкены) и диолефиновые (алкадиены) углеводороды.

Олефиновые (C_nH_{2n}) и *диолефиновые* (C_nH_{2n-2}) углеводороды либо *непредельные* имеют цепную структуру, но являются ненасыщенными (атомы углерода в молекулах соединены между собой двойной валентной связью).

Простейшие углеводороды олефиновой группы – этилен (C_2H_4), а диолефиновой группы – пропадиен (C_3H_4).

Данные углеводороды в нефти не содержатся, но образуются в значительных количествах при переработке нефти. Их присутствие в автомобильном топливе нежелательно, поскольку они неустойчивы и вступают в реакции присоединения, тем самым снижают химическую стабильность бензинов.

Наряду с углеводородами нефть содержит различные сернистые соединения, органические кислоты, азотистые соединения, а также асфальто-смолистые вещества, большинство из которых образовалось в результате взаимодействия с кислородом воздуха.

Наличие органических кислот, получивших название нафтеновых, и сернистых соединений способствует коррозии металлических изделий. Особенностью асфальто-смолистых веществ является склонность к отложениям и повышенным нагарам, а также они придают нефти и нефтепродуктам темный цвет.

Сера по коррозионному воздействию на металл подразделяется на активную (непосредственно вызывающую коррозию – сера (S), меркаптан (R-S-H), сероводород (H_2S)) и неактивную (непосредственно коррозию не вызывающую – сульфиды (соли сероводородной кислоты)). По наличию серы нефть делится на малосернистую (до 0,5 %) и сернистую (свыше 0,5 %).

Наличие некоторых сернистых соединений в нефти и нефтепродуктах придает им специфический неприятный (сероводородный) запах.

Азот содержится в малых количествах преимущественно в тяжелых фракциях нефти. На качество нефтепродуктов азот существенного влияния не оказывает [1, 3, 5, 15].

Истощение нефтяных месторождений и постоянный рост стоимости получаемого топлива привели к тому, что на транспорте стали широко использовать природный и попутный (растворенный в нефти) газы.

Общие запасы России и стран СНГ – более 48 трлн m^3 , что составляет 1/3 часть мировых запасов. В объемном же исчислении запасы природного газа представлены в таблице 2.

Различают три типа газовых месторождений:

- газовое – газы при обычном давлении и температуре содержат небольшие примеси жидких углеводородов; основные компоненты газа – метан CH_4 (до 98 % объема), этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 и бутаны C_4H_{10} (углеводороды $C_1 - C_4$);

- газоконденсатные (кроме углеводородов $C_1 - C_4$) – содержат переменное количество жидких предельных углеводородов, при выходе из скважины на поверхность они конденсируются в виде жидкости; газы по составу близки к природному газу, а конденсат содержит изомеры пентанов C_5H_{12} , гексанов C_6H_{14} , гептанов C_7H_{16} , октанов C_8H_{18} (углеводороды $C_5 - C_8$) и более высококипящие углеводороды;

- залегающий рядом с нефтью, но не растворенный в ней. Состав газа близок к газоконденсатному.

Кроме того, в состав природного газа в незначительном количестве входят азот, диоксид углерода, гелий, аргон.

В настоящее время другими источниками сырья не нефтяного происхождения для получения автомобильных топлив служат каменный и бурый уголь, состоящий из углерода до 75 – 95 %, минеральных примесей и влаги; торф, состоящий (%) из углерода (50 – 60), водорода (4,5 – 6,5), азота (0,8 – 2,9), кислорода (31 – 60), серы (0,1 – 1,5); сланцы (осадочные породы, пропитанные горючими органическими веществами сапролевого типа (до 60 – 80 %)); биомасса, а также водород [2, 6, 15].

1.2 Основы технологического процесса получения моторного топлива

Особенностью нефти, которая имеет в своем составе разнообразные углеводороды, является широкий температурный диапазон выкипания. Так, при нагреве до 30–40 °C из нефти начинают испаряться наиболее легкие углеводороды. С повышением температуры состав выкипающих углеводородов становится тяжелее. Это позволяет разделить нефть на части или фракции, выкипающие в определенных температурных пределах. Получаемые продукты называют *дистиллятами*, а сам процесс – *прямой перегонкой* нефти, которая относится к физическому способу переработки

нефти. На рисунке 1 представлены продукты, получаемые из сырой нефти. Из этого ряда продуктов, применительно к транспорту, можно выделить дистилляты со следующими пределами выкипания: бензиновый – 30...205 °С; лигроиновый – 110...230 °С; керосиновый – 120...315 °С; газойлевый – 230...330 °С; соляровый – 280...380 °С; масляный – 320...500 °С [1, 15].

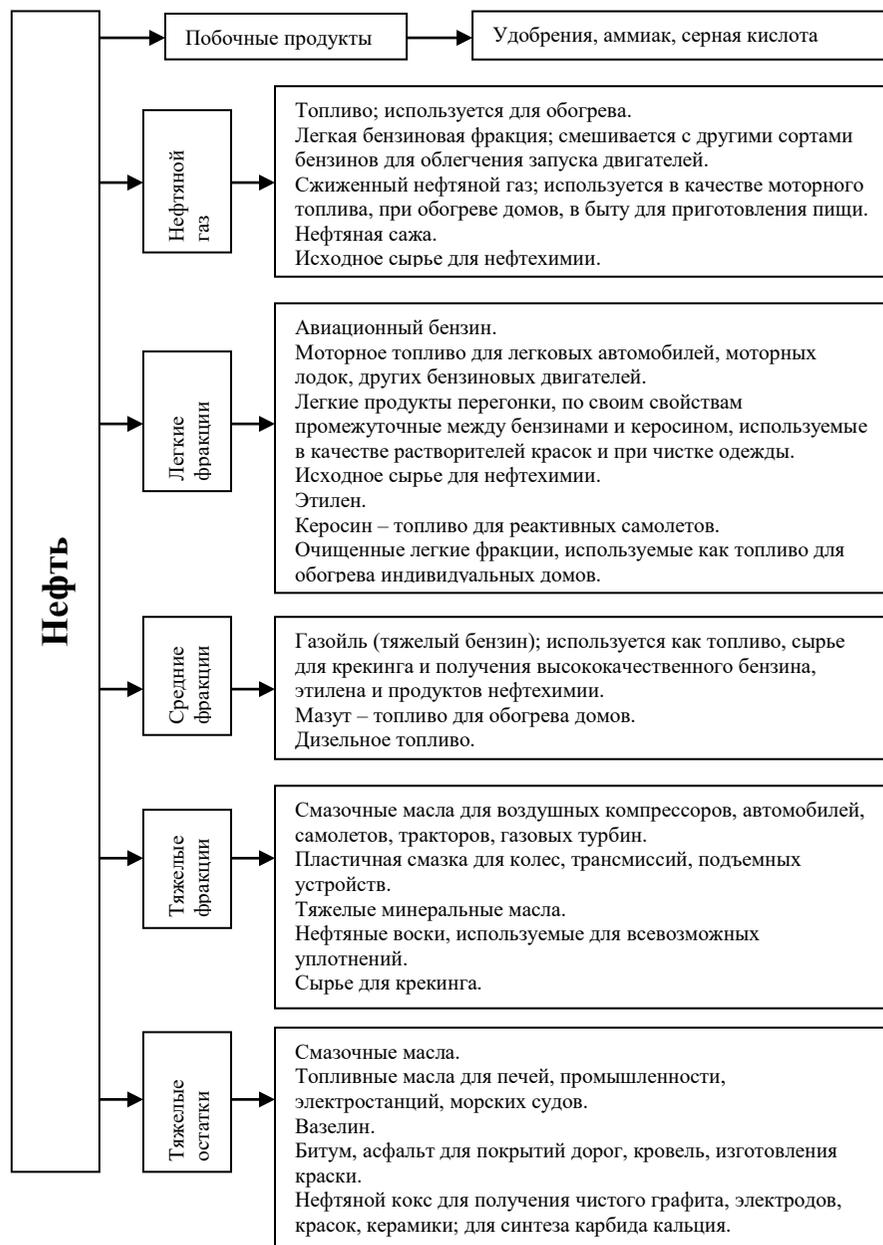


Рисунок 1 – Продукты, получаемые из нефти

Прямая перегонка является *первичным* и обязательным процессом переработки нефти в топлива и масла. Она осуществляется путем испарения нефти в трубчатых печах с последующим разделением фракций в ректификационных колоннах. Для этого в трубчатой печи нефть нагревается до температуры 330–350 °С и затем подается в ректификационную колонну. Жидкий остаток стекает вниз, а углеводородные пары поднимаются вверх и конденсируются по пути в виде дистиллятов на так называемых ректификационных тарелках. Эти тарелки установлены на различной высоте колонны. На первых тарелках конденсируются тяжелые углеводороды, несколько выше – более легкие. Наиболее легкие углеводороды отводятся с верха колонны в газообразном виде. Причем можно отобрать в одну группу фракции, у которых температура кипения отличается всего лишь на 5–6 °С [3].

Самые легкие фракции (в данном случае бензиновые) могут не сконденсироваться полностью и при достижении верхних тарелок. Их отбирают из колонны в парообразном виде и пропускают через конденсатор-холодильник, где они конденсируются.

На промышленных установках перегонка нефти вначале проводится при атмосферном давлении, а затем в вакууме. При атмосферной перегонке нефть нагревается не выше 370 °С, так как при более высокой температуре начинается расщепление углеводородов (крекинг), а это ведет к образованию непредельных углеводородов, что снижает качество и выход целевых продуктов.

Таким образом в результате атмосферной перегонки нефти отгоняются фракции, выкипающие примерно от 30 до 350–360 °С, и в остатке оказывается мазут, который может подвергаться дальнейшему разделению на установках крекинга либо использоваться в качестве топлива (топочный мазут).

Прямая перегонка нефти обеспечивает лишь ограниченное количество топливных дистиллятов, не удовлетворяющих постоянно растущий спрос на моторное топливо. Большинство нефтей содержит 15–20 % бензиновых дистиллятов и 45–55 % приходится на долю остальных топлив. Поэтому для получения большего количества (увеличения выхода) моторных топлив (в первую очередь бензинов) используются методы химической переработки нефти, получившие название *вторичных процессов*.

Наибольшую известность получил *крекинг-процесс*, заключающийся в расщеплении крупных молекул углеводородов под действием высоких температур (термический крекинг) или в присутствии катализатора

(каталитический крекинг) и превращение их в легкокипящие углеводороды, из которых состоят бензин и другие светлые нефтепродукты.

Крекинг не только увеличивает выход бензина непосредственно из нефти, но также дает возможность получать его из керосина, соляро-газойлевых фракций и даже мазута. При крекинге последнего можно получить около 30 % бензина, а в целом выход бензина при переработке нефти может быть доведен до 70 %.

При *термическом крекинге* (бензин получают из мазута, керосина, дизельного топлива) процесс происходит под действием температуры 520–550 °С и при давлении 0,2–0,6 МПа (парофазный крекинг) или же при несколько меньшей температуре 480–500 °С, но более высоком давлении порядка 2,0–5,0 МПа (жидкофазный крекинг). Жидкофазный термический крекинг обеспечивает более высокий выход бензина с меньшим содержанием непредельных углеводородов в нем, поэтому является более совершенным.

Основным недостатком термического крекинга является наличие в продуктах переработки до 30–40 % непредельных углеводородов. Поэтому бензин термического крекинга обладает плохой стабильностью и при хранении интенсивно осмоляется и окисляется. Октановые числа (ОЧ) находятся в пределах 66 – 74 единиц, поэтому его используют в качестве компонента при получении товарных бензинов.

Более совершенным является *каталитический крекинг*. При каталитическом крекинге расщепление тяжелых молекул углеводородов нефти происходит при температуре 430–530 °С, давлении, близком к атмосферному (0,07–0,3 МПа), и в присутствии катализатора. В качестве сырья используют газойлевую и соляровую фракции, а в качестве катализатора обычно применяются алюмосиликаты (75–80 % окиси кремния – SiO_2 и 10–20 % окиси алюминия – Al_2O_3). Бензины каталитического крекинга имеют более высокую детонационную стойкость и химическую стабильность. С помощью каталитического крекинга получают бензин с ОЧ до 85 единиц (моторный метод), который используется при производстве бензина А-76 и керосино-газойлевые фракции, используемые в качестве реактивного и дизельного топлива. Выход бензиновых фракций составляет 40–45 %.

Для переработки средних и тяжелых нефтяных дистиллятов с большим содержанием сернистых и смолистых соединений, не пригодных для переработки чисто каталитическим способом, большое распространение получил каталитический крекинг в присутствии водорода, так называемый *гидрокрекинг*. Он осуществляется при температурах 350–450 °С, давлении водорода 15–17 МПа и расходе его 170–350 м³ на 1 м³ сырья. Применение водорода обеспечивает эффективное гидрирование на катализаторе (алюмокобальтомолибденовом или алюмоникельмолибденовом) высокомолекулярных и сернистых соединений с их последующим распадом. Благодаря этому выход светлых продуктов повышается до 70 % (в пересчете на нефть), значительно снижается содержание серы и непредельных углеводородов.

Гидрокрекинг позволяет получить из керосино-соляровых фракций, вакуумных дистиллятов и остаточных продуктов бензины, реактивные и дизельные топлива. Октановое число бензиновых фракций составляет 85–88 единиц по исследовательскому методу.

Для улучшения одного из важнейших эксплуатационных свойств бензина – стойкости к детонации – используются процессы *риформинга*. Различают два вида риформинга: термический и каталитический. Наиболее широкое применение в промышленности нашел каталитический риформинг, позволяющий из прямогонного бензина получить риформинг-бензин. Этот бензин содержит значительное количество (65–75 %) ценных ароматических углеводородов, что позволяет использовать их для повышения детонационной стойкости товарных бензинов.

Каталитический риформинг протекает в среде водорода при температуре 500–540 °С, давлении 1,5–4,0 МПа и в присутствии катализатора. В качестве катализатора промышленное применение получила платина на окиси алюминия, отчего такой процесс получил название – *платформинг*. Основная продукция этого процесса – катализат, используемый в качестве высокооктанового компонента автомобильного бензина. Его выход составляет до 85 %, а ОЧ – 95 единиц по исследовательскому методу.

Автомобильное топливо, полученное одним из указанных способов, должно быть очищено от органических (нафтеновых) кислот, смолистых и асфальтовых веществ, сернистых соединений, а также должно быть подвергнуто стабилизации для повышения его химической и физической стойкости во время транспортирования, хранения и потребления, тем самым будут улучшены эксплуатационные свойства нефтепродуктов.

Существует несколько способов очистки топлива.

Например, для удаления сернистых, азотистых, кислородных, металлоорганических и непредельных соединений используется *гидроочистка*. В процессе гидроочистки данные соединения путем реакции с водородом переводятся в газообразные, легко удаляющиеся продукты. Она проводится при температуре 350–420 °С и давлении 1,7–4,0 МПа в присутствии катализаторов. Содержание серы в топливе снижается в 10–20 раз.

Для удаления из топливных дистиллятов некоторых кислородных и сернистых соединений применение находит также *очистка щелочью*. Этот процесс заключается в добавлении щелочи в очищаемый нефтепродукт с последующим удалением водным раствором образующихся веществ совместно с остатками щелочи.

При переработке нефти в получаемых высококипящих топливных дистиллятах содержится большое количество соединений, которые ухудшают эксплуатационные свойства нефтепродуктов при пониженных температурах. Для удаления этих углеводородов при производстве дизельных топлив зимних сортов распространение получила так называемая

карбамидная депарафинизация. Этот метод основан на свойстве карбамида (мочевины) образовывать кристаллические комплексные соединения с парафинами, которые достаточно просто отделяются от остальных углеводородов путем фильтрации. Очищенное таким образом топливо сохраняет текучесть до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Кислотно-щелочная очистка состоит в последовательной обработке топлива серной кислотой (H_2SO_4), щелочью (NaOH) и промывке водой.

Серная кислота взаимодействует с сернистыми соединениями (кроме сероводорода и свободной серы) и непредельными углеводородами, а с помощью едкого натрия удаляются органические кислоты, сероводород и кислые соединения, частично оставшиеся после обработки серной кислотой. Количество серной кислоты составляет 0,5–1,5 %, едкого натрия – 0,07–0,15 % от количества очищаемого топлива.

Промывка водой необходима для удаления остатков солей, образовавшихся при воздействии щелочи.

Очистка отбеливающими глинами основана на способности последних избирательно поглощать (адсорбировать) кислые соединения, смолистые вещества и легкоокисляющиеся и осмоляющиеся непредельные углеводороды, что особенно важно при очистке крекинг-бензинов. Для малосернистых топлив этот метод является основным. Потери бензина при очистке отбеливающими глинами меньше, чем при кислотно-щелочной очистке, а качество более высокое. В качестве реагентов, используемых при очистке бензинов, применяется хлористый цинк, хлористая медь и другие вещества.

