

Н. Б. КИРИЧЕНКО

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УЧЕБНИК

Рекомендовано

*Федеральным государственным автономным учреждением
«Федеральный институт развития образования»
в качестве учебника для использования в учебном процессе
образовательных учреждений, реализующих программы СПО*

*Регистрационный номер рецензии 824
от 26 декабря 2012 г. ФГАУ «ФИРО»*

9-е издание, стереотипное



Москва
Издательский центр «Академия»
2014

УДК 629.119(075.32)

ББК 39.33-08

К431

Рецензенты:

зам. директора по УПР Государственного образовательного учреждения
«Мытищинский машиностроительный техникум-предприятие» *В. А. Базлов*;
зав. кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта» Махачкалинского
филиала МАДИ, канд. техн. наук *М. А. Масыев*

Кириченко Н. Б.

К431 Автомобильные эксплуатационные материалы : учебник
для студ. учреждений сред. проф. образования / Н. Б. Кири-
ченко. — 9-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Акаде-
мия», 2014. — 208 с.

ISBN 978-5-4468-0819-9

Рассмотрены основные свойства, показатели качества и организация рационального применения автомобильных эксплуатационных материалов: бензинов; дизельных и газовых топлив; моторных, трансмиссионных и некоторых других масел; специальных жидкостей (охлаждающих, для амортизаторов и гидравлических приводов различных агрегатов), а также резиновых, лакокрасочных и других неметаллических материалов, необходимых для эксплуатации и ремонта автомобилей.

Для студентов учреждений среднего профессионального образования.

УДК 629.119(075.32)

ББК 39.33-08

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Кириченко Е. И. (наследница Кириченко Н. Б.), 2010

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2010

ISBN 978-5-4468-0819-9 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2010

ВВЕДЕНИЕ

Нефть и газ являются основным сырьем при производстве автомобильных эксплуатационных материалов.

Нефть — это минеральное жидкое маслянистое горючее вещество, на образование которого в природе требуется сотни миллионов лет.

В развитии отечественной нефтяной промышленности исключительно велика роль Дмитрия Ивановича Менделеева, придававшего особое значение науке о нефти как важному средству неуклонного движения научно-технического прогресса. «Без свечотча науки, — писал Д. И. Менделеев, — и с нефтью будут потемки».

Ученые нашей страны, продолжая дело своего великого предшественника, внесли огромный вклад в решение основных вопросов по добыче, переработке и использованию нефти и нефтепродуктов.

Особое значение для развития производства и применения смазочных масел имела созданная Н. П. Петровым гидродинамическая теория смазки, которая нашла свое продолжение в трудах Н. Е. Жуковского, С. А. Чаплыгина, Л. С. Лейбензона и многих других ученых. Эта теория и в настоящее время служит основой многих научных исследований и проектно-конструкторских работ.

Фундаментальные исследования академиков Н. Д. Зелинского, С. С. Наметкина, Н. Н. Семенова и их учеников позволили раскрыть особенности строения и указать колоссальные возможности использования углеводородов нефти и нефтепродуктов. «Не просто взять из нефти то, что в ней содержится, но преобразовать в нужном нам направлении природу углеводородов нефти», — таково характерное направление работ Н. Д. Зелинского, оказавших огромное влияние на развитие науки о нефти и методах ее переработки.

Эффективное использование нефтепродуктов невозможно без ясного представления о процессах изменения и окисления их углеводородов, без арсенала методов и приборов для проведения обширного комплекса исследований. В этом направлении важное значение имеют работы Н. И. Черножукова, С. Э. Крейна, Б. В. Лосикова, Г. В. Виноградова, К. К. Папок, К. С. Рамайя и др.

Хотя надежных способов определения запасов ископаемых видов топлива (нефти, газа и угля) в мире до сих пор нет, по оценкам некоторых ученых постоянный рост их потребления исчерпает разведанные ресурсы в первые десятилетия текущего столетия.

В 60-х годах XX века в Западной Сибири (на севере Тюменской области) и на севере европейской части России были открыты большие залежи нефти и природного газа.

Мировая добыча нефти в 1990 г. составила 3100 млн т, а добыча нефти в России — около 300 млн т (при запасах 20 млрд т).

В 2000 г. суточный прирост добычи нефти в России составил 30 тыс. баррелей, и в первую очередь за счет объединения «Сургутнефтегаз». Второе и третье место по приросту добычи нефти занимали в это время соответственно «Тюменская нефтяная компания» и «Славнефть».

В настоящее время в бурении новых скважин лидерами являются компании «Сургутнефтегаз», «Лукойл», «Сиданко», «Тюменская нефтяная компания», «Роснефть» и «Онако». Например, по итогам работы за 2000 г. объем добычи нефти компании «Онако» составил 6,8 млн т, а компании «Архангельскгеодобыча» — 172 тыс. т. Была также начата разработка 36 новых месторождений.

Добыча газа в России в настоящее время производится в объеме 530 млрд м³ в год. Например, компания «Севергазпром» в 2001 г. произвела 215 тыс. т газоконденсата и 120 тыс. т сжиженного газа.

За последние 30 лет за рубежом создана и успешно функционирует целая индустрия производства сжиженного природного газа (СПГ), обеспечивающая получение до 100 млрд м³ продукта в год.

Производство СПГ определяется ростом значения использования природного газа (ПГ) в мировой энергетике, обусловленного его низкой ценой и экологическими показателями. В настоящее время в России практически отсутствует промышленное производство СПГ, хотя работы в данном направлении ведутся более 30 лет.

Автомобильный транспорт является основным потребителем (свыше 65 %) наиболее дефицитных и ценных светлых нефтепродуктов, получаемых на нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ), а двигатели внутреннего сгорания (ДВС) — бензиновые карбюраторные и дизельные остаются наиболее массовыми силовыми установками автомобилей.

В нашей стране автомобили с дизельными двигателями составляют всего 15 % от общей численности парка, а, например, во Франции дизельные двигатели имеют 30 % автомобилей грузоподъемностью 4... 12 т и 98 % автомобилей с грузоподъемностью свыше 12 т.

