

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта (ИМиАТ)

Кафедра автомобильного транспорта (АТ)

Составитель
к.т.н., доцент кафедры АТ
Смирнов Дмитрий Николаевич

Конспект лекций
«Эксплуатационные материалы и экономия топливно-энергетических ресурсов»

по дисциплине
«Эксплуатационные материалы и экономия топливно-энергетических ресурсов»

для студентов ВлГУ, обучающихся по направлениям
23.03.03 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

Владимир 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
I часть. Нефть	4
1.1 Происхождение нефти	4
1.2 Физические и химические свойства нефти	5
1.3 Классификации нефти	6
1.4 Переработка нефти	7
II часть. Автомобильные топлива	14
2.1 Автомобильные бензины	14
2.2 Дизельные топлива	17
2.3 Газообразные топлива	19
III часть. Масла и смазки	22
3.1 Моторные масла	22
3.2 Трансмиссионные масла	27
3.3 Пластичные смазки	33
IV часть. Специальные жидкости	35
4.1 Амортизаторные жидкости	35
4.2 Тормозные жидкости	36
4.3 Охлаждающие жидкости	39
V часть. Экономия топливно-энергетических ресурсов	41
5.1 Управление расходом топливно-энергетических ресурсов	41
5.2 Сохранение качества и количества горюче-смазочных материалов	41
5.3 Влияние технического состояния узлов и агрегатов автомобиля и качества их регулировок на экономию горюче-смазочных материалов	43
5.4 Влияние техники вождения автомобиля на экономию горюче-смазочных материалов	43
5.5 Экономия горюче-смазочных материалов при транспортировке и хранении	45
Список использованных источников	47

ВВЕДЕНИЕ

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

В современных условиях эксплуатации автотранспортного парка требуются высококачественное топливо, марочные трансмиссионные и гидравлические масла, различные технические жидкости, пластичные смазки. Знание состава и эксплуатационных свойств нефтепродуктов, приёмов их рационального использования – важная составная часть общей подготовки инженеров-механиков, призванных обеспечить надёжную и долговечную работу техники и снизить издержки на эксплуатацию большого парка автомобилей и других машин.

В данном конспекте лекций наряду с материалами общетеоретического характера особое внимание уделено эксплуатационным свойствам и основам рационального использования топлива, смазочных материалов и технических жидкостей в соответствии с Государственным образовательным стандартом при подготовке бакалавров по направлениям 23.03.03 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и 43.03.01 – «Сервис».

І часть. НЕФТЬ

1.1 Происхождение нефти

Нефть (из турецкого *neft*, от персидского нефт) – это природная маслянистая горючая жидкость со специфическим запахом, состоящая в основном из сложной смеси углеводородов различной молекулярной массы и некоторых других химических соединений [8].

Истоки современных представлений о происхождении нефти возникли в XVIII – начале XIX века. М. В. Ломоносов заложил гипотезы органического происхождения нефти, объясняя её образование воздействием «подземного огня» на «окаменелые угля», в результате чего, по его мнению, образовывались асфальты, нефти и «каменные масла».

По многим признакам на молекулярном уровне и наличию «биомаркеров» прослеживается связь между живым веществом организмов, органическим веществом осадочных нефтематеринских пород и нефти в залежах.

Суммарное количество унаследованных от живого вещества биогенных молекулярных структур иногда достигает в нефти 30 % от их массы. Детальное изучение состава и распределения «биомаркеров» в органическом веществе осадочных пород и в нефти позволяет не только утверждать органическое происхождение нефти, но даже определять для конкретных залежей, из каких именно отложений в них поступали нефтяные углеводороды при формировании месторождений.

Известно, что нефть распределена в осадочных толщах неравномерно, и это также понятно с позиций органической концепции её образования. Исходное для нефти органическое вещество накапливалось в осадках в течение геологического времени неравномерно. Максимумам его накопления в девонских, юрско-меловых и третичных отложениях соответствуют максимальные массы образовавшихся рассеянных нефтяных углеводородов в нефтематеринских отложениях этого возраста и максимумы запасов нефти в открытых месторождениях.