Очистка и вторичные процессы существенно улучшают эксплуатационные свойства топлив, однако недостаточны для удовлетворения всех требований двигателей современных автомобилей. Поэтому на заключительном этапе производства топлива после смешения (компаундирования) продуктов прямой перегонки и вторичных процессов осуществляется добавление различных присадок, улучшают один или ряд показателей эксплуатационных свойств нефтепродуктов, например детонационной стойкости.

В итоге, полученное таким образом топливо называется *товарным*, т. е. это то топливо, которое поступает в автохозяйства и на автозаправочные станции (АЗС) [1, 5, 6].

Из *природного газа* топливо для автомобилей может быть получено тремя различными способами. Простейшим способом является сжатие газа до давления 20–25 МПа для обеспечения приемлемого запаса хода автомобиля.

Сжатие природного газа осуществляется с помощью стационарных или передвижных компрессорных станций. Природный газ может использоваться и в жидком виде. Сжижение газа осуществляется на холодильных установках путем его глубокого охлаждения до $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Наконец, с помощью специальных химических процессов конверсии и синтеза из природного газа могут быть получены жидкие углеводороды или метанол (метиловый спирт), используемые в качестве моторных топлив либо добавок к бензину.

Одним из видов альтернативных топлив является сжиженный пропан-бутановый газ. Это топливо получают выделением смеси пропана и бутана из попутного нефтяного, природного и нефтезаводского газов с помощью методов умеренного охлаждения и газодифракционирования.

Производство моторных топлив из *угля* включает следующие основные стадии: подготовка твердого сырья к переработке (сушка, дробление, полукоксование (нагрев до $550\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$) или коксование (нагрев до $800\text{--}1200\text{ }^{\circ}\text{C}$), т. е. получение промежуточного продукта – смолы, отделение углеводородной части путем фракционной разгонки, очистка и др.), газификация или гидрогенизация и переработка получаемых продуктов в топливо.

В процессе газификации из угля получают газообразную смесь, из которой затем с помощью химических реакций синтеза в присутствии катализаторов могут быть получены жидкие углеводороды или метанол. По такой схеме на заводе фирмы «Сасол» (Южно-Африканская Республика) ежегодно производится около 4 млн т бензинов и дизельных топлив. На получение каждой тонны моторных топлив расходуется около 6–7 т угля. В результате их производства образуются побочные продукты в виде сжиженного нефтяного газа и парафина. Данная технология получения автомобильных топлив называется методом Фишера-Тропша.

Значительно больший выход бензина, чем при газификации, может быть получен, если бурый или каменный уголь подвергнуть специальной переработке – деструктивной (химической) гидрогенизации. Выход бензина при этом составляет до 60 % веса угля. За счет соответствующего сокращения выхода бензина этим способом можно получить до 35 % дизельного топлива. Деструктивная гидрогенизация углей является сложным и дорогостоящим технологическим процессом. Перерабатываемый уголь измельчается в смеси с маслом. Процесс протекает при высоких температурах и давлениях в присутствии катализаторов и с использованием водорода. В результате получается синтетическая нефть, из которой с помощью известных процессов нефтепереработки могут быть выработаны различные моторные топлива. Из 3 т угля получается 1 т синтетической нефти.

Автомобильный бензин и дизельное топливо могут быть также получены синтезом из окиси углерода (CO) и водорода (H_2), входящих в состав водяного газа, т. е. генераторного газа с высоким содержанием водорода. В свою очередь, генераторный газ получают путем газификации твердых горючих ископаемых, в присутствии некоторого количества (недостаточного для полного сгорания) воздуха и водяного пара или водяного пара и кислорода.

Водяной газ подвергается нагреванию до 180–210 °С и пропусканию через реактор с катализатором при атмосферном или повышенном давлении (0,1 – 0,2 МПа). В этих условиях окись углерода и водород образуют различные углеводороды, из которых в дальнейшем путем фракционной разгонки получают бензин и дизельное топливо.

С целью получения жидкого топлива из торфа его подвергают термическому растворению в органических растворителях. Результатом является торфяная смола, которая подвергается прямой перегонке и последующей очистке. Общий выход бензина составляет 3 – 4 % в расчете на сухой торф с октановым числом 80.

Горючие сланцы также подвергают термической переработке с получением сланцевой смолы, которую используют в качестве жидкого сырья для получения моторных топлив.

Наиболее распространенным способом получения моторных топлив из возобновляемого растительного сырья – *биомассы* – является ферментация (брожение). В процессе брожения получают жидкую смесь, содержащую значительное количество этанола (этилового спирта) и воды. После очистки и удаления воды этот продукт может использоваться самостоятельно в качестве моторного топлива либо добавляться к обычным нефтяным топливам.

Таким образом, в Бразилии и США из сахарного тростника и пшеницы получают метанол.

Автомобильным топливом будущего называют *водород*. В больших количествах водород может быть получен из воды с помощью электролиза.

Многие из этих процессов требуют больших затрат электроэнергии и связаны с высокой стоимостью получаемого топлива.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите возможные источники получения автомобильных топлив.
- 2 Дайте характеристику нефти и перечислите способы ее переработки.
- 3 Приведите состав и структуру углеводородов нефти, опишите их влияние на качество топлива.
- 4 Дайте характеристику существующих способов переработки нефти.
- 5 Перечислите способы очистки автомобильного топлива и дайте их характеристику.

2 СВОЙСТВА И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

2.1 Характеристика качеств автомобильных бензинов

Во время работы двигателя бензин подается к карбюратору, где испаряется и перемешивается с воздухом, образуя горючую смесь. Из карбюратора горючая смесь поступает в цилиндры двигателя, где и происходит быстрое сгорание рабочей смеси, длящееся десятые доли секунды.

В связи с данными процессами к бензину предъявляется ряд требований, основными из которых являются:

- быстрое образование топливно-воздушной (горючей) смеси необходимого состава;
- сгорание рабочей смеси с нормальной скоростью (без детонации);
- минимальное коррозирующее воздействие на детали системы питания двигателя;
- небольшие отложения смолистых веществ в системе питания двигателя;
- минимальное отравляющее воздействие на организм человека и окружающую среду;
- сохранность первоначальных свойств в течение длительного времени.

Соответствие бензина перечисленным требованиям зависит, прежде всего, от его физико-химических свойств, которые определяются рядом показателей, в качестве которых выступают давление насыщенных паров, фракционный состав, теплота испарения, вязкость и плотность. Основные показатели физико-химических свойств бензинов указываются в стандарте или в технических условиях на бензин данной марки.

От них зависят также быстрота и полнота сгорания бензино-воздушной смеси в цилиндрах двигателя, возможность работы двигателя на наиболее экономичных режимах.

Давление насыщенных паров характеризует испаряемость головных фракций бензинов, и в первую очередь их пусковые качества, т. е. представляет собой максимальную концентрацию паров топлива в воздухе, при которой устанавливается равновесие между паром и жидкостью. Таким образом, чем выше давление насыщенных паров бензина, тем легче он испаряется и тем быстрее происходят пуск и нагрев двигателя. Однако если бензин имеет слишком высокое давление насыщенных паров, то он может испаряться до смесительной камеры карбюратора. Это приведет к ухудшению наполнения цилиндров, возможному образованию паровых пробок в системе питания и снижению мощности, перебоям и даже остановке двигателя, в том числе увеличиваются потери от испарения при хранении в баках автомобилей и на складах.

Поэтому давление насыщенных паров бензина устанавливается таким, чтобы при хорошем его испарении не образовывались паровые пробки в системе питания двигателя.

Определение давления насыщенных паров выполняется при температуре 38 °С. Стандартом ограничивается верхний предел давления паров: летом – до 67 кПа и зимой – от 67 до 93 кПа. Температура 38 °С является

показателем безопасности при заливке и перевозке топлива в баке автомобиля. Европейский стандарт EN 228 ("Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин. Требования и методы испытаний") регламентирует уровень давления летом от 35 до 70 кПа и зимой от 55 до 90 кПа.

Фракционный состав устанавливает зависимость между количеством топлива (в процентах по объему) и температурой, при которой оно перегоняется. Для характеристики фракционного состава в стандарте указывается температура, при которой перегоняется 10, 50 и 90 % бензина, а также температура конца его перегонки, иногда и начала [1, 3, 6].

Метод определения фракционного состава светлых нефтепродуктов предназначается для бензинов, лигроина, керосина и дизельного топлива.

Фракционный состав является важнейшим показателем бензина, оказывающим влияние не только на качество смесеобразования, но и на работу двигателя в целом. Так, наряду с определенным давлением насыщенных паров для надежного пуска холодного двигателя необходимо наличие низкокипящих углеводородов, содержание которых контролируется температурами начала перегонки ($t_{нк}$) и разгонки первых 10 % бензина (t_{10}). Она должна быть не выше 70 °С. Для зимнего бензина предусмотрено выкипание пусковых фракций до 55 °С, что обеспечивает пуск холодного двигателя при температуре окружающего воздуха до -20...-25 °С. После пуска двигатель должен быстро прогреться, что связано с температурой разгонки 50 % бензина (t_{50}). Она находится в пределах 100...115 °С. Этот же показатель определяет и хорошую приемистость двигателя – способность обеспечить быстрый разгон автомобиля при резком открытии дроссельной заслонки. Полное испарение бензина в двигателе определяется температурами перегонки 90 % (t_{90}) и конца разгонки ($t_{кк}$) соответственно 185...195 °С и 215...220 °С. При чрезмерном повышении этих температур тяжелые фракции бензина не успевают испариться и попадают в цилиндры (свыше 200 °С). В результате бензин сгорает не полностью, мощность двигателя падает, а его топливная экономичность ухудшается. Кроме того, происходит разжижение моторного масла и его смывание тяжелыми фракциями с трущихся поверхностей, следствием чего являются повышенные износы деталей двигателя.

Таким образом, облегчение фракционного состава бензина способствует улучшению работы двигателя. Однако при этом необходимо иметь в виду, что чрезмерное снижение t_{10} приводит к испарению легких фракций уже в трубопроводах или топливном насосе до карбюратора. Образующиеся пузырьки пара создают паровые пробки, нарушающие подачу бензина в карбюратор и ведущие к перебоям в работе, а зачастую даже к полной остановке двигателя. Кроме того, снижение t_{90} и $t_{кк}$ ограничивает количество используемых дистиллятов нефти и тем самым уменьшает выход из нее бензина, т. е. его ресурсы.

Согласно европейскому стандарту на топлива для автомобилей EN 228 $t_{10} = 70$ °С, $t_{50} = 100$ °С, $t_{90} = 180$ °С, $t_{кк} = 215$ °С [12].

В процессе смесеобразования существенную роль играет *теплота испарения* (парообразования) топлива. Она представляет собой количество тепла, затрачиваемого на испарение единицы массы топлива. Это тепло отнимается от топлива и воздуха, в результате чего температура топливно-воздушной смеси снижается, испарение замедляется, качество смесеобразования ухудшается. Теплота испарения углеводородных топлив сравнительно невелика – 290...300 кДж/кг, вследствие чего снижение температуры смеси не превышает 15...20 °С.

Вязкость и плотность бензина в наибольшей степени оказывают влияние на его расход через дозирующие жиклеры карбюратора или электромагнитной форсунки.

Плотностью называется масса вещества, отнесенная к единице его объема. Плотность нефтепродуктов определяется при помощи нефтенсиметров (ареометров) при температуре 20 °С, так как с повышением температуры плотность нефтепродуктов уменьшается, а с понижением – увеличивается.

Бензины имеют близкие значения плотности (таблица 3), которая с понижением температуры на каждые 10 °С возрастает примерно на 1 %.

Европейский стандарт EN 228 ограничивает допустимую плотность автомобильного бензина диапазоном 725...780 кг/м³.

Таблица 3 – Плотность и вязкость топлив

Топливо	Плотность, кг/м ³	Вязкость, МПа·с
Автомобильный бензин	730...780	0,55...0,62
Реактивное топливо	750...840	1,5...3,3
Топливо для быстроходных дизелей	830...875	1,5...6

Приведенную плотность определяют следующим образом:

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

где ρ_{20} – плотность при температуре 20 °С, кг/м³;

ρ_t – плотность при температуре t , кг/м³;

γ – температурная поправка, кг/м³;

t – температура в момент измерения, °С.

Автохозяйства получают бензин с нефтебаз в весовых единицах (кг), а при заправке автомобилей через автозаправочные станции замер производится в объемных (л). Поэтому, зная плотность, производят пересчет весовых единиц (единиц массы) в объемные. Количество бензина в массовых единицах

$$G_t = V_t \rho_t,$$

где V_t – количество бензина в объемных единицах, л;

ρ_t – плотность бензина при той же температуре, кг/л.

Вязкость характеризует свойства жидкости оказывать сопротивление течению, т. е. перемещению ее слоев под действием внешней силы. Различают *динамическую* и *кинематическую вязкость*. В системе СИ динамическая вязкость имеет размерность Па · с. Кинематическая вязкость (удельный коэффициент внутреннего трения) измеряется в м²/с.

Вязкость определяют в капиллярных вискозиметрах путем замера времени истечения жидкости определенного объема через калибровочный капилляр.

При снижении температуры вязкость бензина повышается, что ведет к уменьшению расхода топлива. В то же время плотность бензина возрастает, что, напротив, приводит к росту его расхода. Однако ввиду того, что вязкость бензина при снижении температуры изменяется в большей степени, чем плотность, она оказывает преобладающее влияние на расход топлива. В результате при снижении температуры от +40 °С до –40 °С расход бензина через жиклер уменьшается на 15...20 %.

При использовании бензинов, не соответствующих требованиям двигателя, на ряде режимов его работы может возникать особый вид аномального сгорания – *детонационное сгорание*. Это широко известное явление проявляется в звонком металлическом стуке, дымлении отработавших газов и резком перегреве двигателя.

Причиной детонационного сгорания является образование неустойчивых перекисных соединений при окислении углеводородов топлива. При повышенных температурах и давлениях в камере сгорания перекисные соединения разлагаются с выделением большого количества тепла. Процесс разложения носит взрывной характер, в результате чего в цилиндре возникают ударные волны и скорость распространения пламени возрастает до 2000...2500 м/с. Перекисные соединения образуются при сгорании топлива всегда, но детонация возникает лишь при их определенном (критическом) содержании для определенных условий (давления и температуры) в цилиндре. Чем выше давление и температура в цилиндрах, тем при меньшем содержании перекисных соединений начинается переход нормального сгорания в детонационное.

Наиболее эффективным способом борьбы с детонацией является повышение детонационной стойкости бензинов. Под *детонационной стойкостью* (или антидетонационными свойствами) бензинов понимается их способность противостоять возникновению детонации в двигателе. Основным показателем детонационной стойкости бензинов является *октановое число*, которое указывается в стандартах или технических условиях в числе важнейших физико-химических свойств бензина.

Для каждого типа карбюраторного двигателя допускается применение

бензина со строго определенным октановым числом, которое обуславливается степенью сжатия двигателя: чем выше степень сжатия, тем большее октановое число должен иметь бензин. Октановое число определяют *моторным* и *исследовательским методами*, суть которых заключается в сравнении работы одноцилиндрового двигателя на испытуемом бензине и эталонном топливе. В качестве эталонного топлива используют смесь двух углеводородов – изооктана (C₈H₁₈) и нормального гептана (C₇H₁₆). Октановое число первого принимают равным 100 единицам, второго – нулю. Если составлять смесь из этих углеводородов в определенном процентном соотношении, то оно и будет характеризовать октановое число. Так, смесь из 92 % изооктана и 8 % гептана будет равноценна бензину с октановым числом 92.

Таким образом, октановое число (ОЧ) – это условный показатель детонационной стойкости бензина, численно равный процентному содержанию (по объему) изооктана в смеси с нормальным гептаном, равноценной по детонационной стойкости испытуемому топливу.

Чем выше октановое число, тем более стоек бензин перед детонацией и тем лучшими эксплуатационными качествами он обладает.

Лучше противостоят детонации бензины, в которых преобладают ароматические углеводороды, затем следуют нефтяные, и наименьшая детонационная стойкость у бензинов, состоящих в основном из нормальных углеводородов.

Наличие в бензине сернистых соединений и смолистых веществ понижает его октановое число, поэтому содержание их в бензине строго контролируется.

Испытание бензина моторным методом (ОЧ М) проводят следующим образом: вначале запускают двигатель на испытуемом бензине и доводят его при повышении нагрузки до возникновения детонации, которая фиксируется по шкале указателя детонации; затем переводят питание двигателя на эталонную смесь, имеющую октановое число, примерно на две единицы большее, чем у бензина. Если в фиксированном режиме нагрузки детонация не появится, двигатель переводят на другую смесь (с октановым числом, меньшим на две единицы) и вновь наблюдают за возникновением детонации. При ее появлении подсчитывают октановое число как среднее арифметическое октановых чисел двух взятых эталонных смесей. С целью большей достоверности указанное испытание проводят три раза.