Экономное расходование энергетических ресурсов — одна из важнейших задач народного хозяйства.

Проблема экономии горючесмазочных материалов (ГСМ) на автомобильном транспорте, потребляющем значительную часть производимого в стране жидкого топлива, является наиболее острой. Поэтому, наряду с увеличением выпуска дизельных автомобилей, проведением работ по совершенствованию технического уровня выпускаемых бензиновых двигателей и созданию новых более

экономичных двигателей, важнейшими задачами становятся замена дефицитных видов топлива на более дешевые, перевод автомобилей на газовое топливо, повышение качества ГСМ и их экономия за счет рационального применения в процессе эксплуатации автомобилей.

Потребность в научной обоснованности применения ГСМ привела к появлению новой прикладной отрасли науки, получившей название «химмотология», впервые предложенное в 1964 г. К. К. Папок.

Химмотология — это направление науки и техники, занимающееся изучением эксплуатационных свойств и качеств топлив, масел, смазок и специальных жидкостей, а также теорией и практикой их рационального применения в технике.

Одним из ведущих ученых, развивающих эту молодую науку в настоящее время, является профессор А. А. Гуреев.

Химмотологию сегодня рассматривают как составную часть единой взаимосвязанной четырехзвенной системы: *конструирование и изготовление техники — разработка и производство ГСМ — эксплуатация техники — химмотология*. С учетом условий применения ГСМ на автомобильном транспорте эта система имеет вид: *двигатель — топливо — смазочные материалы — эксплуатация* (рис. В.1).

Важнейшими задачами на современном этапе развития химмотологии являются следующие: обоснование оптимальных требований к качеству ГСМ; усовершенствование технических характери-

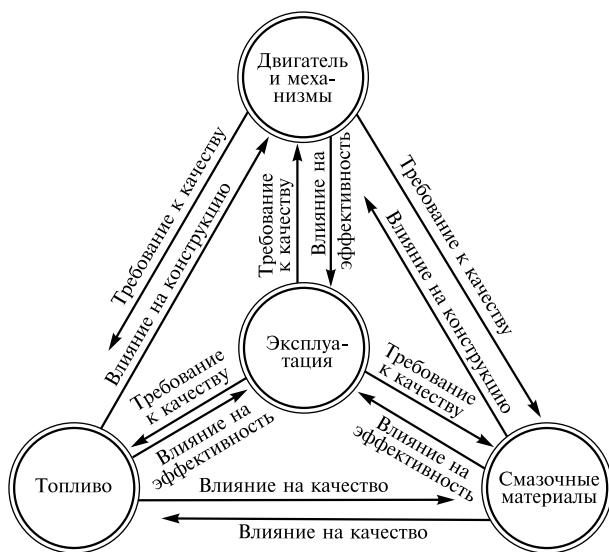


Рис. В.1. Схема единой четырехзвенной системы *двигатель — топливо — смазочные материалы — эксплуатация*

стик двигателей и машин, повышающих надежность, долговечность и экономичность их работы при условии использования ГСМ, удовлетворяющих установленным оптимальным требованиям; создание новых сортов ГСМ и разработка основ их унификации; выявление оптимальных условий, обеспечивающих снижение потерь и сохранение качества ГСМ при хранении, транспортировании, заправке и применении.

Эффективность и надежность эксплуатации различных автомобилей зависит не только от их конструктивных и технологических особенностей, но и в значительной степени от того, насколько удачно подобраны к ним топливо, смазочные материалы и технические жидкости.

ТОПЛИВОСМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ГЛАВА 1

НЕФТЬ КАК СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОПЛИВА И МАСЕЛ

1.1. Химический состав нефти

Нефть в качестве сырья для производства различных видов топлива и масел обладает рядом неоспоримых преимуществ, прежде всего высокой калорийностью, относительной простотой способов ее добычи, транспортирования и переработки.

Нефть и нефтепродукты в основном состоят из углерода — 83...87 %, водорода — 12...14 % и серы — 3...4 %, остальное — азот и кислород, т.е. основу сложной по химическому составу и структуре жидкости составляют углеводороды: парафиновые, нафтеновые и ароматические.

В обычных условиях углеводороды, содержащие от одного до четырех атомов углерода, являются газами.

В состав бензина и дизельного топлива входят жидкие углеводороды, имеющие от 5 до 15 атомов углерода.

Парафиновые углеводороды (алканы) имеют общую эмпирическую формулу C_nH_{2n+2} . Если они содержат от одного до четырех атомов углерода — это газы (метан, этан, пропан, бутан, изобутан), обладающие высокой детонационной стойкостью, т.е. их октановое число (ОЧ), определенное по моторному методу, составляет 100 и выше. При наличии в парафиновых углеводородах от 5 до 15 атомов углерода — это жидкие вещества, а при содержании свыше 15 атомов углерода (C_{16} — гексадекан) — твердые.

Топлива и смазочные материалы, содержащие большое количество алкановых углеводородов, отличаются высокой стабильностью. В высококачественных автомобильных бензинах желательно присутствие изопарафинов, которые устойчивы к действию кислорода при высоких температурах. Наличие же нормальных парафинов, легко окисляющихся при повышенных температурах, снижает детонационную стойкость бензинов, но в то же время, уменьшая время с момента подачи топлива в двигатель до его воспламенения, способствует более плавному нарастанию давления и, сле-

довательно, улучшению работы двигателя. Поэтому содержание нормальных парафинов предпочтительно в более тяжелых дизельных топливах, хотя в зимних сортах их количество тоже ограничивают.

Смазочные материалы, содержащие парафиновые углеводороды, имеют высокие температуры застывания, поэтому их применение в холодное время также затруднено.

Нафтеновые углеводороды (цикланы) — циклические насыщенные углеводороды с общей формулой C_nH_{2n} в нефти содержатся в виде циклопентана C_5H_{10} и циклогексана C_6H_{12} .

Циклическое строение предопределяет высокую химическую прочность углеводородов этого ряда. Нафтеновые углеводороды выделяют меньше теплоты при сгорании по сравнению с парафиновыми углеводородами и имеют высокую детонационную стойкость, т.е. являются желательными компонентами в топливах для карбюраторных двигателей и зимних сортах дизельных топлив.