Известно, что при нагревании сапропелевых сланцев до $150 \div 170$ °C начинается слабое разложение термического вещества, приводящее к повышению выхода экстрактивных веществ; при 200 °C их образуется заметно больше, а при $370 \div 400$ °C после нагревания в течение 1 ч уже до 60 ÷ 80 % органического вещества сланцы переходят в растворимое состояние. Образуется много асфальтово-смолистых веществ, содержащих все основные классы нефтяных углеводородов, а также газы (CO, CH, H, S) и пирогенетическая вода.

В принципе тот же самый процесс термического (или термokatалитического) разложения происходит и в природных условиях при погружении содержащих сапропелевое органическое вещество отложений под накапливающиеся над ними более молодыми осадками. Только в природных условиях он протекает крайне медленно, со скоростью погружения осадков обычно от $50 \div 100$ до 300 м/млн. лет. Такой медленный природный «технологический» процесс термического превращения органического вещества с подъёмом температуры на один градус Цельсия за 60 ÷ 400 тыс. лет трудно себе представить, однако проведенные исследования подтверждают, что в природных условиях он действительно реализуется очень широко во многих впадинах, заполненных мощными толщами накопленных осадков.

Детальные геолого-геохимические исследования позволили учёным проследить последовательные стадии этого процесса. Балансовые расчёты термического превращения сапропелевого органического вещества и процессов эмиграции нефтяных углеводородов по полученным экспериментальным данным позволили создать теоретическую количественную модель образования нефти. Главная фаза нефтеобразования характеризуется максимальной скоростью генерации нефтяных углеводородов, обычно в глубинном диапазоне 2 ÷ 3 км при температуре от 80 ÷ 90 до 150 ÷ 160 °С. Общее количество образующихся битуминозных веществ и нефтяных углеводородов превышает 30 %, а количество эмигрировавшей в пористые пласты коллекторы нефти достигает 20 % от исходной массы сапропелевого органического вещества. Всплытие нефти, вынесенной из глинистых нефтематеринских пород в водонасыщенные пористые пласты, приводит постепенно к образованию её скоплений (залежей) в наиболее приподнятых участках пластов (на антиклинальных структурах).

Процесс нефтеобразования и формирования её залежей на этом заканчивается.

1.2 Физические и химические свойства нефти

Физические свойства нефти

Нефть – жидкость от светло-коричневого (почти бесцветная) до тёмно-бурого (почти чёрного) цвета (хотя бывают образцы даже изумрудно-зелёной нефти). Средняя молекулярная масса 220 ÷ 300 г/моль (редко 450 ÷ 470). Плотность 0,65 ÷ 1,05 (обычно 0,82 ÷ 0,95) г/см³; нефть, плотность которой ниже 0,83, называется лёгкой, 0,831 ÷ 0,860 – средней, выше 0,860 – тяжёлой.

Плотность нефти, как и других углеводородов, сильно зависит от температуры и давления. Она содержит большое число разных органических веществ и поэтому характеризуется не температурой кипения, а температурой начала кипения жидких углеводородов (обычно > 28 °С, реже ≥ 100 °С в случае тяжёлой нефти) и фракционным составом – выходом отдельных фракций, перегоняющихся сначала при атмосферном давлении, а затем под вакуумом в определённых температурных пределах, как правило до 450 ÷ 500 °С (выкипает ~ 80 % объёма пробы), реже 560 ÷ 580 °С (90 ÷ 95 %).

Температура кристаллизации от – 60 до + 30 °С; зависит преимущественно от содержания в нефти парафина (чем его больше, тем температура кристаллизации выше) и лёгких фракций (чем их больше, тем эта температура ниже).