Исследовательский метод испытания бензина (ОЧ И) по схеме проведения не отличается от моторного, различие заключается лишь в режиме нагрузки на двигатель в момент испытания: нагрузка устанавливается несколько меньшая, чем при моторном методе. В результате детонация возникает при использовании эталонных смесей с большим содержанием изооктана, поэтому октановое число, получаемое исследовательским методом, будет на несколько единиц выше. Например,

октановое число бензина А-76, определенное по моторному методу, соответствует бензину АИ-80.

Значительное влияние на износ двигателя и затраты по уходу за автомобилем оказывает также содержание в бензине минеральных и органических кислот, щелочей, смол, серы и ее соединений.

Минеральные (водорастворимые) кислоты и щелочи отличаются сильным коррозионным воздействием: в первом случае на черные и цветные металлы, во втором – на цветные металлы, в связи с чем их содержание в бензинах не допускается.

Коррозионное воздействие *органических (нафтяных) кислот* значительно слабее, чем минеральных, в связи с чем допускается содержание их ограниченного количества в бензинах. Они представляют опасность для цветных металлов, и в первую очередь для свинца и меди. Поэтому органические кислоты в бензине приводят к ускоренному износу вкладышей коренных и шатунных подшипников коленчатого вала, втулок верхней головки шатуна и других деталей из цветных металлов (кроме алюминиевых).

Контроль за содержанием органических кислот осуществляется по величине кислотности, под которой понимается количество щелочи (KOH, мг), обеспечивающей полную нейтрализацию всех нафтяных кислот в 100 мл топлива. Кислотность бензинов не должна превышать 3 мг/100 см³.

Высокой коррозионной агрессивностью характеризуются *активные сернистые соединения*, к которым относятся элементарная сера (S), сероводород (H₂S) и меркаптаны (R-S-H), в связи с чем в топливе они содержаться не должны. Содержание этих соединений качественно оценивается испытаниями на медную пластинку по изменению ее цвета. Пластинка не должна покрываться черными, темно-коричневыми и серо-стальными пятнами и налетами.

Неактивные сернистые соединения менее агрессивны и вызывают коррозию только при сгорании в двигателе. Наличие этих соединений проявляется главным образом в виде повышенных износов деталей двигателя, так как они проникают в картер двигателя и соприкасаются с конденсировавшимися парами воды и кислородом воздуха. При этом они образуют сильно корродирующие серную и сернистую кислоты, которые окисляют масло и вызывают износ деталей. Исходя из общего действия неактивных сернистых соединений допускается их ограниченное содержание в топливе до 0,001– 0,1 %. Количество этих соединений контролируется по суммарному содержанию имеющейся в них элементарной серы, отнесенной в процентах ко всей массе бензина.

Наличие *воды* в топливе вызывает сильную коррозию топливных баков, элементов системы питания двигателя и др. Кроме того она опасна прежде всего при температуре ниже 0 °С, так как, замерзая, образует кристаллы,

которые могут преградить доступ бензина в цилиндры двигателя, а также она способствует осмолению бензина.

Поэтому товарные бензины воду содержать не должны. В связи с этим необходимо контролировать возможное обводнение бензинов при их перевозке, хранении и заправке в условиях автотранспортных предприятий. Избыточное количество воды обычно собирается на дне емкости (тары, бака) или находится в виде эмульсии (смеси с топливом) при интенсивном перемешивании. В случае обводнения топлива его необходимо отстоять в емкости для хранения и в дальнейшем отделить от воды.

В автомобильном бензине исключается наличие *механических примесей*, ведущих к засорению жиклеров карбюратора и форсунок, абразивному износу топливной аппаратуры и деталей двигателя, отложениям и др. Под механическими примесями понимаются все твердые частицы любого происхождения, остающиеся на бумажном фильтре после фильтрования установленного объема топлива. Как и в случае обводнения, попадание механических примесей в топливо возможно в процессе его транспортировки и хранения, при использовании загрязненных емкостей и т. д. Применение такого топлива возможно только после отстоя твердых примесей и их фильтрации.

Стабильность бензинов должна обеспечивать сохранение их свойств в течение определенного периода, так как первоначальные качества бензина вследствие происходящих в них физико-химических процессов постепенно ухудшаются. Особенно это характерно для бензинов термического крекинга. Сохранение первоначальных качеств бензина в процессе транспортирования, хранения и применения зависит от его физической и химической стабильности. *Физическая стабильность* связана главным образом с испарением легких фракций при хранении и транспортировке бензина. В результате ухудшаются эксплуатационные свойства бензина, в первую очередь его пусковые свойства. Например, при испарении 3...4 % бензина давление насыщенных паров может снизиться в 2...2,5 раза.

Наличие в бензине непредельных углеводородов ведет к их *химическому превращению* вследствие окисления. В результате бензины приобретают желтовато-коричневый цвет, а на стенках емкости при хранении появляется слой смолистых веществ. При использовании такого бензина смолы интенсивно отлагаются на деталях топливной системы, ухудшая тем самым смесеобразование и снижая наполнение двигателя. При сгорании в двигателе смолы в результате сложных химических превращений образуют плотный, трудно поддающийся удалению нагар. Процесс усиливается при повышенной температуре и хорошем доступе воздуха. Появление нагара ведет к детонации двигателя, способствует возникновению калильного зажигания.

Склонность бензинов к окислению и смолообразованию контролируется индукционным периодом, представляющим собой время, в течение которого

бензин не окисляется в среде чистого кислорода при определенных условиях (давление 0,7 МПа и температура 100 °С). Чем выше стабильность бензина, тем больше его индукционный период и ниже склонность к смолообразованию, благодаря чему время хранения может быть увеличено.

Процессам окисления и осмоления способствует контакт бензина с воздухом, поэтому он быстрее осмолится при неполном заполнении тары. Процесс является самоускоряющимся, и поэтому бензин, залитый в тару, не очищенную от остатков старого осмолившегося бензина, осмолится преждевременно. Ускоряют образование смол ржавчина и загрязнение тары.

Для контроля за степенью осмоления бензинов используется показатель содержания фактических смол, представляющий собой количество смолообразных продуктов, остающихся после полного испарения в струе воздуха 25 мл испытуемого бензина. Содержание фактических смол выражается в миллиграммах на 100 мл бензина и регламентируется двумя нормами: содержанием на месте производства и перед применением.

2.2 Способы повышения качества бензинов

Одним из способов повышения детонационной стойкости бензинов является исключение из их состава или сведение к минимуму содержания углеводов, образующих при сгорании большое количество перекисных соединений, и использование более стойких углеводов

Вторым способом является введение в состав бензина специальных антидетонационных присадок (антидетонаторов), разрушающих в процессе горения образующиеся перекиси или препятствующие их возникновению.

В основной массе выпускаемых бензинов требуемая детонационная стойкость достигается за счет добавки *антидетонаторов*.

Среди *антидетонационных присадок* наиболее распространенной является тетраэтилсвинец (ТЭС) – $Pb(C_2H_5)_4$ (в связи с ужесточением норм по выбросам отработавших газов осуществляется отказ от данных присадок). Это бесцветная жидкость, тяжелее воды (плотностью 1,65), отличающаяся высокой токсичностью. ТЭС в воде не растворяется, но хорошо растворяется в бензине и других органических растворителях. Антидетонационная эффективность ТЭС связана с образованием в процессе его разложения при высоких температурах в камере сгорания (500...600°С) на свинец и этильные радикалы. Образующийся свинец окисляется с образованием двуокиси свинца, которая вступает в реакцию с перекисями и разрушает их. При этом образуются малоактивные продукты окисления углеводов и оксид свинца, который взаимодействует с кислородом воздуха, снова окисляется в двуокись свинца, способную реагировать с новой молекулой перекиси. Таким образом, один атом свинца, восстанавливаясь и окисляясь, способен

разрушить большое количество перекисных молекул, что позволяет вводить малое количество антидетонаторов в бензин.

В большинстве европейских стран содержание свинца либо алкилсвинцовых компонентов официально ограничено предельно допустимой величиной – 0,15 г/л.

Использование ТЭС в чистом виде невозможно, так как основной продукт его сгорания – окись свинца – отлагается в значительных количествах в двигателе. Поэтому к ТЭС добавляются вещества, образующие при сгорании соединения со свинцом и его окислами, которые не конденсируются и вместе с отработавшими газами выносятся из двигателя. Такие вещества получили название *выносителей*, а смесь ТЭС с выносителем и некоторыми другими добавками – *этиловой жидкостью*. Бензины с добавками этиловой жидкости называются *этилированными*, а ее добавление повышает октановое число на 8...12 единиц.

В настоящее время возможен выпуск этиловой жидкости двух марок: Р-9 и П-2. Жидкость Р-9 представляет собой смесь ТЭС с этилбромидом и хлорнафталином, П-2 – смесь ТЭС с дибромпропаном и хлорнафталином [9].

Основным недостатком этилированных бензинов является их токсичность. Ядовитость этилированных бензинов во много раз меньше, чем этиловой жидкости, тем не менее для их безопасного применения требуется соблюдение ряда мер предосторожности. С этой целью этилированные бензины различных марок окрашиваются в различные цвета.

Этилированным бензинам присуща химическая нестабильность, связанная с окислением тетраэтилсвинца кислородом воздуха и образованием осадка свинцовых соединений. Разложение ТЭС ускоряется под действием солнечного света и обычно происходит с возрастающей скоростью. Этот процесс ведет к снижению детонационной стойкости бензина, кроме того, свинецсодержащие осадки отлагаются в трубопроводах и засоряют топливные жиклеры и фильтры. Для применения бензинов, в которых началось разложение ТЭС, требуется их тщательная фильтрация; при этом бензин необходимо как можно скорее использовать из-за возможности дальнейшего разложения ТЭС.

В последнее время наряду с ТЭС используется другой свинецсодержащий антидетонатор – тетраметилсвинец (ТМС). Применение ТМС более эффективно в высокооктановых бензинах, кроме того, он отличается лучшей испаряемостью и более равномерно распределяется по цилиндрам.

Для борьбы с неуправляемым воспламенением (при перегреве двигателя происходит самопроизвольное воспламенение рабочей смеси от "горячих точек" – клапанов, свечей зажигания, нагаров и др.) находят применение *антикальциевые присадки* на основе фосфорсодержащих соединений. Эти присадки применяются главным образом в этилированных бензинах. Их

действие основано на реакции с продуктами сгорания ТЭС и образованием фосфатов свинца, имеющих более высокую температуру воспламенения (активного «зажигания») по сравнению с окислами свинца.

Для повышения химической стабильности бензинов используются *антиокислительные присадки*. Эти присадки тормозят развитие окислительных реакций, благодаря чему их введение в состав бензинов увеличивает индукционный период. В отечественных автомобильных бензинах применяются следующие антиокислительные присадки: древесносмольный антиокислитель (смесь фенолов с маслами, добавляется до 0,15 %), антиокислитель ФЧ-16 (смесь фенолов, добавляется до 0,10 %) и параоксидифениламин (до 0,01 %).

Добавка антиокислителей в этилированные бензины также способствует торможению окислительных реакций разложения свинца.

При большой влажности и низкой температуре в результате интенсивного испарения топлива происходит обледенение деталей карбюратора, особенно дроссельной заслонки, вызывающее перебои в работе двигателя. Это нежелательное явление устраняется при добавлении к бензинам *антиобледенительных присадок*. В качестве этих присадок используются два типа соединений:

- растворяющие воду и образующие с ней низкотемпературные смеси (спирты, гликоли и др.);
- образующие оболочку на частицах льда, препятствующую их росту и оседанию на стенках карбюратора (различные поверхностно-активные вещества).

Для удаления отложений в системе питания (карбюраторе, форсунках, впускном патрубке) предложено использовать *моющие присадки*, представляющие собой различные поверхностно-активные соединения. Их использование может осуществляться двумя способами:

- с повышенной концентрацией, но кратковременно, для разового удаления отложений;
- регулярно с небольшой концентрацией для постоянного «вымывания» отложений.

2.3 Ассортимент и маркировка бензинов

Нефтеперерабатывающей промышленностью выпускается несколько марок бензинов, каждая из которых предназначена для определенных моделей автомобилей и соответствующих условий эксплуатации. Основные показатели качества бензинов приведены в таблице 4 [3, 7, 8, 13].

Каждая марка бензина имеет свое условное обозначение, которое включает одну или две буквы и цифру: буква "А" говорит о том, что бензин

автомобильный; "И" – октановое число для данной марки бензина определено исследовательским методом (если "И" нет, то – моторный метод определения), а цифра указывает октановое число.

Основные марки автомобильных бензинов вырабатываются в соответствии с действующим ГОСТ 2084–77, а именно: А–76, АИ–91, АИ–93, АИ–95 и дополнениями в виде технических условий (ТУ), которые предусматривают выпуск бензинов: АИ–80, АИ–92, АИ–96 и АИ–98. Допускается выпуск бензинов А–76, АИ–80, АИ–91, АИ–92 и АИ–96 с использованием этиловой жидкости.

В зависимости от испаряемости бензины могут быть: летними, зимними и всесезонными. Бензины А–76, АИ–91, АИ–93, АИ–95 изготавливают летних и зимних видов. Все оставшиеся являются всесезонными.

В обозначении бензинов с улучшенными экологическими свойствами и присадками содержится аббревиатура ЭКп (например, АИ–95 ЭКп).

В целях повышения конкурентоспособности бензинов и доведения их качества до европейских стандартов введен ГОСТ Р 51105–97, который предусматривает выпуск бензинов «Нормаль–80», «Регулятор–91», «Регулятор–92», «Премиум–95», «Супер–98». Бензин «Нормаль–80» предназначен для использования наряду с бензином А–76. Неэтилированный бензин «Регулятор–91» можно применять вместо этилированного бензина АИ–93. Бензины «Премиум–95» и «Супер–98» отвечают европейским стандартам и предназначены для современных импортных автомобилей (таблица 5).

Настоящий стандарт для указанных выше марок бензина разработан с учетом рекомендаций европейского стандарта EN 228.

В настоящее время в соответствии с ГОСТом и ТУ Мозырским НПЗ осуществляется выпуск следующих видов неэтилированных бензинов: А–76, А–92, АИ–95 (производство осуществляется на базе катализатора риформинга с вовлечением легких углеводородных фракций, а в бензин АИ–95 допускается добавление до 8 % метилтретичнобутилового эфира – МТБЭ) и «Нормаль–80», «Регулятор–91», «Премиум–95», «Супер–98» (в «Премиум–95», «Супер–98» добавляют кислородсодержащие присадки, а для улучшения экологических свойств в бензинах возможно применение антиокислительных и мощных присадок).