Наличие нафтенных углеводородов в смазочных материалах определяет увеличение их вязкости и улучшение маслянистости.

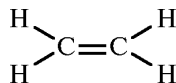
Ароматические углеводороды (арены) с общей формулой C_nH_{2n-6} содержатся в нефти в виде бензола C_6H_6 и его гомологов. Вследствие своей высокой термической устойчивости ароматические углеводороды являются желательными составляющими в топливах для карбюраторных двигателей, которые должны иметь самые высокие октановые числа.

Из-за высокой нагарообразующей способности допустимое содержание аренов в бензинах составляет 40...45%. В дизельных топливах вследствие термической стабильности аренов их присутствие является нежелательным.

Непредельные углеводороды (олефины) не содержатся в нефти, они образуются в процессе ее переработки. Непредельные соединения являются важнейшим сырьем при получении топлива методом нефтехимического и основного органического синтеза.

Общая формула олефиновых углеводородов C_nH_{2n} .

Например, этилен C_2H_4 имеет следующую структуру:



В условиях эксплуатации низкая химическая стойкость олефинов, содержащихся в нефтепродуктах, играет отрицательную роль, понижая их стабильность. Так, бензины термического крекинга из-за окисления их олефиновой части осмоляются при хранении, загрязняют жиклеры карбюраторов и впускной трубопровод, т.е. наличие олефинов нежелательно в любых нефтепродуктах.

Сернистые соединения. Нефть многих месторождений является сернистой или высокосернистой. Переработка такой нефти требует дополнительных затрат, так как при увеличении содержания серы в бензине с 0,033 до 0,15 % мощность двигателя снижается на 10,5 %, расход топлива увеличивается на 12 %, а число капитальных ремонтов возрастает в два раза. Кроме того, использование сернистых топлив наносит большой вред окружающей среде. Сернистые соединения подразделяются на активные и неактивные. К активным относятся соединения, способные вызвать коррозию металлов при нормальных условиях. Это сероводород H_2S , меркаптаны $R-SH$ (где R — углеводородный радикал) и элементарная сера S . Находясь в растворенном или взвешенном состоянии, эти соединения способны вызвать сильную коррозию металлов при любых температурных условиях.

В соответствии со стандартами присутствие активных сернистых соединений в нефтепродуктах не допускается.

Неактивные сернистые соединения при нормальных условиях не вызывают коррозии металлов, но при полном сгорании топлива в двигателе образуют сернистый и серный ангидриды, дающие в соединении с водой сернистую и серную кислоты.

В малосернистой нефти содержание сернистых соединений колеблется от 0,1 до 0,5 %, а в сернистой достигает 4 %.

Кислородные соединения в нефти представлены кислотами, фенолами, эфирами и другими компонентами. Основная их часть сосредоточена во фракциях нефти, кипящих при высокой температуре (высококипящих), т.е. начиная с керосиновой.

Простейшие кислородные соединения — это органические кислоты с общей формулой $R-COOH$, где R — углеводородный радикал. В незначительном количестве они присутствуют в топливах и маслах в виде высококипящих (с температурой кипения выше $200^\circ C$) маслянистых жидкостей, вызывающих сильную коррозию некоторых цветных металлов (свинца, цинка и др.), поэтому их количество в топливах и маслах строго ограничено ГОСТами.

Смолисто-асфальтовые соединения — это сложные смеси высокомолекулярных соединений, состоящие из азота, серы, кислорода и некоторых металлов. Содержание этих веществ в нефти может составлять от десятых долей до десятков процентов.

Например, нейтральные смолы, содержащиеся в нефти и имеющие цвет от коричневого до черного, обладают интенсивной красящей способностью, чем и обусловлена соответственно окраска получаемых товарных топлив и масел. Это очень неустойчивые, легко изменяющиеся и плохо испаряющиеся вещества, которые отрицательно влияют на свойства топлив и масел.

Азотистые соединения имеются в нефти в крайне малых количествах и поэтому не оказывают заметного влияния на свойства топлив и смазочных материалов.

1.2. Методы переработки нефти

Основным способом переработки нефти является ее прямая перегонка.

Перегонка — дистилляция (стекание каплями) — разделение нефти на отличающиеся по составу фракции, основанное на различии в температурах кипения ее компонентов.

Фракция — химическая составная часть нефти с одинаковыми химическими или физическими свойствами (температурой кипения, плотностью, размерами), выделяемая при перегонке.

Прямая перегонка — это физический способ переработки нефти с помощью атмосферно-вакуумной установки (рис. 1.1), принцип работы которой заключается в следующем.

В результате нагрева нефти в специальной трубчатой печи 1 до 330...350 °С образуется смесь паров нефти и неиспарившегося жидкого остатка, поступающая в ректификационную колонну 3 с теплообменниками 2.

В ректификационной колонне (рис. 1.2) происходит разделение нефтяных паров на фракции, составляющие различные нефтепродукты. При этом температура кипения смежных групп получаемых фракций может отличаться всего лишь на 5...8 °С.

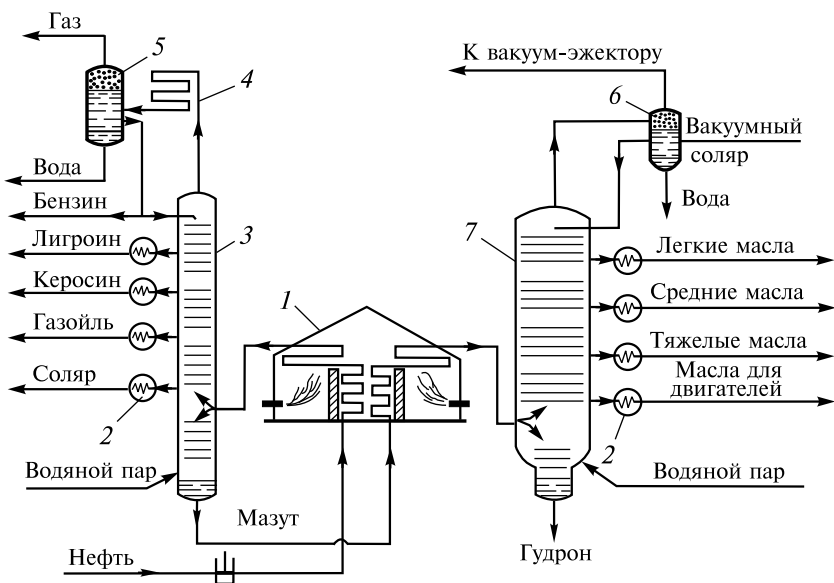


Рис. 1.1. Принципиальная схема атмосферно-вакуумной установки для прямой перегонки нефти:

1 — трубчатая печь; 2 — теплообменники; 3 — ректификационная колонна; 4 — конденсатор; 5 — сепаратор; 6 — сборник соляря; 7 — вакуумная колонна

Тяжелые фракции нефти, поступая в колонну в жидкой фазе, уже в нижней ее части отделяются от паров и отводятся из нее в виде мазута.

В зависимости от химического состава нефти используют две схемы получения топлива (рис. 1.3). В первом случае в интервале температур кипения от 40 до 150 °С отбирают авиационные бензины и в интервале от 150 до 300 °С — керосин, из которого изготавливают реактивные топлива. Во втором случае в интервале температур кипения от 40 до 200 °С отбирают автомобильные бензины и в интервале от 200 до 350 °С — дизельные топлива.

Мазут, остающийся после отгона топливных фракций (60... 80 % от исходной массы нефти), используют для получения масел и крекинг-бензинов.

Углеводороды с температурой кипения ниже 40 °С (попутные газы) используют в качестве добавок к некоторым бензинам и в качестве сырья для получения ряда синтетических продуктов, а также как топливо для газобалонных автомобилей.

Продуктами прямой перегонки нефти (см. рис. 1.1) являются следующие дистилляты: бензин (40... 200 °С); лигроин (110... 230 °С); керосин (140... 300 °С); газойль (230... 330 °С) и соляр (280... 350 °С).

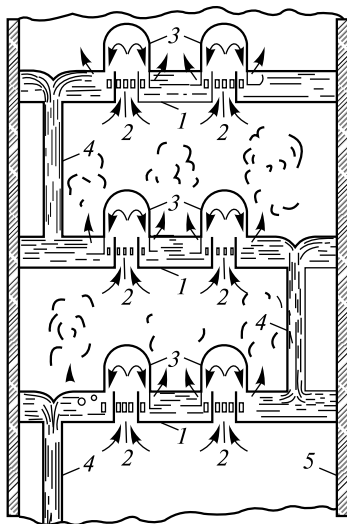


Рис. 1.2. Схема колпачковой ректификационной колонны:

1 — металлические тарелки; 2 — отверстия для прохождения паров; 3 — колпачки; 4 — сливные трубки; 5 — цилиндрический корпус

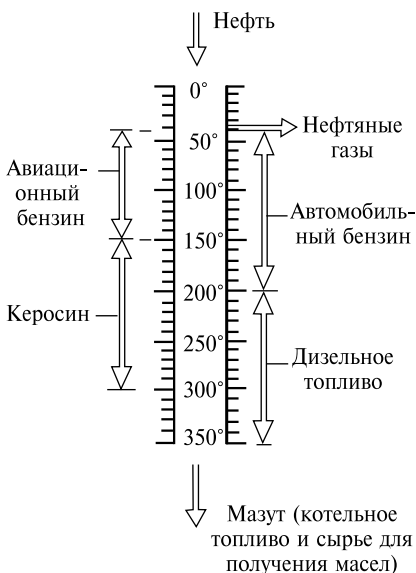


Рис. 1.3. Принципиальные схемы получения важнейших видов топлива для двигателей при перегонке нефти

Средний выход бензиновых фракций, зависящий от свойств добываемой нефти, колеблется от 15 до 25 %. На долю остальных топлив приходится 20... 30 %.

Лигроин, имеющий несколько большую плотность, чем бензин (тяжелый бензин), используется как дизельное топливо и в качестве сырья для получения высокооктановых бензинов.

Газойль, являющийся промежуточным продуктом между керосином и смазочными маслами, используется как топливо для дизелей, а также является сырьем для каталитического крекинга.

Продукты, получаемые способом прямой перегонки, обладают высокой химической стабильностью, так как в них отсутствуют непредельные углеводороды.

Использование для переработки нефти крекинг-процессов позволяет увеличить выход бензиновых фракций.

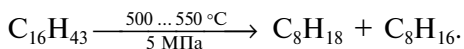
Крекинг — процесс переработки нефти и ее фракций, основанный на разложении (расщеплении) молекул сложных углеводородов в условиях высоких температур и давлений.

Впервые крекинг был предложен русским ученым А.А.Летним в 1875 г., а разработан — В.Г.Шуховым в 1891 г., но первая промышленная установка была построена в США.

Существуют следующие виды крекинга: термический, каталитический, а также гидрокрекинг и каталитический риформинг.

Термический крекинг используют для получения бензина из мазута, керосина и дизельного топлива.

Например, при нагревании до 500... 550 °С под давлением 5 МПа углеводород цетан, входящий в состав керосина и дизельного топлива, разлагается соответственно на нормальный октан и нормальный октен, которые являются составляющими бензина:



Бензин, получаемый посредством термического крекинга, имеет недостаточно высокое октановое число (66... 74) и большое содержание непредельных углеводородов (30... 40 %), т. е. он обладает плохой химической стабильностью, и его используют в основном только в качестве компонента при получении товарных бензинов.

Новые установки для термического крекинга в настоящее время уже не строят, так как получаемые с их помощью бензины при хранении окисляются с образованием смол и в них необходимо вводить специальные присадки (ингибиторы), резко снижающие темп осмоления.

Каталитический крекинг — это процесс получения бензина, основанный на расщеплении углеводородов и изменении их структуры под действием высокой температуры и катализатора.

Каталитический крекинг на заводской установке был впервые осуществлен в России в 1919 г. Н.Д.Зелинским.