Таблица 4 – Основные показатели автомобильных бензинов

Показатель качества	ТУ 38.401-58-176-96		ГОСТ 2084-77		
	А-76	АИ-95	АИ-93	АИ-98	АИ-91

Октановое число, не менее: по моторному методу	76	85	85	89	82,5
по исследовательскому методу	80	95	93	98	91
Содержание ТЭС, г/дм ³ , не более (неэт./эт.)	0,013/ 0,17	0,013/-	-0,37	0,37/-	0,013/-
Фракционный состав, °С: начало перегонки при температуре не ниже (лето/зима)	Не нормируется	Не нормируется	35/-	35	35/-
10 % перегоняется при температуре не выше (лето/зима)	70/55	75/55	70/55	70	70/55
50 % перегоняется при температуре не выше (лето/зима)	115/110	120/105	115/100	115	115/110
90 % перегоняется при температуре не выше (лето/зима)	180/160	180/160	180/160	180	180/160
конец кипения, °С, не выше (лето/зима)	215	215	195/185	195	205/195
Давление насыщенных паров, кПа, лето/зима	80	80	66/93	Не более 67	66/93
Кислотность, КОН мг на 100 см ³ бензина, не более (неэт./эт.)	1/3	2	3	3	3
Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ , не более при производстве (неэт./эт.)	3/5	5	5	5	5
при потреблении (неэт./эт.)	8/10	-	7	7	10
Индукционный период, мин, не менее (неэт./эт.)	1200/ 900	900	900	900	900
Содержание серы (массовая доля), %, не более	0,05	0,05	0,1	0,1	0,1
Испытание на медной пластине	Выдерживает				
Водорастворимые кислоты и щелочи	Отсутствуют				
Механические примеси и вода	Отсутствуют				
Плотность при 20 °С, кг/м ³	Не нормируется. Определение обязательно				
Цвет	Желтый	Бледно-желтый	Оранжево-красный	Синий	Бесцветный

Продолжение таблицы 4

Показатель качества	ТУ 38001165-97 экспортные бензины			ТУ 38.101 1279-89
	А-80	А-92	А-96	АИ-95 Экстра
Октановое число, не менее: по моторному методу	76	83	85	-
по исследовательскому методу	80	92	96	95
Содержание ТЭС, г/дм ³ , не более	0,013	0,013	0,013	Не содержит

Фракционный состав, °С: начало перегонки при температуре не ниже	35	35	35	30
10 % перегоняется при температуре не выше	70	75	75	70
50 % перегоняется при температуре не выше	120	120	120	115
90 % перегоняется при температуре не выше	190	190	190	135
конец кипения не выше	215	215	215	185
Давление насыщенных паров, кПа	80	80	80	Не менее 40
Кислотность, КОН мг на 100 см ³ бензина, не более	3	3	3	2
Концентрация фактических смол, мг на 100 см ³ , не более	5	5	5	3
Индукционный период, мин, не менее	600	600	600	600
Содержание серы (массовая доля), %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05
Плотность при 20 °С, кг/м ³	Не более 755	Не более 770	Не более 770	Не более 720
Испытание на медной пластине	Выдерживает			
Водорастворимые кислоты и щелочи	Отсутствуют			
Механические примеси и вода	Отсутствуют			
Цвет	Бесцветный или бледно-желтый			

В европейских странах согласно EN 228 применяются бессвинцовые топлива ("Euro-Super" и "Super-Plus"), у которых ОЧ находится в пределах от 91...95 и 96...98 единиц соответственно. Антидетонационная стойкость улучшается за счет неметаллических добавок, таких как метилбутиловые эфиры в концентрации 3–15 % и/или спиртовые смеси (2–3 % метанола и высшие спирты). Максимальное содержание свинца в неэтилированных бензинах ограничивается 13 мг/л. Если антидетонатором является ТЭС или ТМС, то предельно допустимое содержание свинца в топливе составляет 0,15 г/л. Технические характеристики неэтилированных бензинов в соответствии с европейским стандартом EN 228 представлены в таблице 6 [12].

Таблица 5 – Бензины с улучшенными свойствами

Показатель качества	ГОСТ Р 51105-97				
	Нормаль-80	Регулятор-91	Регулятор-92	Премиум-95	Супер-98
Октановое число, не менее: по моторному методу	80	91	92	95	98
по исследовательскому методу	80	91	92	95	98
Содержание ТЭС, г/дм ³ , не более	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013

Октановое число, не менее: по моторному методу	76	82,5	83	85	88
по исследовательскому методу	80	91	92	95	98
Содержание ТЭС, г/дм ³ , не более	0,013	0,01	0,01	0,01	0,01
Фракционный состав, °С: начало перегонки при температуре не ниже 10% перегоняется при температуре не выше 50% перегоняется при температуре не выше 90% перегоняется при температуре не выше конец кипения не выше	35	35	Не нормируется		
	Не нормируется				
	Не нормируется				
	Не нормируется				
Давление насыщенных паров, кПа (лето/зима)	35/70	45/80	55/90	60/95	80/100
Кислотность, КОН мг на 100 см ³ бензина, не более	3	3	3	3	3
Концентрация фактических смоля, мг на 100 см ³ , не более	5	5	5	5	5
Индукционный период, мин, не менее	360	360	360	360	360
Содержание серы (массовая доля), %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Содержание бензола (массовая доля), %, не более	5	5	5	5	5
Плотность при 20 °С, кг/м ³	700–750	725–780	725–780	725–780	725–780
Цвет	Чистый прозрачный				

Таблица 6 – Технические характеристики бензина

Параметр	Размерность	Показатель
Антидетонационные свойства: первосортные бензины, min обычные бензины, min высококачественные бензины	И / М	95/85
	И / М	91/82,5
	И / М	98/88
Плотность	кг/м ³	725–780

Сера, max	в % по весу	0,05
Бензол, max	в % по объему	5
Свинец, max	мг/л	13
Испаряемость, min/max давление насыщенных паров летом давление насыщенных паров зимой объем испарения при температуре: 70 °С летом 100 °С летом 180 °С летом 70 °С зимой 100 °С зимой 180 °С зимой температура конца кипения	кПа	35/70
	кПа	55/90
	в % по объему	15/45
	в % по объему	40/65
	в % по объему	85/-
	в % по объему	15/47
	в % по объему	43/70
	в % по объему	85/-
	°С	215
	Индекс образования паровой пробки, зима/лето	

2.4 Методы оценки качества бензинов

Любой нефтепродукт поступает на склад АТП централизованным образом. Сотрудник, ответственный за их приемку, проверяет наличие и правильность заполнения товарно-транспортной накладной, сертификата соответствия и паспорта качества (приложение А, Б).

Для определения качества полученного бензина необходимо правильно отобрать пробу. Для отбора проб бензина используют пробоотборники или приспособления с бутылкой.

Когда нет возможности провести лабораторный анализ и важно ориентировочно определить возможность применения имеющегося бензина, внешним осмотром определяют цвет, прозрачность, а также простейшими способами проверяют смолистость, испаряемость бензина и степень его агрессивности.

По цвету бензина можно определить: этилирован он или нет, так как этилированные бензины всегда окрашены. Неэтилированные бензины бесцветны, но иногда имеют желтоватый цвет, вызванный наличием в нем смолистых веществ: «Нормаль–80», «Регулятор–91», «Регулятор–92», «Премиум–95», «Супер–98».

Прозрачность бензина определяется в стеклянном цилиндре диаметром 40...45 мм, который должен быть совершенно прозрачным и не содержать взвешенных и осевших на дно частиц посторонних примесей, в том числе воды.

Для оценки испаряемости бензина на фильтровальную бумагу наносят стеклянной палочкой каплю, дают ей испариться и осматривают осадок испарения. Бензин должен испариться без остатка в течение 1...2 минут.

Необходимо принимать во внимание такой момент, что при концентрации паров бензина в воздухе 74–123 г/м³ образуются взрывоопасные смеси.

Для определения присутствия смол необходимо на часовое стекло налить 0,5 мл топлива и поджечь. Бессмольный или малосмольный бензин на стекле оставляет след в виде бледного, беловатого пятна, а смолистый дает ряд концентрических колец желтого или коричневого цвета (таблица 7).

Таблица 7 – Зависимость содержания смол от диаметра смоляного круга

Диаметр смоляного круга, мм	6...7	8...9	10...11	11...12	12...13	14...15
Содержание фактических смол, мг/100 мл	5	10	15	20	25	30

Наличие минеральных кислот и щелочей проверяется путем контроля нейтральности водной вытяжки – смеси 50 мл бензина и дистиллированной воды. Присутствие щелочей определяется с помощью добавки спиртового раствора фенолфталеина (цвет становится розовым или красным), а кислот – водного раствора метилоранжа (цвет становится оранжево-красным) [2, 4].

Чтобы определить кислотность (содержание органических кислот), необходимо 50 см³ бензина кипятить в смеси с таким же количеством нейтрализованного этилового (винного) спирта с добавкой нескольких капель индикатора (нитрозинового желтого) для извлечения из бензина органических кислот. Затем нейтрализуют горячую смесь спиртовым раствором едкого калия до тех пор, пока ее цвет не начнет переходить из желтого в зеленый.

Для определения присутствия активных сернистых соединений наблюдают за поверхностью медной отполированной пластинки до и после пребывания ее в течение 3 ч в бензине, подогретом до температуры 50±2 °С, или в течение 18 мин при 100 °С.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите требования, предъявляемые к бензинам.
- 2 Назовите показатели физико-химических свойств бензинов.
- 3 Перечислите марки бензинов, охарактеризуйте их.
- 4 Дайте характеристику способам определения качества бензинов.
- 5 Какие показатели характеризуют фракционный состав бензина?
- 6 Назовите методы определения октанового числа. В чем их суть?

3 СВОЙСТВА И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА

ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

3.1 Характеристика качеств дизельного топлива

Дизельное топливо после бензина относится к самым массовым продуктам, применяемым на автомобильном транспорте.

К дизельным топливам предъявляют требования, аналогичные требованиям к бензинам, однако из них можно выделить специфические, обусловленные особенностями смесеобразования и воспламенения в дизелях: сохранение текучести и определенной вязкости при возможно более низких температурах с целью обеспечения надежной подачи в цилиндры двигателя, хорошие смесеобразование и воспламеняемость при впрыскивании в камеру сгорания. Данные требования заложены в физико-химические свойства дизельных топлив, которые определяют их эксплуатационные качества.

Наибольшее влияние на физико-химические свойства дизельных топлив оказывает *вязкость*, которая характеризует подвижность топлива, величину внутреннего трения, взаимную силу сцепления молекул.

Для дизельного топлива указывается кинематическая вязкость. От вязкости топлива зависит качество его распыливания в цилиндре, дальность струи, четкость начала и конца подачи топлива форсункой.

Кинематическая вязкость в условиях летней эксплуатации топлива находится в пределах $(3...6) \cdot 10^{-6}$ м²/с, зимней – $(1,8...6) \cdot 10^{-6}$ м²/с, арктической – $(1,5...4) \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Плотность дизельных топлив тоже заметно влияет на смесеобразование. Для товарных дизельных топлив плотность составляет 830..875 кг/м³.

Испаряемость влияет на смесеобразование, а показателем, ее характеризующим, является фракционный состав. Облегченный фракционный состав характеризует лучшую испаряемость топлива, которая способствует образованию однородной горючей смеси. Однако при слишком высокой испаряемости на первой стадии горения в течение периода задержки воспламенения в цилиндре скапливается большое количество паров, при воспламенении которых давление резко нарастает и двигатель работает жестко, с повышенными ударными нагрузками. Кроме того, облегчение фракционного состава дизельного топлива ухудшает его воспламеняемость и ведет к трудности пуска двигателя.

Применение дизельных топлив с утяжеленным фракционным составом ведет к ухудшению распыливания, испарения и сгорания топлива. Такое топливо затрудняет пуск холодного двигателя, особенно при низких температурах. Поэтому к основным требованиям по качеству дизельных топлив относится *прокачиваемость* его по топливной системе, обеспечивающая подачу топлива в цилиндры двигателя в необходимом для заданного режима количестве. Она в свою очередь, помимо вязкости, оценивается еще рядом показателей: температурами помутнения и застывания, содержанием механических примесей и воды, коэффициентом фильтруемости, предельной температурой фильтруемости.

Таким образом, как и в карбюраторных двигателях, для дизелей требуется топливо определенного фракционного состава. Начало кипения этого топлива находится в пределах 180...200 °С. Стандартом на дизельные топлива контролируется только две температуры выкипания 50 и 96 % топлива. Это объясняется тем, что между температурой выкипания 10 % дизельного топлива и работой дизелей однозначной связи не установлено. При повышении температуры выкипания 10 % топлива, т. е. утяжелении топлива, увеличивается его расход и дымность отработавших газов. При облегчении топлива ухудшается пуск дизелей, так как легкие фракции имеют худшую по сравнению с тяжелыми фракциями самовоспламеняемость. Поэтому пусковые свойства дизельных топлив для автомобилей в некоторой степени определяет температура выкипания 50 % топлива. Температура выкипания 96 % топлива регламентирует содержание в топливе наиболее тяжелых фракций, увеличение которых ухудшает смесеобразование, снижает экономичность, повышает нагарообразование и дымность отработавших газов. Установлено, что оптимальными являются следующие предельные значения t_{96} для летнего периода эксплуатации 360 °С, зимнего – 340 °С, для арктических условий – 330 °С. Эти контрольные значения t_{96} определены ГОСТом на дизельное топливо.

Наиболее важным эксплуатационным свойством является воспламеняемость дизельных топлив, которая в значительной степени определяет легкость пуска (воспламенение паров в камере сгорания без источника зажигания) и характер работы дизельного двигателя. О воспламеняемости дизельных топлив судят по длительности первой стадии горения – *периоде задержки самовоспламенения* (ПЗВ), представляющей собой время от начала впрыска топлива до появления первых очагов пламени, т. е. включает время, затрачиваемое на распад топливной струи на капли, частичное их испарение и смешение паров топлива с воздухом (физическая составляющая), а также время, необходимое для завершения предпламенных реакций, и формирование очагов самовоспламенения (химическая составляющая). Физическая составляющая времени задержки воспламенения зависит от конструктивных особенностей двигателя, а химическая – от свойств применяемого топлива.

Склонность дизельного топлива к самовоспламенению оценивается по цетановому числу (ЦЧ), которое определяется на стандартной установке с одноцилиндровым дизельным двигателем.

Количественное определение цетанового числа основано на методе совпадения вспышек в цилиндре испытуемого топлива с эталонными топливами, воспламеняемость которых известна. Для регистрации вспышек используется специальный индикатор воспламенения, устанавливаемый в головке двигателя. В момент воспламенения под действием высокого давления в индикаторе замыкается электрический контакт и зажигается неоновая лампа, посредством которой и осуществляется регистрация

вспышки. В качестве эталонных топлив используется цетан ($C_{16}H_{34}$) и α -метилнафталин ($C_{11}H_{10}$). Воспламеняемость цетана принята за 100 единиц, а α -метилнафталина – за нуль. *Цетановым числом* испытуемого топлива называется процентное (по объему) содержание цетана в эталонной смеси с α -метилнафталином, при которой обеспечивается при равной степени сжатия одинаковое значение ПЗВ. Цетановое число дизельных топлив составляет 45...58 единиц, однако оптимальное значение цетанового числа соответствует диапазону 40...50 ед.

В ряду важнейших показателей дизельных топлив является способность сохранять чистоту топливной аппаратуры и деталей двигателя, что вызвано образованием отложений нагара на форсунках с последующим изменением факела распыла, ухудшением смесеобразования, снижением экономичности двигателя и повышением дымности его выхлопа.

На способность дизельных топлив образовывать отложения влияют количественное содержание смолистых веществ и сернистых соединений, наличие непредельных и ароматических углеводородов, а также плотность и испаряемость.

В эксплуатационных условиях наибольший вред приносит присутствие в дизельном топливе смол. Основную часть смол составляют примеси, остающиеся после очистки нефтяных дистиллятов. Их количество контролируется так же, как и в бензинах – по содержанию фактических смол. В товарных дизельных топливах содержание *фактических* смол ограничено величиной 30...40 мг на 100 см³ топлива.

С повышением содержания в дизельных топливах непредельных углеводородов их стабильность при хранении снижается, а склонность к нагарообразованию возрастает. Поэтому количество непредельных углеводородов в дизельном топливе контролируется с помощью так называемого йодного числа. *Йодное число* представляет собой количество йода, реагирующее в определенных условиях с испытуемым топливом. Йодное число пропорционально содержанию непредельных углеводородов, в связи с чем в товарных дизельных топливах его величина не должна превышать 6 г йода на 100 г топлива.

При увеличении содержания в топливе ароматических углеводородов во всех случаях повышается образование нагара. Этому же способствует наличие серы и сернистых соединений.

В настоящее время основную часть дизельных топлив производят из сернистых нефтей. Поэтому основным методом контроля наличия *активной серы* являются коррозионные испытания на медную пластинку. Кроме того, дополнительно контролируется содержание меркаптановой серы, а также сероводорода. По этой причине, а также из-за ряда других отрицательных последствий содержание серы в дизельных топливах должно быть не более 0,2...0,5 % (в зависимости от вида топлива), меркаптановой серы – не более 0,01 %, а сероводород должен отсутствовать.

При сгорании дизельного топлива содержащиеся в нем сернистые соединения образуют окислы серы SO_2 и SO_3 . При высокой температуре окислы серы корродируют металлы в газовой фазе. При низкой температуре они растворяются в конденсирующейся из продуктов сгорания воде, образуя коррозионно-агрессивные сернистую и серную кислоты.

Из-за комплексного характера склонности дизельных топлив к нагарообразованию для его более полной оценки используются показатели коксуемости и зольности. *Коксуемостью* называется свойство топлива образовывать отложения при нагреве до 800 – 900 °С без доступа воздуха. Продукты коксования (кокс) состоят в основном из углерода и высокомолекулярных соединений. Они отлагаются в виде твердого нагара главным образом на горячих деталях, не контактирующих непосредственно с зоной горения (внутри форсунок, на юбках поршней в области поршневых колец и др.). Контроль коксуемости осуществляется по содержанию кокса в 10 %-ном остатке топлива после перегонки, количество которого не должно превышать 0,3 % по всем маркам топлив.

После полного сгорания топлива в воздухе образуется минеральный остаток – зола, вызванный присутствием в топливе различных неорганических примесей. Из-за абразивных свойств золы она не только увеличивает нагар, но и ведет к повышенным износам в двигателе. Поэтому допустимое содержание золы в товарных дизельных топливах – *зольность* – ограничивается 0,01 %.

Как и в случае бензинов, причиной коррозионной агрессивности дизельных топлив является наличие таких соединений, как водорастворимые кислоты и щелочи, органические кислоты и сернистые соединения.

Присутствие водорастворимых кислот и щелочей в дизельных топливах не допускается. Содержание остальных агрессивных соединений в дизельных топливах контролируется, как и в бензинах, по показателю *кислотности*. Кислотность не должна превышать 5 мг КОН для нейтрализации 100 мг топлива.

Наличие прецизионных деталей в топливной аппаратуре и высокая тонкость фильтрации в дизельных двигателях предъявляют повышенные требования к чистоте дизельных топлив: в них не должно содержаться воды и механических примесей. Однако практика эксплуатации автомобилей свидетельствует о частых отклонениях от этих требований.

Прежде всего, при транспортировке, хранении и заправке возможно попадание в топливо атмосферной пыли, влаги, продуктов коррозии и осмоления топлива, а также других загрязнителей. В результате, как свидетельствуют обследования, содержание механических примесей и воды в баках автомобилей может достигать соответственно 0,06 и 0,12 % по массе.

Вода в дизельном топливе может послужить причиной нарушения его подачи в цилиндры двигателя при низкой температуре. При плюсовых температурах вода с топливом образует эмульсию, а при отрицательной она

превращается в кристаллы льда, которые закупоривают топливные фильтры. ГОСТ на дизтопливо не разрешает присутствия в нем воды.

Содержание механических примесей зависит от степени запыленности воздуха: при сильной запыленности оно увеличивается в процессе эксплуатации в 2...3 раза.

При недостаточной водной промывке после щелочной очистки топлива в нем могут находиться натриевые мыла нафтеновых кислот – наftenаты. Наftenаты не растворяются в дизельных топливах и представляют собой студнеобразную массу, способную забивать бумажные фильтрующие элементы.

Присутствие в топливе всех видов загрязнителей контролируется таким показателем качества, как *коэффициент фильтруемости*. Он определяется на специальном приборе по степени забивки бумажного фильтра при протекании (фильтровании) испытуемого топлива. Коэффициент фильтруемости равен отношению времени (длительности) фильтрования последних 2 мл (десятой порции) испытуемого топлива ко времени фильтрования его первых 2 мл. Для товарных топлив величина коэффициента фильтруемости не должна превышать 3.

Соблюдение норм на коэффициент фильтруемости дизельного топлива обеспечивает минимальное содержание в нем всех видов загрязнителей и необходимую работоспособность топливной системы дизеля. В случае необходимости очистка топлива от загрязнения может быть осуществлена с помощью отстаивания и фильтрации.

Особенностью дизельных топлив является наличие довольно большого количества углеводородов, прежде всего парафиновых, с высокой температурой застывания. При понижении температуры эти углеводороды начинают выпадать из топлива в виде кристаллов, топливо мутнеет. Поэтому температуру, при которой топливо теряет прозрачность, вследствие начала процесса кристаллизации называют *температурой помутнения*. Хотя топливо при этом еще хорошо прокачивается, образующиеся микрокристаллы при низкой температуре подкапотного пространства (например, в период пуска) могут забить фильтр тонкой очистки и привести к прекращению подачи топлива. Поэтому принято, чтобы температура помутнения топлива была на 5...10 °С ниже температуры воздуха, при которой эксплуатируется автомобиль.

При дальнейшем охлаждении топлива количество микрокристаллов растет, они начинают сращиваться и образуют пространственную жесткую решетку, в результате чего топливо теряет текучесть. *Температурой застывания* называется такая температура, при которой находящееся в пробирке дизельное топливо при охлаждении в определенных условиях не изменяет положения мениска при наклоне пробирки на 45° в течение минуты. Образовавшуюся кристаллическую структуру можно разрушить с помощью перемешивания, однако при его прекращении топливо быстро

вновь застывает. Для обеспечения нормальной работы дизеля температура застывания должна быть на 10...15 °С ниже температуры окружающей среды. Этот показатель служит приблизительным ориентиром при определении возможных предельных условий применения топлив, и в большей мере по этому показателю судят о возможностях заправки, транспортирования, слива и налива топлива.

Еще одним показателем, характеризующим дизельное топливо, является *температура вспышки*, которая ограничивает содержание в топливе наиболее легких фракций и характеризует его огнеопасность. Температура вспышки – это та наименьшая температура, до которой нужно нагреть дизельное топливо в закрытом тигле, чтобы его пары образовали с воздухом смесь, вспыхивающую при поднесении к ней пламени. Температура вспышки должна быть не ниже 35 °С для всех марок дизельного топлива.

3.2 Способы повышения качества дизельных топлив

Для улучшения эксплуатационных свойств дизельных топлив и расширения их ресурсов (увеличения выхода из нефти) все большее распространение находят различные присадки. Однако следует помнить, что присадки различных марок обладают различной эффективностью.

Так, уже более полувека для улучшения воспламеняемости и повышения цетанового числа дизельных топлив применяют в промышленных масштабах *активирующие присадки*. В качестве этих присадок наибольшую известность получили такие кислородосодержащие соединения, как органические перекиси, различные эфиры азотной кислоты (этилнитрат, изопропилнитрат, циклогексилнитрат) и др. Механизм их действия основан на образовании после реакций с топливом перекисей, разложение которых ускоряет предпламенные процессы и сокращает ПЗВ.

Наиболее интенсивный прирост цетанового числа наблюдается при добавлении 1...2 % активирующих присадок. Так, введение 1 % изопропилнитрата повышает цетановое число дизельного топлива на 10...13 ед., в связи с чем он используется для улучшения воспламеняемости и пусковых свойств зимних арктических дизельных топлив, получаемых с помощью каталитического крекинга. Добавление 1,2...1,5 % циклогексилнитрата к этилированному бензину позволяет использовать его в качестве топлива для быстроходных дизелей. С помощью различных активирующих присадок возможно использование в дизелях и таких низкоцетановых топлив, как метанол и этанол.

В связи с ограниченными ресурсами дизельных топлив для улучшения их низкотемпературных свойств используют *депрессорные присадки*. Эти присадки позволяют значительно снизить температуру застывания, улучшить прокачиваемость топлива при низких температурах и мало влияют

на температуру помутнения. Наиболее эффективными депрессорными присадками являются соединения полимерного типа, среди которых промышленное применение получили сополимеры этилена с винилацетатом. При введении в концентрации 0,02...0,1 % присадки снижают температуру застывания дизельных топлив на 20...30 °С.

В связи со склонностью дизелей к дымлению применяются специальные *антидымные присадки*. Среди таких присадок наиболее эффективны соединения бария, способствующие уменьшению размеров частиц образующейся сажи и ее более быстрому и полному сгоранию. При добавлении барийсодержащих присадок к дизельным топливам содержание сажи в отработавших газах может быть уменьшено на 70...90 %, а выбросы в атмосферу канцерогенных веществ – на 60...80 %. Бариевые присадки не изменяют мощностные и экономические показатели дизеля и существенно не влияют на износ деталей топливной аппаратуры. Наибольшее применение эти присадки нашли при работе дизелей в шахтах, карьерах и других труднодоступных местах.

3.3 Ассортимент и маркировка дизельных топлив

Автомобильные двухтактные и четырехтактные дизельные двигатели относятся к типу быстроходных дизелей, они более требовательны к качеству топлива, чем тихоходные транспортные и стационарные дизельные двигатели. Для автомобильных дизельных двигателей в соответствии с ГОСТ 305-82 выпускаются следующие марки дизельного топлива: Л (летнее), З (зимнее) и А (арктическое). Эти топлива предназначены для использования на всех моделях быстроходных дизельных и газотурбинных двигателей наземной и судовой техники. Каждая марка топлива делится на две подгруппы: с содержанием серы, не более: 0,2 % – для всех марок первой подгруппы; 0,4 % – для марки А или 0,5 % – для марки Л и З второй подгруппы [1–3, 7, 8, 15].

Топливо Л предназначено для дизелей, эксплуатирующихся при температуре окружающего воздуха 0 °С и выше. Дизельное топливо марки З выпускается двух видов: с температурой застывания не выше –35 °С и –45 °С и предназначено для использования при температуре окружающего воздуха –20 °С и выше, второе – с температурой воздуха –30 °С и выше. Температура застывания арктического дизельного топлива не превышает –55 °С. Оно предназначено для дизелей, работающих в суровых условиях Севера и Сибири при температуре воздуха –50 °С и выше. В случае отсутствия зимнего топлива для легковых автомобилей допускается использование летнего топлива в смеси с низкооктановым бензином (до 30 % бензина). Однако работа двигателя при этом будет жесткой и износ двигателя и топливной аппаратуры увеличится.

Основные показатели качества данных топлив приведены в таблице 8.

При обозначении летнего дизельного топлива к его марке (ДЛ) добавляются цифры, обозначающие содержание в нем серы и температуру вспышки. В условное обозначение зимнего топлива входят марка и цифры, соответствующие массовой доле серы и температуре застывания. При обозначении арктического топлива к его марке (ДА) добавляется только цифра, указывающая содержание серы.

В связи с ростом парка дизельных автомобилей увеличивается потребность в дизельном топливе, поэтому стоит вопрос о ресурсах для его производства. Существенное расширение ресурсов дизельного топлива может быть достигнуто прежде всего за счет углубления его отбора от нефти с повышением конца кипения на 25...30 °С. Такое топливо получило название дизельного топлива *утяжеленного фракционного состава (УФС)*. Оно предназначено для обеспечения эксплуатации автотракторной техники в летний период и отличается от топлива ДЛ главным образом более высокими температурами застывания и помутнения. Из-за наличия тяжелых фракций при использовании топлива УФС наблюдается некоторое увеличение его расхода (на 2...3 %), повышение нагарообразования и снижение ресурса работы фильтрующих элементов.

Вторым направлением увеличения ресурсов дизельных топлив является добавление легких бензиновых фракций. Такие топлива называются топливами *широкого фракционного состава (ШФС)*. Бензин может добавляться и в утяжеленное дизельное топливо, в этом случае оно получило название топлива *расширенного фракционного состава (РФС)*. Топливо РФС содержит до 10 % бензиновых фракций прямой перегонки и вторичных процессов. Фракционный состав топлива РФС по температуре выкипания 50 и 90 % аналогичен топливу УФС, однако в этом случае из-за наличия бензиновых фракций дополнительно лимитируется 10 %-ная точка перегонки.

В настоящее время в связи с ужесточением норм на экологические показатели работы дизельных двигателей в России введены ТУ на выпускаемые дизельные топлива, которые предназначены на экспорт и для использования в современных дизельных автомобилях. Такие дизельные топлива имеют обозначения ДИТО–ЭЛ, ДИТО–ЭЗ. Дизельные экологически чистые топлива (ДЭ) имеют более высокое цетановое число и меньшее содержание серы. Например, у ДИТО–ЭЛ цетановое число – 49 (у ДЛ – 45), содержание серы 0,05 % (против 0,2 % у ДЛ).

Данные ТУ предусматривают следующие виды дизельных топлив, показатели качества которых приведены в таблице 9.

В Европе технические условия на дизельное топливо определяются национальными стандартами и общеевропейским стандартом EN 590. Основные технические требования этого стандарта приведены в таблице 10 [12].

В настоящее время в соответствии с EN 590 Мозырским НПЗ разработаны ТУ 38.401-58-296-2001, которые предусматривают выпуск трех сортов дизельного топлива.

Для улучшения смазывающего эффекта в состав топлива вводят смазывающие присадки. Основные показатели качества, характеризующие дизельное топливо, представлены в таблице 11.

Таблица 8 – Основные показатели качества дизельных топлив

Показатель	ГОСТ 305-82			ТУ 38.001. 355-86	ТУ 38.401. 652-87
	Л	З	А	УФС	РФС
Цетановое число, не менее	45	45	45	45	45
Фракционный состав: 50% перегоняется при температуре, °С, не выше	280	280	255	290	280
96% перегоняется при температуре, °С, не выше	360	340	330	До 360 °С перегоняется не менее 90 %	
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	3,0...6	1,8...5	1,5...4	3...6,5	3...6
Температура застывания для климатической зоны, °С, не выше:					
умеренной	-10	-35	-	0	-5
холодной	-	-45	-55	-	-
Температура помутнения для климатической зоны, °С, не выше:					
умеренной	-5	-25	-	5	-
холодной	-	-35	-	-	-
Температура вспышки (в закрытом тигле), °С, не ниже:					
для дизелей общего назначения	40	35	30	40	20
для тепловозных и судовых дизелей, газовых турбин	61	40	35	61	-
Содержание серы, %, не более, в топливе вида:					
I	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
II	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
Содержание меркаптановой серы, %, не более	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Концентрация фактических смол, мг/100 см ³ , не более	40	30	30	20	-
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	5	5	5	5	50
Йодное число, г/100 см ³ , не более	6	6	6	6	6
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2

Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3	3	3
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	860	840	830	860	860

Таблица 9 – Основные показатели дизельного топлива

ТУ 0251-001-33686428-98 (Евродизель)							
ДИТО-ЭЛ	ДИТО-Элп	ДИТО-Э3-15	ДИТО-Э3-25	ДИТО-Э3п-15	ДИТО-Э3п-20	ДИТО-Э3п-25	ДИТО-Э3п-30
45	45	45	45	45	45	45	45
280	280	280	280	280	280	280	280
360	360	360	360	360	360	360	360
1,8-6	1,8-6	1,8-6	1,8-6	1,8-6	1,8-6	1,8-6	1,8-6
Не нормируется							
Не нормируется	Не нормируется	-15	-2,5	-15	-5	-10	-15
35	35	35	35	35	35	35	35
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5	5	5	5	5	5	5	5
860	860	860	860	860	860	860	860
0,05 0,1	0,05 0,1	0,05 0,1	0,05 0,1	0,05 0,1	0,05 0,1	0,05 0,1	0,05 0,1

Показатель
Цетановое число, не менее
Фракционный состав: 50 % перегоняется при температуре, °С, не более 96 % перегоняется при температуре, °С, не более
Кинематическая вязкость при 20 °С, в пределах, мм ² /с
Температура помутнения, °С, не выше
Температура застывания, °С, не выше
Температура вспышки, (в закрытом тигле), °С, не ниже
Зольность, %, не более
Кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива, не выше
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не выше
Содержание серы, %, не более, в топливе вида: I II

Таблица 10 – Основные характеристики дизельных топлив

Параметр	Размерность	Величина
Температура воспламенения, min	°С	55
Содержание воды, max	мг/кг	200
Содержание серы, max	в % по весу	0,05
Для умеренного климата		
Плотность при температуре 15 °С, min/max	кг/м ³	820/860
Вязкость при температуре 40 °С, min/max	мм ² /с	2/4,5
Цетановое число, min	-	49
Дизельный индекс, min:	-	46
при температуре до 250 °С, max	в % по объему	65
при температуре до 350 °С, min	в % по объему	85
при температуре до 370 °С, min	в % по объему	95
Предел фильтрации в шести классах А...F, max	°С	+5...-20
Для арктического климата (в пяти классах 0...4)		
Плотность при температуре 15 °С, min/max	кг/м ³	800/845...800/840
Вязкость при температуре 40 °С, min/max	мм ² /с	1,5/4...1,2/4
Цетановое число, min	-	47...45
Дизельный индекс, min:	-	46...43
при температуре до 180 °С, max	в % по объему	10
при температуре до 340 °С, min	в % по объему	95
Предел фильтрации, max	°С	-20...-44

Таблица 11 – Основные характеристики дизельных топлив

Параметр	Размерность	Величина
Температура вспышки, min	°С	55
Полициклические ароматические углеводороды	в % по массе	11

Содержание серы, max:	мг/кг	
II вида		50
I вида		10
Плотность при температуре 15 °С, min/max	кг/м ³	820/845
Цетановое число, min	-	51
Цетановый индекс, min	-	46
Фракционный состав:	в % по объему	
при температуре до 250 °С, max		65
при температуре до 350 °С, min		85
при температуре до 360 °С, max		95
Предел фильтрации, max:	°С	
сорт А		+5
сорт В		0
сорт С		-5

3.4 Методы оценки качества дизельных топлив

Оценка дизельного топлива по внешнему виду и определение его плотности выполняется теми же методами, которые рассмотрены и описаны применительно к бензинам (паспорт качества на дизельное топливо представлен в приложении В). Дополнительно следует отметить следующее.

Наличие растворенных смол в дизельном топливе придает ему окраску. В зависимости от количества смол и их состава цвет топлива, определяемый в стеклянных цилиндрах диаметром 40...55 мм, изменяется от желтого до светло-коричневого. Чем светлее топливо (меньшая интенсивность окраски), тем меньше в нем смолистых веществ и тем выше его качество.