В качестве сырья при каталитическом крекинге (рис. 1.4) используют газойлевую и соляровую фракции, получаемые при прямой перегонке нефти, которые нагревают до температуры 450...525 °С под давлением 0,15 МПа в присутствии алюмосиликатного катализатора, который ускоряет процесс расщепления молекул сырья и изомеризует продукты распада, превращая их в изопарафиновые и ароматические углеводороды. При этом количество олефинов снижается до 9...10 %, а октановые числа получаемых бензинов, измеренные по моторному методу, равны 78...85.

Продукты каталитического крекинга являются обязательными компонентами при производстве бензинов марок А-72 и А-76.

Гидрокрекинг — процесс переработки нефтепродуктов, сочетающий в себе крекирование и гидрирование сырья (газойлей, нефтяных остатков и др.). Такой процесс проводится под давлением водорода 15...20 МПа при температуре 370...450 °С в присутствии алюмокобальтомолибденового или алюмоникельмолибденового катализаторов.

Октановые числа бензиновых фракций, получаемых в результате гидрокрекинга, — 85...88 (по исследовательскому методу измерения). Гидрокрекинг повышает также выход светлых нефтепродуктов — бензина, дизельного и реактивного топлива.

В качестве сырья для *каталитического риформинга* обычно используют бензиновые фракции первичной перегонки нефти, выкипающие уже при 85...180 °С.

Риформинг проводят в среде водородосодержащего газа (70...90 % водорода) при температуре 480...540 °С и давлении 2...4 МПа в присутствии молибденового или платинового катализатора.

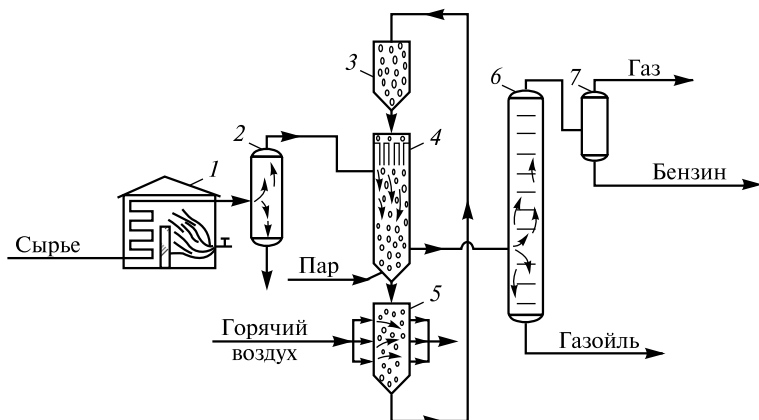


Рис. 1.4. Принципиальная схема каталитического крекинга:

1 — печь для нагрева сырья; 2 — испаритель; 3 — бункер с катализатором; 4 — реактор; 5 — регенератор; 6 — ректификационная колонна; 7 — газосепаратор

Риформинг при использовании молибденового катализатора называется *гидроформинг*, а при использовании платинового катализатора — *платформинг*. Последний, являющийся более простым и безопасным процессом, в настоящее время применяется значительно чаще.

Каталитический риформинг используют для получения высокооктанового компонента автомобильных бензинов (85 по моторному методу измерения и 95 — по исследовательскому).

Получение смазочных масел. Под влиянием идей Д. И. Менделеева нефтепромышленник В. И. Рогозин в 1876 г. построил около Нижнего Новгорода первый в мире завод по производству масел из мазута.

По способу производства различают дистиллятные и остаточные масла.

При получении *дистиллятных масел* мазут нагревают до 420...430 °С (см. рис. 1.1), создавая в вакуумной колонне разрежение в 50 мм рт. ст.

Выход дистиллятных масел из мазута составляет около 50 %, остальное — гудрон.

Остаточные масла — это очищенные гудроны. Для их получения мазут или полугудрон смешивают с сжиженным пропаном (6...8 частей пропана на одну часть мазута) при температуре 40...60 °С. Таким образом получают авиационные масла МК-22, МС-20 и трансмиссионное масло МТ-16. МК-22 рекомендовано и для смазки агрегатов некоторых автомобилей, например грузовых автомобилей Минского автозавода.

В смазочных маслах, получаемых из мазута, кроме углеводородов обязательно содержатся нефтяные кислоты, сернистые соединения и смолисто-асфальтовые вещества, поэтому их, как и топлива, необходимо очищать.

1.3. Очистка топлив и масел

Методы очистки топлив

1. Для снижения концентрации кислых продуктов (органических кислот, сероводорода) дистиллят обрабатывают раствором щелочи, а затем промывают чистой водой.

2. Для удаления смол дистиллят очищают серной кислотой, а затем последовательно промывают щелочными растворами и чистой водой.

3. Дистиллят с большим содержанием сернистых соединений подвергают гидрогенизации в присутствии катализатора (гидроочистке), в результате чего содержание серы в топливе снижается в 10...20 раз.

4. При изготовлении зимних сортов дизельных топлив из них удаляют парафиновые углеводороды, имеющие высокие температуры плавления. Процесс депарафинизации заключается в смешивании топлива с карбамидом, образующим кристаллические комплексы с парафинами нормального строения, и последующей его фильтрации. Очищенное таким образом топливо сохраняет текучесть до -60°C .

Методы очистки масел

1. С 70-х годов XIX века для очистки масел применяют концентрированную серную кислоту, которая растворяет смолы и некоторые сернистые соединения, и щелочь.

2. Очень широко для очистки масел используют отбеливающие глины, на поверхности которых адсорбируются смолы, серная и органические кислоты и другие вещества. Зачастую контактная очистка с помощью глины заменяет обработку кислого масла щелочью.

3. Селективным методом очистки с помощью фенола и фурфурола получают масло с высокой химической стабильностью, т.е. масло-рафинат, и экстракт-смолку, которую используют как присадку к трансмиссионным маслам.

Контрольные вопросы

1. Наличие каких групп углеводородов, составляющих основу нефти, желательно в автомобильных бензинах и дизельных топливах?

2. Каковы достоинства и недостатки прямой перегонки нефти?