Запах у дизельного топлива нерезкий из-за более тяжелого фракционного состава. Зимние и, особенно, арктические сорта дизельного топлива мало отличаются по фракционному составу от керосинов, поэтому по запаху они в определенной степени могут быть схожи с керосином.

Плотность дизельного топлива стандартизирована при 20 °С и равна 860, 840 и 830 кг/м³ соответственно для летнего, зимнего и арктического топлива.

Капля дизельного топлива после испарения оставляет на листе чистой бумаги жирное пятно, в то время как бензин испаряется бесследно или почти бесследно.

Загрязненность дизельного топлива механическими примесями может быть обнаружена путем пропускания примерно одного литра топлива через светлую фильтровальную бумагу. По задержанному фильтром количеству примесей можно судить о его загрязненности.

Физическая стабильность у дизельного топлива более высокая, чем у бензина, поэтому при соблюдении условий хранения первоначальное качество дизельного топлива практически не ухудшается.

Вода также отслаивается от топлива и оседает на дне посуды, что и позволяет установить ее присутствие. В неотстоявшемся топливе вода вызывает его помутнение.

Автохозяйства, получающие дизельное топливо на нефтебазах, могут контролировать его качество по паспорту, выдаваемому снабжающей организацией. Сопоставляя значения физико-химических показателей по паспорту с техническими условиями, можно установить соответствие данной партии топлива требованиям технических условий. При этом в зимний период особое внимание следует обращать на вязкостно-температурные показатели, определяющие возможность использования топлива при низких температурах.

Контрольные вопросы

- 1 Приведите требования, предъявляемые к дизельному топливу.
- 2 Перечислите показатели физико-химических свойств дизельных топлив, дайте им характеристики и назовите способы определения.
- 3 Перечислите марки дизельного топлива и дайте им характеристику, назовите способы определения.
- 4 Охарактеризуйте способы контроля качества дизельных топлив.

4 ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВ

К альтернативным топливам можно отнести:

- метанол, денатурированный этанол и др. спирты;
- смеси, содержащие не менее 70 % (обычно 85 %) спирта с бензином или дизельным топливом;
- природный газ (сжатый или сжиженный);
- сжиженный нефтяной газ;
- водород;
- жидкие топлива, полученные из угля и биологических материалов.

Также к альтернативным топливам условно можно отнести электрическую и солнечную энергию.

По данным Американского информационного отдела Комитета по энергетике в США эксплуатируются 518919 автомобилей, использующих альтернативное топливо (на конец 2002 г.). При этом в статистику не вошли автомобили с двигателями, которые могут работать как на бензине, так и на

смеси Е 85. Таких автомобилей в США в 2000 г. насчитывалось более 2 млн 600 тыс.

Данные тенденции присущи также европейским и южным странам, в частности, производством автомобилей, работающих на альтернативных топливах, занимаются такие фирмы, как "Mercedes-Benz", "MAN", "Messer", "BMW", "Mack" [1, 12, 15].

4.1 Сжиженные газы

Сжиженный природный газ (СЖПГ) является криогенной жидкостью, так как при атмосферном давлении температура его кипения составляет около $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$. Его применение в качестве топлива для автомобилей приводит к усложнению конструкции системы хранения и питания по сравнению с системами хранения и питания для сжиженного нефтяного и сжатого природного газов.

Кроме того, контакты человека с этим топливом или металлическим сосудом, в котором оно находится, могут приводить к сильным обморожениям. Для обнаружения утечек газа необходимо устанавливать специальные детекторы, так как добавление в газ пахучего вещества невозможно.

При нормальном атмосферном давлении и температуре выше $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ сжиженные нефтяные газы (СНГ) находятся в газообразном состоянии, но при сравнительно небольшом повышении давления (при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении для бутана – $0,103\text{ МПа}$, пропана – $0,716\text{ МПа}$) они переходят в легкоиспаряющуюся жидкость. Поэтому для обеспечения сохранения жидкого состояния при более высоких температурах (до $45...50\text{ }^{\circ}\text{C}$) для сжиженного газа применяются достаточно легкие баллоны и несложная газовая аппаратура, рассчитанные на рабочее давление $1,6\text{ МПа}$, которые практически не снижают грузоподъемность автомобиля.

По отношению к бензину пропан и бутан имеют более высокую массовую теплоту сгорания и характеризуются высокой детонационной стойкостью, в связи с чем эти газы являются хорошим топливом для двигателей внутреннего сгорания с принудительным (искровым) воспламенением.

Кроме того, данное топливо является очень летучим и температура его горения в два раза выше, чем у бензина.

Углеводородные сжиженные топливные газы должны отвечать требованиям ГОСТ 27578-87. Основные показатели сжиженного углеводородного газа для автомобильного транспорта приведены в таблице 12 [2].

Марка сжиженного газа ПА (пропан автомобильный) применяется при температуре окружающего воздуха ($-20...-35\text{ }^{\circ}\text{C}$). Допускается применение

этого газа при температуре не выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Марка ПБА (пропан-бутан автомобильный) применяется при температуре окружающего воздуха не ниже $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Стандартом предусмотрено полное отсутствие содержания в сжиженном газе свободной воды и щелочи.

Таблица 11 – Основные требования к сжиженным газам

Показатель качества	Нормы по маркам	
	ПА	ПБА
Массовая доля компонентов, %: сумма метана, этана пропан углеводородов C_4 и выше непредельных углеводородов, не выше	Не нормируется	
	90 ± 10	50 ± 10
	Не нормируется	
Объемная доля жидкого остатка при $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, %, не более	6	6
Давление насыщенных паров, избыточное, МПа при температуре: $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$, не ниже $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, не ниже $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, не ниже	Отсутствует	
	-	1,6
	-	0,07
	0,07	-
Массовая доля серы и сернистых соединений, %, не выше в том числе сероводорода, не выше	0,01	0,01
	0,003	0,003
<i>Примечание</i> – При массовой доле меркаптановой серы менее $0,001\text{ }%$ сжиженные газы должны быть одорированы.		

Пропан-бутановые смеси характеризуются высоким коэффициентом объемного расширения: при увеличении температуры на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ давление в газовом баллоне повышается на $0,6...0,7\text{ МПа}$. Поэтому во избежание разрушения топливного баллона при повышении температуры в нем необходимо иметь паровую подушку с минимальным объемом не менее $10\text{ }%$ от всего объема, т.е. заполнение баллона осуществляется на $90\text{ }%$. Особенностью компонентов сжиженного газа является также отсутствие запаха. Поэтому для обнаружения утечек смеси в нее добавляют специальные продукты – одоранты, обладающие специфическим сильным запахом. В качестве одоранта используется обычно этилмеркаптан $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$, добавляемый в количестве $0,2...0,3\text{ г}$ на 1000 м^3 газа. Запах должен ощущаться при содержании газа в воздухе $0,5\text{ }%$ по объему и более.

Практический опыт эксплуатации газобаллонных автомобилей показал ряд их преимуществ. Отсутствие жидкой фазы (фракций углеводородов) в топливно-воздушной смеси обеспечивает большую равномерность ее распределения по цилиндрам двигателя, исключает смывание смазки с их зеркала, а также значительно снижаются нагарообразование и загрязнение масла. Благодаря этому ресурс работы двигателя и его межремонтный пробег возрастают в $1,5...2$, а сроки смены моторного масла – в $2...2,5$ раза. При этом из-за сложности газобаллонной системы питания трудоемкость ее технического обслуживания и ремонта возрастает на $3...5\text{ }%$, что, тем не

менее, полностью компенсируется за счет увеличения межремонтного пробега. Кроме того, газовое топливо более дешевое в сравнении с бензином, особенно это актуально для автомобилей с большим объемом двигателя.

Из-за худших пусковых свойств СНГ надежный пуск холодного двигателя даже на зимней марке топлива возможен при температуре окружающего воздуха до $-5...-7$ °С. При более низких температурах в условиях безгаражного хранения для запуска двигателя требуется его тепловая подготовка.

При работе на сжиженных газах необходимо соблюдать предосторожности во избежание пожара, так как пары сжиженных газов могут сторгать в различных соотношениях в смеси с воздухом. При недостаточной герметичности могут легко скапливаться под капотом двигателя, снизу автомобиля, а также в закрытых помещениях. При появлении в этих местах открытого огня или искры может произойти взрыв.

Поэтому газовое оборудование требует постоянного внимания и контроля. Рекомендуется для обнаружения его утечки или разлива использовать детекторы.

Гарантийный срок хранения сжиженного газа – три месяца со дня изготовления. По истечении гарантийного срока хранения сжиженный газ должен быть проверен на соответствие требованиям действующего стандарта [1-3].

В зарубежных странах в качестве моторного топлива используют различные составы смеси пропан-бутанового газа, включая практически чистый пропан (США) и бутан (Швеция, Великобритания).

4.2 Сжатые газы

К сжатым природным газам (СПГ) относятся газы, которые при нормальной температуре сохраняют газообразное состояние даже при высоком давлении. Основным компонентом сжатого природного газа является метан.

Теплота сгорания природных газов отдельных месторождений может достигать до 47 МДж/м³, однако в среднем она составляет $33...36$ МДж/м³. Эта величина почти в 1000 раз меньше, чем у жидкого нефтяного топлива, что и является основным недостатком природного газа как моторного топлива. Поэтому для обеспечения приемлемых эксплуатационных качеств автомобиля, прежде всего запаса хода при работе на природном газе, требуется его специальная подготовка: сжатие до давления 20 МПа и более с последующим хранением на автомобиле в баллонах высокого давления либо сжижение с помощью глубокого охлаждения до -162 °С с хранением в

специальных криогенных (теплоизолированных) емкостях. Кроме того, для газобаллонных автомобилей могут применяться только высоко- и среднекалорийные газы. Однако и при этих условиях запас хода у газобаллонных автомобилей, работающих на сжатом газе, ниже запаса хода автомобилей, работающих на бензине и сжиженном газе (теплотворная способность газо-воздушной смеси ниже теплотворной способности бензино-воздушной смеси, из-за чего мощность двигателя при переводе на сжатый газ без конструктивных изменений снижается на $10-12$ %). И все же благодаря присущим положительным качествам и из-за большей простоты получения сжатые газы нашли применение в виде топлива для автомобилей.

К природному газу, используемому в сжатом виде в качестве моторного топлива, предъявляются следующие специфические требования: отсутствие пыли и жидкого остатка, а также минимальная влажность. Последнее требование связано с исключением возможности закупорки каналов топливной системы, вызываемой замерзанием и выпадением гидратов вследствие дросселирования и снижения температуры газа при заправке автомобиля. Для обеспечения выполнения этих требований природный газ подвергается очистке с помощью фильтрующего, сепарационного и осушительного оборудования, установленного на газонаполнительных станциях.

Опыт эксплуатации автомобилей, работающих на СПГ, выявил ряд положительных сторон, схожих с достоинствами при работе на СНГ. При использовании СПГ в качестве моторного топлива моторесурс двигателя увеличивается на $35...40$ %, срок службы свечей на $30...40$ %, расход моторного масла снижается благодаря увеличению периодичности (срока) его смены в $2...3$ раза. Вместе с тем перевод на сжатый природный газ бензиновых автомобилей ведет к ухудшению ряда их эксплуатационных показателей. Мощность двигателя снижается на $18...20$ %, что ведет к снижению максимальной скорости на $5...6$ %, увеличению времени разгона на $24...30$ % и уменьшению максимальных углов преодолеваемых подъемов. Из-за большой массы баллонов для хранения газа под высоким давлением грузоподъемность автомобиля снижается на $9...14$ %. Дальность ездки на одной заправке газа не превышает $200...280$ км. Из-за наличия дополнительной топливной системы трудоемкость технического обслуживания и ремонта базового автомобиля увеличивается на $7...8$ %.

При использовании природного газа в качестве моторного топлива отмечены его плохие пусковые свойства. Предельное значение температуры холодного пуска двигателя (без дополнительных средств подогрева) на природном газе на $3...8$ °С выше, чем на СНГ, и на $10...12$ °С, чем на бензине. Трудность пуска объясняется высокой температурой воспламенения метана, а также тем, что в процессе воспламенения после нескольких вспышек на свечах осажается вода, шунтирующая искровой промежутком.

Важным достоинством газовых топлив (СПГ и СНГ) по сравнению с нефтяными являются лучшие экологические свойства, связанные прежде всего с уменьшением выбросов вредных веществ с отработавшими газами двигателя. Как известно, такими веществами являются окись углерода CO, окислы азота NO_x, суммарные углеводороды СН и в случае применения этилированных бензинов – соединения свинца. Применение газовых топлив, отличающихся высокой детонационной стойкостью, исключает необходимость использования токсичного антидетонатора ТЭС и поэтому является эффективным фактором снижения загрязнения окружающей среды высокотоксичными свинцовыми соединениями. Изменение содержания окиси углерода при работе двигателя на газе и бензине в зависимости от состава топливно-воздушной смеси примерно одинаково. Однако, учитывая возможность работы газового двигателя на более бедных смесях, при его оптимальной регулировке обеспечиваются более низкие концентрации CO. Уровни выбросов СН также примерно одинаковы, однако их состав принципиально отличен. Вредное воздействие углеводородов, образующихся в продуктах сгорания нефтяных топлив, связано, главным образом, с образованием смога. При работе на природном газе углеводородная часть отработавших газов состоит в основном из метана, обладающего высокой устойчивостью к образованию смога.

Окислы азота являются наиболее токсичными компонентами отработавших газов. Их максимальное содержание для газового двигателя примерно в 2 раза меньше, чем для бензинового. Кроме того, оно может быть дополнительно снижено в 2...3 раза за счет регулировки состава топливной смеси.

Эффективность газобаллонных автомобилей, работающих на сжатом газе, возрастает также за счет применения двигателей с повышенной степенью сжатия (до 10), улучшения наполнения цилиндров рабочей смесью за счет применения впускного трубопровода с большим сечением и без подогрева, увеличения проходного сечения впускных клапанов и продолжительности их открытия путем изменения формы кулачков распределительного вала.

В таблице 13 приведены в соответствии с ГОСТ 27577-87 основные требования к сжатому природному газу для газобаллонных автомобилей.

Таблица 13 – Основные требования к сжатым газам

Показатель	ГОСТ 27577-87
Объемная теплота сгорания, кДж/м ³ , не менее	32600–36000
Относительная плотность по отношению к воздуху, не менее	0,56–0,62
Расчетное октановое число газа, не менее	105
Концентрация сероводорода, г/м ³ , не более	0,02
Концентрация меркаптановой серы, г/м ³ , не более	0,036
Масса мехпримесей в 1 м ³ , мг, не более	1
Суммарная объемная доля негорючих компонентов, включая	

кислород, %, не более	7
Содержание воды, мг/м ³ , не более	9

Примечание – Значения установлены при температуре 20 °С и давлении 0,1013 МПа.

Сероводород, кислород, влага вызывают коррозию двигателя и оборудования газонаполнительной станции, поэтому содержание этих примесей в сжатом газе строго ограничивается.

Кислород, кроме коррозии газобаллонной аппаратуры, опасен тем, что образует с СПГ взрывчатую смесь. Концентрационные пределы воспламенения (по метану) в смеси с воздухом (по объему): нижний – 5 %, верхний – 15 %.

Влага в газе способствует образованию азотной кислоты (при наличии аммиака). При низких температурах влага может вывести из строя топливоподающую аппаратуру вследствие образования ледяных пробок при резких падениях давления газа в редукторе. Содержание; влаги в газе может быть снижено в результате его осушки.

Смолы и пыль (твердые механические примеси) вызывают отложения и загрязнения газобаллонной аппаратуры и двигателя, снижая надежность их работы.

Избыточное давление СПГ в момент окончания заправки баллона должно быть 19,0–19,6 МПа. Температура газа, заправляемого в баллон, должна быть не выше +40 °С. При температуре окружающего воздуха выше +35 °С температура заправляемого газа должна быть не более чем на 5 °С выше температуры воздуха.

Давление газа в баллонах определяют после окончания каждой заправки автомобиля с помощью манометров класса точности не ниже 2,5. Температуру СПГ при заправке определяют по требованию потребителя.

Метод измерения количества отпускаемого газа должен обеспечивать измерение с относительной погрешностью не более ±5 % [1-3, 6].

4.3 Прочие виды альтернативных топлив

В качестве местных видов топлива разработаны газоконденсатные топлива, предназначенные для использования в дизельных двигателях в районах газоконденсатных месторождений. К применению допущены три марки газоконденсатного топлива: газоконденсатное широкофракционное зимнее (ГШЗ по ТУ 51.28-86), газоконденсатное широкофракционное летнее (ГШЛ по ТУ 51.125-86) и газоконденсатное широкофракционное арктическое (ГША по ТУ 51.03.16-89). Топливо ГШЗ предназначено для эксплуатации дизелей при температуре –30 °С и выше в умеренной и температуре –35 °С и выше в холодной климатической зоне. ГШЛ предназначено для эксплуатации дизелей при температуре воздуха выше –5

°С, а ГША – при температуре от –50 °С и выше в холодной климатической зоне.