3. Применение каких крекинг-процессов наиболее эффективно для получения высокооктановых автомобильных бензинов?

4. Какие методы очистки применяются для снижения содержания в топливах и маслах кислородных, сернистых соединений и асфальто-смолистых веществ?

ГЛАВА 2

АВТОМОБИЛЬНЫЕ БЕНЗИНЫ

2.1. Требования к качеству автомобильных бензинов

Автомобильные бензины (ГОСТ 2084—77) — топлива для карбюраторных двигателей должны отвечать следующим требованиям: бесперебойно поступать в систему питания двигателя;

обеспечивать образование топливовоздушной смеси требуемого состава;

обеспечивать нормальное и полное сгорание образуемой топливовоздушной смеси в двигателе (без возникновения детонации);

не вызывать коррозии и коррозионных износов деталей двигателя;

образовывать минимальное количество отложений во впускном трубопроводе, камерах сгорания и других частях двигателя;

сохранять свои свойства при хранении, перекачке и транспортировке.

Основными показателями качества бензинов являются детонационная стойкость, фракционный состав, давление насыщенных паров и химическая стабильность.

Рассмотрим систему питания карбюраторного двигателя, обеспечивающую образование топливовоздушной смеси определенного состава, схема которой представлена на рис. 2.1.

Топливо заливается в бак 1 через горловину с сетчатым фильтром. Диафрагменный насос 3 подает топливо в фильтр-отстойник 2, где оно очищается от механических примесей и воды, а затем в поплавковую камеру карбюратора 4.

Карбюратор предназначен для приготовления горючей смеси определенного состава, соответствующего режиму работы двигателя. В такте всасывания топлива в смесительной камере 7 карбюратора создается разрежение и туда поступает воздух, предварительно прошедший очистку в воздухоочистителе 6. Поток поступившего воздуха и захваченное им из жиклера 5 топливо перемешиваются во впускном трубопроводе 8, образуя горючую смесь, которая через открывшийся в определенный момент впускной клапан 9 поступает в камеру сгорания 11. Здесь горючая смесь смешивается с небольшими остатками продуктов сгорания, в результате чего образуется рабочая смесь.

В такте сжатия давление и температура рабочей смеси в камере сгорания возрастают, и после воспламенения ее искрой свечи зажигания 10 начинается такт рабочего хода поршня цилиндра, т.е. происходит преобразование тепловой энергии в механическую.

В последнем такте работы двигателя отработавшие газы из камеры сгорания выбрасываются в атмосферу через открывшийся выпускной клапан 12, выпускной трубопровод 14 и выхлопную трубу с глушителем и искрогасителем 15.

В карбюраторных двигателях процесс дозировки топлива, производимый калиброванными отверстиями жиклеров, и его уровень в поплавковой камере зависят от плотности и вязкости бензина.

Плотность бензина определяется его химическим составом, молекулярной массой и температурой, и хотя она для автомобильных бензинов не нормируется, ее необходимо точно знать при расчете дозирующих систем приборов питания и пересчете объем-

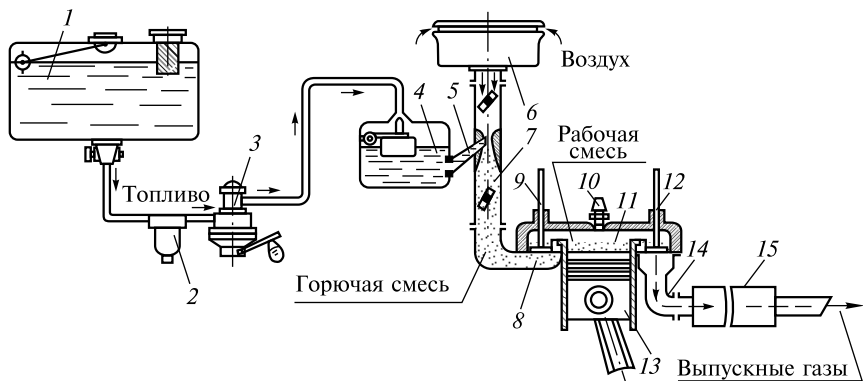


Рис. 2.1. Схема питания карбюраторного двигателя:

1 — топливный бак; 2 — фильтр-отстойник; 3 — диафрагменный насос; 4 — поплавковая камера карбюратора; 5 — жиклер; 6 — воздухоочиститель; 7 — смесительная камера карбюратора; 8 — впускной трубопровод; 9 — впускной клапан; 10 — свеча зажигания; 11 — камера сгорания; 12 — выпускной клапан; 13 — рабочий цилиндр; 14 — выпускной трубопровод; 15 — выхлопная труба с глушителем и искрогасителем

ных единиц в массовые, и наоборот, для определения расхода топлива.

Плотность — это отношение массы вещества к его объему.

В СИ единицей плотности является $\text{кг}/\text{м}^3$, однако на практике до сих пор применяют и другие единицы — $\text{г}/\text{см}^3$, $\text{кг}/\text{л}$.

Плотность топлива определяется с помощью ареометра, гидростатических весов и пикнометра. Из-за своей простоты способ определения плотности ареометром применяется значительно чаще, несмотря на то, что он менее точный по сравнению с другими. Сущность этого метода заключается в снятии показания со шкалы ареометра, погруженного в топливо, и пересчете полученного результата на плотность продукта при стандартной температуре 20°C по формуле

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

где ρ_t — плотность испытуемого продукта при температуре испытания, $\text{кг}/\text{м}^3$; t — температура испытания, $^\circ\text{C}$; γ — температурная поправка плотности, определяемая по справочной таблице.

С повышением температуры плотность топлива снижается.

Вязкость (внутреннее трение) — свойство жидкостей и газов оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой.

Различают динамическую и кинематическую вязкость. В СИ за единицу динамической вязкости η принята вязкость такой жидкости, которая оказывает сопротивление силой в 1 Н взаимному сдвигу

двух слоев жидкости площадью 1 м^2 , находящихся на расстоянии 1 м один от другого и перемещающихся с относительной скоростью 1 м/с .

Динамическая вязкость определяется с помощью капиллярного или ротационного вискозиметров и выражается в $\text{Па} \cdot \text{с}$.

При использовании капиллярного вискозиметра измеряют время истечения жидкости через его капилляр под действием определенного давления (не ниже $13,3 \text{ кПа}$) и рассчитывают динамическую вязкость по формуле $\eta_t = C\tau p$, где C — постоянная вискозиметра; τ — длительность истечения топлива через капилляр, с; p — среднее арифметическое значение давления, определяемое по манометру, Па .

Кинематическая вязкость — это отношение динамической вязкости к плотности жидкости, определенной при той же температуре, при которой определялась вязкость, т.е. $\gamma_t = \eta_t/\rho_t$.

За единицу кинематической вязкости в СИ принят квадратный метр в секунду ($\text{м}^2/\text{с}$).

Плотность автомобильных бензинов при температуре 20°C составляет от $0,700$ до $0,755 \text{ г/см}^3$, и с понижением температуры на каждые 10°C она возрастает только на 1% .

Вязкость автомобильных бензинов при 20°C колеблется в пределах от $0,5$ до $0,7 \text{ мм}^2/\text{с}$, а с понижением температуры она повышается примерно в 10 раз быстрее, чем плотность.

При подаче бензина в зону диффузора происходит его распыливание, и чем мельче будут образованные при этом капли, тем быстрее и полнее будет испаряться поступающее из распылителя топливо. На процесс распыливания кроме вязкости топлива оказывает большое влияние его *поверхностное натяжение*, которое определяется работой, необходимой для образования 1 м^2 поверхности жидкости (т.е. для перемещения молекул жидкости из ее объема в поверхностный слой площадью в 1 м^2), и выражается в Н/м . Поверхностное натяжение всех автомобильных бензинов одинаково и при 20°C составляет $20 \dots 24 \text{ мН/м}$, что в $3,5$ раза меньше, чем у воды.

2.2. Теплота сгорания топлив

Теплота сгорания является одной из важнейших характеристик топлива, служащих для оценки его энергетических возможностей и экономической эффективности.

Теплота сгорания — это физическая величина, показывающая, какое количество теплоты выделяется при полном сгорании 1 кг топлива в кислороде. Она определяет энергию, которую сообщает топливо двигателю, и выражается в джоулях или калориях ($1 \text{ ккал} = 4,1868 \text{ кДж}$).

Различают высшую теплоту сгорания Q_v — с учетом теплоты конденсации паров воды — и низшую теплоту сгорания Q_n — без учета теплоты конденсации паров воды.

В автомобильных двигателях продукты сгорания отводят из цилиндров при температурах, значительно более высоких, чем температура конденсации паров воды. Поэтому рабочей теплотой сгорания бензинов и других жидких топлив считают Q_n .

Количество теплоты, выделяемое при сгорании топлива, зависит от химического состава, а следовательно, от содержания в нем углерода и водорода.

Наибольшая массовая теплота сгорания водорода составляет 121 100 кДж/кг, а углерода — 34 100 кДж/кг, поэтому парафиновые углеводороды с большим содержанием водорода имеют большую массовую теплоту сгорания по сравнению с ароматическими, содержащими меньше водорода.

Объемная же теплота сгорания меньше у парафиновых углеводородов и больше у нафтеновых и ароматических, так как у них выше плотность.

Теплоту сгорания нефтепродуктов, кДж/кг, с достаточной степенью точности можно определить по формуле

$$Q_n = 4,187(K - 2015\rho_4^{20}),$$

где K — коэффициент, зависящий от плотности нефтепродукта при 20 °С и определяемый по справочной таблице; ρ_4^{20} — относительная плотность нефтепродукта при 20 °С.

Теплота сгорания автомобильных бензинов различных марок, вырабатываемых из нефти, практически одинаковая, т.е. составляет 43,5...44,5 МДж/кг.

2.3. Испаряемость автомобильных бензинов и их фракционный состав

Важнейшие эксплуатационные свойства топлив связаны с их фракционным составом. Так, от фракционного состава бензина зависит запуск двигателя и время, затрачиваемое на его прогрев; перебои в работе двигателя, вызываемые образованием паровых пробок или обледенением карбюратора; приемистость двигателя; расход топлива и масла; мощность двигателя; образование углеродистых отложений, а также в определенной степени износ трущихся деталей.

Фракционный состав оказывает большое влияние и на полноту сгорания бензина: с увеличением в нем высококипящих фракций полнота сгорания заметно снижается.

При пуске холодного двигателя испаряемость бензина ухудшается из-за низкой температуры и плохого распыливания его при

малых скоростях воздуха в диффузоре, поэтому в цилиндры при температуре 0°C попадает в испарившемся виде лишь около 10 % бензина; при более высокой температуре его количество несколько возрастает, а при минусовой температуре — резко падает.

При высокой температуре перегонки 10 % бензина затрудняется пуск холодного двигателя вследствие того, что рабочая смесь в этом случае будет слишком обедненной, так как основное количество бензина попадает в цилиндры в жидком виде. Кроме того, бензин в жидком виде разжижает масло, смывает его со стенок цилиндров и вызывает повышенный износ деталей двигателя.

Однако если бензин имеет слишком низкие температуры начала перегонки и перегонки 10 %, то при горячем двигателе в жаркое время года в системе питания могут испаряться наиболее низкокипящие углеводороды, образуя пары, объем которых в 150...200 раз больше объема бензина. При этом горячая смесь обедняется, что вызывает перебои в работе или остановку двигателя, а также затрудняет пуск прогретого двигателя. Это явление внешне проявляется так же, как и засорение топливной системы, поэтому оно и получило название «паровая пробка».

Для характеристики фракционного состава в стандарте указываются температуры, при которых перегоняется 10, 50 и 90 % бензина, а также температуры начала и конца его перегонки. Кроме того, ограничивается количество бензина, которое не перегоняется (остаток в колбе), и количество бензина, которое улетучивается в процессе перегонки.

Связь между фракционным составом бензина и работой двигателя можно определить с помощью номограммы, приведенной на рис. 2.2.