Их получают прямой перегонкой газовых конденсатов, а также путем смешения дизельных фракций газового конденсата с товарными дизельными топливами.

Особенностью топлив ГШЗ и ГШЛ являются более низкие значения ЦЧ (на 3...5 ед.), температуры t_{50} (на 20 °С), вязкости и температуры вспышки (таблица 14). У обоих топлив нормируется температура t_{10} , при этом у топлива ГШЛ дополнительно лимитируется начало кипения [1, 2, 15].

Во многих странах находят применение спиртовые топлива: метанол и этанол. Как и большинство альтернативных топлив нефтяного происхождения, спирты в значительной степени отличаются от традиционных автобензинов по физико-химическим показателям и моторным качествам. Теплота сгорания метанола примерно наполовину ниже, чем у бензинов. Поэтому для сохранения энерговооруженности автомобиля требуется увеличение объема и расхода топлива в 1,5...2 раза, что и является основным недостатком метанола. В то же время теплота сгорания бензино- и метаноловоздушных смесей близка.

Важным преимуществом метанола является его высокая детонационная стойкость. Это позволяет увеличить степень сжатия двигателя до 12...14 ед. и тем самым, благодаря улучшению его топливной экономичности, частично компенсировать повышенные расходы метанола.

Высокая детонационная стойкость метанола в сочетании с возможностью его производства из не нефтяного сырья позволяет рассматривать этот продукт в качестве перспективного высокооктанового компонента автобензинов, получивших название метанольных. Оптимальными являются добавки 5...20 % метанола, при которых бензоспиртовая смесь характеризуется удовлетворительными эксплуатационными показателями и дает ощутимый эффект в плане экономии нефтяного компонента топлива. Топливо, содержащее максимум 3 % по объему метанола, является стандартным для тех регионов, где его применение экономически целесообразно (Бразилия, южные штаты США).

Таблица 14 – Показатели качества газоконденсатных топлив

Показатель	Норма для топлива марки		
	ГШЗ	ГШЛ	ГША
Цетановое число, не менее	40	42	40
Фракционный состав, °С:			
начало разгонки при температуре не ниже	-	90	-
10 % перегоняется при температуре не ниже	120	120	120
50 % перегоняется при температуре не выше	260	260	260
96 % перегоняется при температуре не выше	40	60	40
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с, не менее	1,45	2,0	1,45

Температура застывания, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	-35	-15	-
холодной	45	-	55
Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	-25	-5	-
холодной	35	-	-
Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не выше	12	15	15
<i>Примечание</i> – По остальным показателям качество топлив соответствует требованиям ГОСТ 305-82.			

В настоящее время в США и ряде других стран развернуто производство и потребление топлив, имеющих более высокую концентрацию как метанола, так и этанола. В частности, это такие марки топлив, как М 85 (смесь из 85 % метанола и 15 % бензина) и Е 85 (смесь из 85 % этанола и 15 % бензина) [12].

Основной проблемой при эксплуатации двигателя на метаноле (М 85) является токсичность топлива. Кроме того, оно оказывает корродирующее воздействие на некоторые металлы, прорезиненные детали, прокладки, мембраны. Неяркое пламя затрудняет визуальное обнаружение горения этого топлива при дневном свете.

Этанол (Е 85) также оказывает корродирующее воздействие на некоторые металлы, прокладки и мембраны. Он является менее летучим, чем обычный бензин.

Одной из наиболее эффективных добавок к современным автобензинам является метилтретичнобутиловый эфир (МТБЭ). Этот продукт относится к простым эфирам и представляет собой бесцветную жидкость с резким запахом. Температура вспышки МТБЭ 27 °С, пределы взрываемости паров 1,43...8,9 % по объему.

Разработанные бензины А-76 и АИ-93 с добавками соответственно 8,0 и 11 % МТБЭ удовлетворяют требованиям ГОСТ 2084-77 по всем показателям. При этом обеспечивается некоторое улучшение экономичности двигателя и снижение выбросов окиси углерода. Кроме того, неэтилированный бензин АИ-93 с добавкой 8–16 % МТБЭ во всем диапазоне скоростей движения автомобилей ВАЗ превосходит по антидетонационным качествам товарный неэтилированный бензин.

Главным претендентом на звание «топлива будущего» является водород, запасы которого в природе практически неограничены, а процесс сгорания в двигателе характеризуется высоким энергетическим и экологическим совершенством.

Водород имеет наиболее высокую массовую теплоту сгорания среди химических топлив: по этому показателю он превосходит нефтяные топлива

примерно в 2,5...3 раза, а спирты – в 5...6 раз. Однако теплота сгорания водородо-воздушных смесей на 15...20 % ниже по отношению к бензинам и спиртам, в связи с чем мощность двигателя при переводе на водород снижается. Кроме того, из-за очень низкой плотности водорода система его хранения на автомобиле становится чрезмерно громоздкой и тяжелой. При сгорании водород окисляется с образованием воды, т. е. отсутствует выделение углекислого газа.

Поэтому предлагается использовать водород как добавку к бензино-воздушной смеси, причем при городском режиме работы автомобиля он является основным моторным топливом, а бензин используется как добавка для стабилизации горения. При эксплуатации автомобиля на трассе двигатель должен работать на бензине с минимальной добавкой водорода.

В настоящее время разработаны следующие способы хранения водорода на автомобиле:

- хранение водорода в газообразной форме в баках, рассчитанных на большое давление. В этом случае он хранится под давлением 30 МПа. Это приводит к увеличению массы водорода и необходимости соблюдения мер безопасности, так как он может проникать через мельчайшие неплотности топливной аппаратуры и при соотношении водорода с кислородом 2:1 образуется взрывоопасная смесь;

- хранение водорода в сжиженном виде (криогенный бак). Это лучший вариант в отношении снижения массы топлива и повышения плотности энергии (в настоящее время запас хода автомобиля на одну заправку бака составляет около 300 км). Очень низкая температура хранения (-253 °С) требует высокой степени теплоизоляции бака. Остаточная теплота заставляет водород выходить наружу через предохранительный клапан, что приводит к его ежедневным потерям (около 2 %) при неработающем двигателе. Во время работы двигателя электрический испаритель поддерживает в баке требуемое давление;

- металлгидридное хранение. Некоторые металлы и их сплавы способны разместить между своими атомами атомы водорода и такие соединения называют гидридами (используется титан, который поглощает и выделяет водород). Этот процесс является экзотермическим, т. е. теплота выделяется при заправке бака топливом;

- метилциклогексаноловое хранение. В данном случае на автомобиле происходит испарение метилового спирта и в присутствии катализатора при температуре 500 °С происходит реакция с водяным паром, в результате которой выделяется водород и двуокись углерода (рециркулирующий толуол).

Наибольших успехов в области применения водорода в качестве топлива достигли такие фирмы, как "Toyota", "Mercedes-Benz", "BMW" и ряд американских фирм [12].

Контрольные вопросы

- 1 Приведите требования, предъявляемые к сжатым топливным газам.
- 2 Приведите требования, предъявляемые к сжиженным топливным газам.
- 3 Перечислите основные показатели сжатых газов, определяющие эффективность их применения в качестве автомобильного топлива.
- 4 Перечислите основные показатели сжиженных газов, определяющие эффективность их применения в качестве автомобильного топлива.
- 5 Охарактеризуйте прочие виды альтернативных видов топлив, приведите их достоинства и недостатки.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ, ХРАНЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

5.1 Требования безопасности при применении автомобильных топлив

Перевозить и хранить автомобильное топливо (обычный и этилированный бензин, дизельное топливо) можно только в исправных резервуарах, цистернах или металлических бочках с плотно закрывающимися металлическими крышками или пробками на бензостойких прокладках.

Если бензин этилированный, то при этом на таре должна быть несмываемая надпись крупным шрифтом: "Этилированный бензин".

Заполнять резервуары автомобильным топливом необходимо не более чем на 90 % их вместимости.

Исправность тары, заполненной автомобильным топливом, следует проверять ежедневно. Причины, вызывающие подтекание и "потение", следует немедленно устранять. Если это невозможно, этилированный бензин необходимо перелить в исправную тару, соблюдая все меры предосторожности, чтобы бензин не разлился, не попал на тело или одежду рабочего и т. д.

Этилированный бензин предназначен только в качестве топлива для двигателей.

В организациях, применяющих этилированный бензин, должен быть регламентирован порядок его перевозки, хранения, отпуска и расходования, исключающий возможность использования его не по назначению.

Организации, применяющие этилированный и обычный бензин, должны иметь отдельные емкости для хранения, отдельные топливопроводы и бензоколонки, а также тару для перевозки.

Не допускается:

- использовать этилированный бензин в двигателях, работающих внутри помещений (внутрицеховой транспорт, стационарные двигатели и т. д.);
- применять этилированный бензин для испытания двигателей на

испытательных станциях организации без оборудования их дополнительной надежно действующей вентиляцией;

- применять этилированный бензин для работы паяльных ламп, бензорезов, примусов, очистки одежды, промывки деталей и т. д.;
- обезвреживать места, залитые этилированным бензином, сухой хлорной известью;
- хранить этилированный бензин вне специально оборудованных складов, хранилищ и т. д.

В местах хранения, погрузки, выгрузки этилированного бензина и работы с ним должны находиться в достаточном количестве средства для обезвреживания пролитого бензина и очистки загрязненных им автомобилей, оборудования, площадок, полов (керосин, раствор хлорной извести или дихлорамина, опилки, ветошь и т. п.).

При разливе этилированного бензина и попадании его на автомобили, оборудование, площадки, пол залитые места следует немедленно очищать или обезвреживать. Для этого необходимо засыпать песком или опилками загрязненные пол или площадки, а металлические поверхности протереть ветошью, затем дегазировать дихлорамином (1,5 % раствор в неэтилированном бензине) или хлорной известью (употребляемой в виде кашицы в пропорции одна часть хлорной извести на три-пять частей воды или хлорной воды), керосином, если загрязнена металлическая поверхность.

Дегазирующие вещества наносятся на загрязненные места и через 15-20 минут смываются водой. При обработке деревянных полов такая операция производится два раза.

Загрязненные этилированным бензином обтирочные материалы, опилки и тому подобное собирают в металлическую тару с плотными крышками, а затем сжигают с принятием мер предосторожности (для предупреждения вдыхания паров бензина) и противопожарных мер. Место и время сжигания утверждается приказом по организации.

При работе на линии обтирочные материалы, загрязненные этилированным бензином, необходимо сжигать за бровкой дороги, в стороне от автомобиля, приняв меры для предупреждения распространения огня. При этом водитель не должен уезжать, пока сжигаемые материалы не сгорят и не погаснет огонь.

Не допускается:

- перевозить этилированный бензин в кузовах легковых автомобилей, автобусов, в кабинах автомобилей всех типов, а также на грузовых автомобилях, прицепах и полуприцепах вместе с людьми и животными, лицо, сопровождающее грузовой автомобиль с этилированным бензином, должно находиться в кабине;
- транспортировать этилированный бензин совместно с пищевыми продуктами и промышленными товарами;
- применять цистерну и тару из-под этилированного бензина после

любой очистки для перевозки и хранения пищевых продуктов.

Использовать цистерну и тару после перевозки этилированного бензина для перевозки непищевых грузов разрешается только после удаления остатков этилированного бензина и обезвреживания.

Для обезвреживания тары из-под этилированного бензина необходимо освободить ее от остатков бензина и грязи, затем промыть керосином, а снаружи протереть ветошью, смоченной керосином.

Операции по переливу, приему и отпуску автомобильного топлива должны быть механизированы. Применяемые при этом насосы, бензоколонки, шланги и другие приспособления должны быть исправными и герметичными, не допускающими подтекание.

Не допускается при продувке системы питания или переливании автомобильного топлива засасывать его ртом.

При ремонте топливозаправочных колонок, насосов и другой заправочной аппаратуры из-под этилированного бензина без демонтажа необходимо максимально защитить работающих от вдыхания паров бензина (работать следует на открытом воздухе с наветренной стороны или в хорошо вентилируемом помещении). По окончании работы необходимо вымыть руки керосином, а затем теплой водой с мылом.

Разборку и ремонт двигателей или системы питания автомобилей, работающих на этилированном бензине, разрешается проводить только после нейтрализации отложений тетраэтилсвинца керосином или другими нейтрализующими жидкостями.

В конце работы необходимо обезвредить инструмент, оборудование и рабочее место тщательной очисткой и обтиркой ветошью, смоченной керосином.

Заправку автомобилей этилированным бензином следует производить из бензоколонок со шлангом, снабженным раздаточным пистолетом. Не допускается заправлять автомобили этилированным бензином при помощи ведер, леек и тому подобного, а также отпускать этилированный бензин в тару (канистры). Заправщик и водитель должны находиться при заправке с наветренной стороны автомобиля.

Линейки для замера остатка бензина в топливных баках должны храниться в емкости с керосином.

Места постоянной заправки оборудуют площадками из бензостойких материалов, имеющих ровную, удобную для очистки поверхность; на площадках должны быть устроены сборные колодцы с бензоуловителями и маслоуловителями и приемные колодцы с гидрозатворами.

Не допускается производить сброс загрязненных этилированным бензином сточных вод в фекальную канализацию. В промышленную канализацию эти воды допускается сбрасывать при условии их обезвреживания, способы которого должны быть согласованы с центрами гигиены и эпидемиологии.

При появлении во время движения запаха автомобильного топлива водитель должен немедленно остановить автомобиль, выявить причину появления запаха и устранить ее.

Работники, соприкасающиеся с этилированным бензином, должны быть обеспечены на время работы специальной одеждой и другими средствами индивидуальной защиты в соответствии с установленными нормами.

Не допускается приступать к работе без средств индивидуальной защиты.

На участках и в цехах, где ведутся работы с деталями, загрязненными этилированным бензином, должны устанавливаться бачки с керосином.

На рабочих местах, в цехах и участках (бензоколонки, карбюраторный участок, цех двигателей и тому подобное), где используется этилированный бензин, должны быть дополнительно вывешены инструкции по мерам личной безопасности при работе с этилированным бензином и предупредительные надписи.

Данные меры безопасности вызваны тем, что бензин токсичен и способен проникать в организм человека через органы дыхания, кожу и пищеварительный тракт. Его концентрация в воздухе не должна превышать 0,3 мг/л. Непродолжительное вдыхание воздуха, содержащего 5–10 мг/л бензина, приводит к легкому отравлению организма, характерными признаками которого являются головная боль, неприятные ощущения в горле, кашель, раздражение слизистой оболочки носа и глазах, неустойчивость походки, головокружение, возбуждение. Вдыхание воздуха с концентрацией паров бензина 35–40 мг/л опасно для здоровья человека уже в течение 5–10 мин. При более высоких концентрациях происходит тяжелое отравление с быстрой потерей сознания и судорогами. Попадание бензина внутрь организма человека может привести к заболеванию легких – пневмонии.

Признаки легкого отравления проходят через некоторое время после удаления пострадавшего из зоны поражения на чистый воздух (при появлении возбуждения дать валериановые капли). Тяжелое отравление, вызвавшее быструю потерю сознания, может закончиться смертью (если дыхание резко ослаблено или наступило обморочное состояние, то пострадавшему дают нюхать нашатырный спирт и вдыхать чистый кислород. В более тяжелых случаях, когда дыхание прекратилось, делают искусственное дыхание до полного его восстановления и направляют пострадавшего в больницу).

Попадание бензина на кожу вызывает ее обезжиривание, растрескивание и гнойные поражения. Длительный или частый контакт кожи с бензином может вызывать появление экземы и других кожных заболеваний.

Слабое отравление этилированным бензином сопровождается головными болями, потерей аппетита, быстрой утомляемостью, притуплением памяти, бессонницей. Тяжелые отравления протекают довольно бурно, а именно: пострадавший сильно возбуждается, появляются

зрительные и слуховые галлюцинации, которые могут закончиться параличом или смертью. Кроме того, опасно попадание этилированного бензина на одежду, так как сам бензин испарится, а этиловая жидкость остается на одежде и поражает человека через кожу.

Дизельное топливо токсичнее, чем бензин. Однако, обладая более низкой испаряемостью, оно оказывает на организм человека меньшее отравляющее действие. Наблюдается сильное раздражающее действие топлива на слизистую оболочку глаз в мелкораспыленном состоянии. Предельно допустимая концентрация дизельных топлив в воздухе 0,3 мг/л.