По температуре перегонки 10 % бензина ($t_{10\%}$) судят о наличии в нем головных (пусковых) фракций, от которых зависит легкость пуска холодного двигателя. Чем ниже эта температура, тем легче и быстрее можно пустить холодный двигатель, так как большое количество бензина будет попадать в цилиндры в паровой фазе.

После пуска двигателя интенсивность его прогрева, устойчивость работы на малой частоте вращения коленчатого вала и приемистость (интенсивность разгона автомобиля при полностью открытом дросселе) зависят главным образом от *температуры перегонки 50 % бензина ($t_{50\%}$)*. Чем ниже эта температура, тем легче испаряются средние фракции бензина, обеспечивая поступление в непрогретый еще двигатель горючей смеси необходимого состава, устойчивую работу на малой частоте вращения коленчатого вала двигателя и хорошую приемистость.

По температуре перегонки 90 % ($t_{90\%}$) и температуре конца перегонки (кипения) судят о наличии в бензине тяжелых трудноиспаряемых фракций, интенсивности и полноте сгорания рабочей смеси и мощности, развиваемой двигателем. Для обеспечения испарения

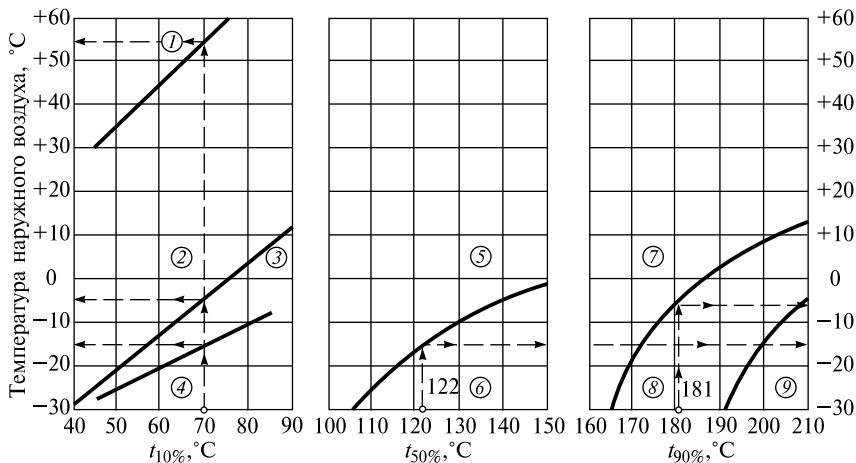


Рис. 2.2. Номограмма для эксплуатационной оценки бензинов по данным их разгонки:

1 — область возможного образования паровых пробок; 2 — область легкого пуска двигателя; 3 — область затрудненного пуска двигателя; 4 — область практически невозможного пуска холодного двигателя; 5 — область быстрого прогрева и хорошей приемистости двигателя; 6 — область медленного прогрева и плохой приемистости двигателя; 7 — область незначительного разжижения масла в картере; 8 — область заметного разжижения масла в картере; 9 — область интенсивного разжижения масла в картере

всего бензина, поступающего в цилиндры двигателя, эти температуры должны быть как можно более низкими.

Применение бензина с высокой температурой конца перегонки приводит к повышенным износам цилиндров и поршневой группы вследствие смывания масла со стенок цилиндров и его разжижения в картере, а также неравномерного распределения рабочей смеси по цилиндрам.

По потерям при перегонке бензина судят о склонности его к испарению при транспортировании и хранении. Повышенные потери при перегонке свидетельствуют о большом количестве в бензине особо легких фракций, интенсивно испаряющихся в жаркое время года.

2.4. Давление насыщенных паров

Давление насыщенных паров, т. е. давление пара, находящегося в равновесии с жидкостью или твердым телом при данной температуре, является одним из показателей испаряемости бензинов.

По давлению насыщенных паров можно судить о наличии легкоиспаряющихся фракций в бензине, способных образовывать

паровые пробки, о его пусковых свойствах, а также о возможных потерях при хранении и огнеопасности. Чем выше давление насыщенных паров, тем больше опасность образования паровых пробок при работе двигателя, но тем лучше пусковые свойства бензина.

Давление паров испаряющегося бензина на стенки емкости, называемое также упругостью паров, зависит от его химического и фракционного состава и температуры. Оно тем выше, чем больше содержится в топливе легкокипящих углеводородов, и уменьшается с понижением температуры.

При разгонке бензинов на стандартном аппарате невозможно оценить особо легкие фракции, наиболее опасные с точки зрения образования паровых пробок в топливопроводах. Поэтому давление насыщенных паров определяют в герметически закрытых приборах при температуре 38 °С.

Зная давление насыщенных паров можно правильно рассчитать объем, который может занимать сжиженный нефтяной газ при определенных максимальных температурах внешней среды, а также правильно обеспечить подачу жидкой и газовой фаз в систему питания двигателя.

Давление насыщенных паров летних бензинов 66,7 кПа, а зимних — 66,7...93,3 кПа.

2.5. Нормальное и детонационное сгорание рабочей смеси

Химический состав и количество используемого топлива, его соотношение с воздухом, а также величина остаточных газов, температура и давление в цилиндре двигателя, конструкция камеры сгорания и ряд других факторов существенно влияют на скорость сгорания рабочей смеси. Схема смесеобразования в карбюраторном двигателе показана на рис. 2.3.

Процесс нормального сгорания рабочей смеси проходит плавно с почти полным протеканием реакции окисления топлива и средней скоростью распространения пламени 10...40 м/с. Когда скорость распространения пламени резко возрастает (почти в 100 раз) и достигает 1500...2000 м/с, возникает детонационное сгорание.

Детонация топлива, вызывающая ненормальную работу двигателя, является следствием накопления перекисей в рабочей смеси и их взрывным воспламенением. Детонация сопровождается металлическими стуками, появлением в отработанных газах черного дыма, падением мощности и перегревом двигателя, а также имеет другие вредные последствия, вплоть до механического повреждения отдельных его деталей.

Поэтому все факторы, способствующие образованию перекисей, увеличивают детонацию топлива в двигателе.