Длительный и систематический контакт кожи с дизельным топливом вызывает различные кожные заболевания, резкие боли и отеки. Особенно сильное раздражение вызывает сернистое дизельное топливо (поражение кожи может привести к омертвлению ткани).

5.2 Требования безопасности при эксплуатации газобаллонных автомобилей

Ежедневно при выпуске на линию и приемке с линии автомобиля должны подвергаться дополнительному осмотру с целью проверки герметичности и исправности газовой аппаратуры. Герметичность всех соединений, газопроводов, клапанов газового редуктора проверяется с помощью специальных приборов, на слух или мыльной эмульсией.

Обнаруженные неисправности газовой аппаратуры (негерметичность) устраняются только в цехах по ремонту и регулировке газовой аппаратуры или в специализированной мастерской.

Не допускается запускать двигатель и эксплуатировать автомобили с неисправной газовой аппаратурой и нарушенной герметичностью.

В случае неисправности газовой системы необходимо немедленно закрыть расходные вентили, выработать газ из системы, затем закрыть магистральный вентиль.

После ночной или длительной стоянки необходимо открыть капот и в течение некоторого времени держать его открытым, после чего проверить исправность газовой аппаратуры, трубопроводов и соединений и только затем можно включить зажигание, осветительные приборы и осуществлять пуск двигателя.

Не допускается запускать двигатель:

- при утечке газа из газовой аппаратуры и арматуры;
- при давлении газа в баллонах менее 0,5 МПа (5 кгс/см²) для СПГ.

При обнаружении утечки газа из арматуры баллона необходимо выпустить или слить газ из баллона. Выпуск сжатого газа или слив сжиженного газа в условиях организации должен производиться на специально оборудованных постах, которые должны располагаться на

расстоянии не менее 15 м от площадок для стоянки автомобилей; не менее 9 м от зданий и сооружений, а до подземных и топливных раздаточных колонок – не менее 6 м.

При обнаружении в пути утечки газа необходимо немедленно остановиться, остановить двигатель, закрыть все вентили и принять меры к устранению неисправности, если это возможно, или сообщить в организацию.

Не допускается работа двигателя на смеси двух топлив (бензина и газа).

После постановки автомобиля на ночную или длительную стоянку необходимо закрыть расходные вентили (для сжатого газа) или магистральный вентиль (для сжиженного газа), выработать весь газ из системы питания, после чего выключить зажигание и отключить "массу".

При остановке двигателя на короткое время (не более 10 минут) магистральный вентиль разрешается оставлять открытым.

Магистральный и расходный вентили следует открывать медленно во избежание гидравлического удара.

При выпуске СПГ или сливе СНГ не допускается:

- находиться на посту выпуска и слива посторонним лицам;
- курить и пользоваться открытым огнем;
- производить работы, не имеющие отношения к выпуску или сливу газа.

Не допускается:

- выпускать СПГ или сливать СНГ при работающем двигателе или включенном зажигании;
- оставлять в промежуточном положении расходные вентили, они должны быть полностью открыты или закрыты;
- применять дополнительные рычаги для закрытия или открытия расходных, магистральных и наполнительного вентилей;
- ударять по газовой арматуре, находящейся под давлением;
- останавливать газобаллонный автомобиль ближе 5 м от места работы с открытым огнем, а также пользоваться открытым огнем ближе 5 м от автомобиля;

- проверять герметичность соединений газопроводов, газовой аппаратуры и арматуры огнем;
- эксплуатировать автомобили со снятыми фильтрующими элементами.

Перед заправкой автомобиля газовым топливом необходимо остановить двигатель, выключить зажигание, закрыть магистральный вентиль; расходные вентили при этом должны быть открыты.

При заправке газовым топливом не допускается:

- стоять около газонаполнительного шланга и баллонов;
- подтягивать гайки соединений топливной системы и стучать металлическими предметами;
- работать без рукавиц;
- заправлять баллоны в случае обнаружения разгерметизации системы

питания;

- заправлять баллоны, срок освидетельствования которых истек.

После наполнения баллонов газом необходимо сначала закрыть вентиль на заправочной колонке, а затем – наполнительный вентиль на автомобиле.

Отсоединить газонаполнительный шланг можно только после того, как оба вентиля закрыты.

Если во время заправки газонаполнительный шланг случайно разгерметизируется, необходимо немедленно закрыть выходной вентиль на газонаполнительной колонке, а затем – наполнительный вентиль на автомобиле [14, 3].

Список литературы

- 1 Манусаджянц О. И., Смаль Ф. В. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебник для техникумов. – М.: Транспорт, 1989. – 271 с.
- 2 Чумаченко Ю. Т., Чумаченко Г. В., Герасименко А. И. Материаловедение для автомехаников. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 480 с.
- 3 Кириченко Н. Б. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: Издательский центр "Академия", 2003. – 208 с.
- 4 Трофименко И. Л., Коваленко Н. А., Лобах В. П. Автомобильные эксплуатационные материалы: Лабораторный практикум. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 96 с.
- 5 Мартынюк Н. П., Корпачан А. П. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: НПО Поиск, 1997. – 275 с.
- 6 Васильева Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.
- 7 Справочник по горюче-смазочным материалам / Под ред. Беляева В. А. – Нижний Новгород: Вента-2, 2000. – 360 с.
- 8 Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение / Под ред. Школьникова В. М. – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.
- 9 Химики – автолюбителям / Под ред. Малкина А. Я. – Л.: Химия, 1991. – 318 с.
- 10 Васильева Л. С. Краткий справочник по автомобильным эксплуатационным материалам. – М.: Транспорт, 1992. – 118 с.
- 11 Краткий автомобильный справочник / Поздиков А. Н., Власко Ю. М., Ляликов М. Б. и др. – М.: АО Трансконсалтинг, НИИАТ, 1994. – 779 с.
- 12 Автомобильный справочник. – М.: ЗАО КЖИ "За рулем", 2002. – 896 с.
- 13 Техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей: Учебное пособие / Под ред. Савича Е. Л. – Мн.: Выш. шк., 2001. – 479 с.
- 14 Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и Министерства труда и социальной защиты

Республики Беларусь об утверждении Правил охраны труда на автомобильном транспорте от 01. 03. 2002 г. №5/20.

15 Чулков П. В. Моторные топлива: ресурсы, качество, заменители: Справочник. – М.: Политехника, 1998. – 416 с.

МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ

Орган по сертификации нефтепродуктов, специальных

Наименование органа по сертификации продукции,

жидкостей и гидропневмоприводов при БГПА

его адрес и телефон

Аттестат аккредитации ВУ/11201.1.0.0027

220027, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65, корп. 8, комн. 505

тел. (017) 2312551

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

Зарегистрирован в Государственном реестре под № ВУ/11203.1.2 КБ 0880

"01" февраля 2001 г.

Действителен до "01" февраля 2004 г.

Настоящий сертификат удостоверяет, что идентифицированная должным образом продукция, изготовленная

ОАО "МОЗЫРСКИЙ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИЙ ЗАВОД"

предприятие (фирма), страна

и представленная на сертификацию под наименованием

Топливо дизельное зимнее с депрессорной присадкой ДЗп

наименование, тип, вид, марка

код ОКП

серийное производство

тип производства или размер партии

код ТН ВЭД

реквизиты технической и товарно-сопроводительной документации соответствует требованиям нормативных документов

ТУ 38.101889-00

нормативные документы и их пункты

Заявитель (изготовитель, продавец) ОАО "Мозырский нефтепера-

батывающий завод", 247760, г. Мозырь-11, Гомельская обл., Беларусь

наименование, адрес, учетный номер налогоплательщика (код УНН)

Продолжение приложения А

Сертификат выдан на основании:

а) документов

документ о гигиенической, ветеринарной регистрации и другие

документы в соответствии с действующими правилами соглашения

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Форма сертификата соответствия

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ

РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ – БелСТ

КОМИТЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ,

б) испытаний образцов _____ в аккредитованной ЦЗЛ ОАО МНПЗ...
наименование аккредитованной испытательной лаборатории и ее
Аттестат аккредитации № ВУ/112.02.2.0.0052 действителен до 19.09.2003 г.
регистрационный номер, № протокола испытаний и дата утверждения
Протокол испытаний № 1 от 09 января 2001 г

**Бензин автомобильный неэтилированный А-76
с повышенной температурой конца кипения
ТУ 38.401-58-176-96**

в) проверки производства _____ Акт проверки от 14.12.2000 г _____
сертификат системы качества,

сертификат (аттестат) производства, акт проверки

Заявитель (изготовитель, продавец) несет ответственность за соответствие реализуемой продукции требованиям нормативных документов, указанных в настоящем сертификате и технической документации, по которой были изготовлены испытанные образцы, а также доведение информации о наличии сертификата соответствия до потребителя.

Инспекционный контроль осуществляет _____ Орган по сертификации _____
нефтепродуктов, специальных жидкостей и гидродневмоприводов при

наименование организации, адрес
Белорусской государственной политехнической академии

Особые отметки _____ Срок хранения сертификата соответствия у заявителя
1 год после окончания срока действия

В случае невыполнения условий, лежащих в основе выдачи сертификата, он аннулируется.

Руководитель органа, выдавшего сертификат
М.П. _____
подпись _____ инициалы, фамилия _____
Зарегистрирован в Государственном реестре страны-импортера
"....." 20.....г. №.....

наименование органа по сертификации, адрес, телефон
М. П. _____
подпись _____ инициалы, фамилия _____

№ п/п	Наименование показателей	Значение для марки	Фактически
1	Детонационная стойкость:		
	октановое число, по моторному методу, не менее	76	76,5
2	октановое число, по исследовательскому методу, не менее	80	80,5
	Концентрация свинца, г на 1 дм ³ бензина, не более	0,013	Отсутствует
3	Фракционный состав:	Не нормируется	38
	температура начала перегонки, °С		62
	10 % перегоняется при температуре, °С, не выше	70	99
	50 % перегоняется при температуре, °С, не выше	115	161
	90 % перегоняется при температуре, °С, не выше	180	198
	конец кипения, °С, не выше	215	1,0
4	остаток в колбе, %, не более	1,5	3,0
	остаток и потери, %, не более	4,0	58,7
4	Давление насыщенных паров, кПа	35-79,9	
5	Содержание фактических смол, мг на 100 см ³ бензина, не более:		
	на месте производства	5,0	0,8
6	на месте потребления	10,0	
	Кислотность, мг КОН на 100 см ³ бензина, не более	3,0	Отсутствует
7	Индукционный период, мин, не менее	900	Более 900
8	Массовая доля серы, %, не более	0,10	0,0022
9	Испытание на медной пластине	Выдерживает	Выдерживает
10	Содержание водорастворимых кислот и щелочей		
11	Содержание механических примесей и воды	Отсутствует	Отсутствует
12	Плотность при 15 °С, кг/м ³	Не нормируется, определение обязательно	739,4
	Объемная доля бензола, %, не более	5	1,91

Начальник товарной лаборатории

Дежурный химик

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(справочное)

**Форма паспорта качества на бензин, выдаваемого
ОАО "Мозырский нефтеперерабатывающий завод"**

ПАСПОРТ № 162
от 7. 02. 2004 г.
Резервуар № 41 Взлив 888 см

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(справочное)

Форма паспорта качества на дизельное топливо

ПАСПОРТ № 123
от 27. 01. 2004 г.
Резервуар № 29 Взлив 1029 см
Топливо дизельное зимнее ДЗп-0,005

ТУ 38.101889-00 код ОКП 02 5132 2306

№ п/п	Наименование показателей	Значение для марки	Фактически
1	Цетановое число, не ниже	45	51,0
2	Фракционный состав: 50 % перегоняется при температуре, °С, не выше 96 % перегоняется при температуре, °С, не выше	280 360	268 354
3	Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с, в пределах	3,0 – 6,0	4,2446
4	Температура застывания, °С, не выше	Минус 25	Минус 26
5	Температура помутнения, °С, не выше	Минус 5	Минус 7
6	Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	Минус 15	Минус 25
7	Температура вспышки, определяемая в закрытом тигле, °С, не ниже	40	64
8	Массовая доля серы, %, не более: вида А I вида А вида I вида II вида III вида IV вида V	0,001 0,005 0,035 0,05 0,1 0,2 0,5	0,0012
9	Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01	Отсутствует
10	Содержание сероводорода	Отсутствует	Отсутствует
11	Испытание на медной пластине	Выдерживает	Выдерживает
12	Содержание водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствует	Отсутствует
13	Кислотность, мг КОН на 100 см ³ топлива, не более	5,0	1,24
14	Зольность, %, не более	0,01	0,0012
15	Коксуемость 10 %-ного остатка, %, не более	0,30	0,013
16	Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более	6,0	1,45
17	Коэффициент фильтруемости, не более	3,0	1,15
18	Содержание механических примесей и воды	Отсутствует	Отсутствует
19	Цвет, ед. ЦНТ, не более	2,0	0,5
20	Плотность при 15 °С, кг/м ³ , не более	863	833,4
21	Смазывающая способность, скорректированный диаметр пятна износа (WSD 1,4), не более	460	412

Начальник товарной лаборатории

Дежурный химик

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Перечень тем и вопросов по дисциплине

Нефть как сырье для производства топлив и масел. Задачи предмета “Конструкционные и эксплуатационные материалы”. Требования, предъявляемые к топливо-смазочным материалам. Химический состав нефти. Методы переработки нефти. Очистка топлив и масел.

Автомобильные бензины. Эксплуатационные требования, предъявляемые к качеству автомобильных бензинов. Испарение бензинов и влияние его на работу двигателя. Эксплуатационная оценка испаряемости бензина по фракционному составу. Характер работы карбюраторного двигателя (нормальная работа и работа с детонацией). Стабильность бензинов. Коррозионное воздействие бензинов на металлы. Ассортимент автомобильных бензинов.

Автомобильные дизельные топлива. Эксплуатационные требования к качеству дизельных топлив. Вязкость дизельных топлив. Помутнение и застывание дизельных топлив. Характер работы дизельных двигателей (мягкая и жесткая работа). Методы улучшения самовоспламеняемости дизельных топлив. Химическая стабильность дизельных топлив. Коррозионное воздействие дизельных топлив на металлы. Ассортимент дизельных топлив.

Альтернативные виды топлива. Сжиженный нефтяной газ. Сжатый природный газ. Синтетические спирты. Метилтретичнобутиловый эфир. Газовые конденсаты. Водород.

Методы определения (проверки) качества моторных топлив. Оценка топлива по внешнему виду, на присутствие непредельных углеводородов, кислот, щелочей, смолистых составляющих и загрязнителей. Определение плотности топлива.

Автомобильные смазочные масла. Общие понятия о трении и износе в двигателе. Назначение и классификация масел. Эксплуатационные требования, предъявляемые к моторным маслам. Вязкостно-температурные свойства моторных масел. Условия работы масел. Присадки к моторным маслам. Классификация моторных масел. Пути повышения эффективности использования моторных масел. Условия работы и требования, предъявляемые к трансмиссионным маслам. Ассортимент и применение трансмиссионных масел.

Пластичные смазки. Получение и структура пластичных смазок. Назначение и классификация пластичных смазок. Основные эксплуатационные свойства пластичных смазок. Ассортимент и применение автомобильных пластичных смазок.

Автомобильные технические жидкости. Жидкости для системы охлаждения. Жидкости для гидравлических систем (амортизаторные и тормозные). Пусковые жидкости. Промывочные и очистительные жидкости.

Резиновые материалы. Натуральные и синтетические каучуки. Вулканизирующие вещества. Ускорители и наполнители резины. Армирование резиновых изделий. Физико-механические свойства резины. Изменение свойств резины в зависимости от температуры и в результате старения.

Лакокрасочные материалы. Назначение и показатели, характеризующие качество лакокрасочных материалов. Состав и структура

лакокрасочных материалов и покрытий. Маркировка и классификация лакокрасочных материалов и покрытий.

Пластические массы, клеи, обивочные, уплотнительные и изоляционные материалы. Полимерные материалы. Синтетические клеи. Обивочные материалы. Уплотнительные материалы. Изоляционные материалы.

Учебное издание

*БОЙКАЧЕВ Михаил Анатольевич
ЧИЖОНОК Василий Денисович*

Эксплуатационные материалы

Часть 1

Моторные топлива

Пособие для студентов транспортных специальностей

Редактор Н. А. Д а ш к е в и ч
Технический редактор В. Н. К у ч е р о в а

Подписано в печать 11.05.2004 г. Формат бумаги 60x84 1/16.

Бумага газетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 3,95. Уч.-изд. л. 4,66. Тираж 250 экз.

Зак. № . Изд. № 4073

Редакционно-издательский отдел БелГУТа, 246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.
Лицензия ЛВ № 57 от 22.10.2002 г.

Типография БелГУТа, 246022, г. Гомель, ул. Кирова, 34.
Лицензия ЛП № 360 от 26.07.1999 г.