Вязкость изменяется в широких пределах (от 1,98 до 265,90 мм²/с для различной нефти, добываемой в РФ), определяется фракционным составом нефти и её температурой (чем она выше и больше количество лёгких фракций, тем ниже вязкость), а также содержанием смолисто-асфальтеновых веществ (чем их больше, тем вязкость выше).

Удельная теплоёмкость 1,7 ÷ 2,1 кДж/(кг·К); удельная теплота сгорания (низшая) 43,7 ÷ 46,2 МДж/кг; диэлектрическая проницаемость 2,0 ÷ 2,5; электрическая проводимость от 2·10⁻¹⁰ до 0,3·10⁻¹⁸ Ом·см.

Химические свойства нефти

Нефть представляет собой смесь около 1000 индивидуальных веществ, из которых большая часть – жидкие углеводороды (> 500 веществ или обычно 80 ÷ 90 % по массе) и гетероатомные органические соединения (4 ÷ 5 %), преимущественно сернистые (около 250 веществ), азотистые (> 30 веществ) и кислородные (около 85 веществ), а также метал-

лоорганические соединения (в основном ванадиевые и никелевые); остальные компоненты – растворённые углеводородные газы ($C1 \div C4$, от десятых долей до 4 %), вода (от следов до 10 %), минеральные соли (главным образом хлориды, 0,1 ÷ 4000 мг/л и более), растворы солей органических кислот и др., механические примеси (частицы глины, песка, известняка).

В основном в нефти представлены парафиновые (обычно 30 ÷ 35, реже 40 ÷ 50 % по объёму) и нафтеновые (25 ÷ 75 %), в меньшей степени – соединения ароматического ряда (10 ÷ 20, реже 35 %) и смешанного, или гибридного, строения (например, парафинонафтеновые, нафтеноароматические).

Наряду с углеводородами в состав нефти входят вещества, содержащие примесные атомы. Серосодержащие – $H S$, меркаптаны, моно- и дисульфиды, тиофены и тиофаны, а также полициклические и т.п. (70 ÷ 90 % концентрируется в остаточных продуктах – мазуте и гудроне); азотсодержащие – преимущественно гомологи пиридина, хинолина, индола, карбазола, пиррола, а также порфирины (большей частью концентрируется в тяжёлых фракциях и остатках); кислородсодержащие – нафтеновые кислоты, фенолы, смолисто-асфальтеновые и др. вещества (сосредоточены обычно в высококипящих фракциях).

Элементный состав (%): 82 ÷ 87 C ; 11 ÷ 14,5 H ; 0,01 ÷ 6 S (редко до 8); 0,001 ÷ 1,8 N ; 0,005 ÷ 0,35 O (редко до 1,2) и др. Всего в нефти обнаружено более 50 элементов. Также в нефти присутствуют V (10 – 5 – 10 – 2 %), Ni (10 – 4 – 10 – 3 %), Cl (от следов до $2 \cdot 10^{-2}$ %) и т.д.

Содержание указанных соединений и примесей в сырье разных месторождений колеблется в широких пределах, поэтому говорить о среднем химическом составе нефти можно только условно.

1.3 Классификация нефти

Нефть можно классифицировать по разным признакам:

1. По содержанию серы:
 - а) Малосернистые (до 0,5 % S);
 - б) Сернистые (0,5 ÷ 2 % S);
 - в) Высокосернистые (св. 2 % S).
2. По потенциальному содержанию фракций, выкипающих до 3500 °С:
 - а) Т1 – тип нефти, в которой указанных фракций не меньше 45 %;
 - б) Т2 – 30 ÷ 44,9 %;
 - в) Т3 – меньше 30 %.
3. По потенциальному содержанию масел:
 - а) М1 – не меньше 25 %;
 - б) М2 – меньше 25 %.
4. По качеству масел:
 - а) Подгруппа И1 – с индексом вязкости масел больше 85;
 - б) Подгруппа И2 – с индексом 40 ÷ 85.

Сочетание обозначений класса, типа, группы, подгруппы и вида составляет шифр технологической классификации нефти.

1.4 Переработка нефти

Процесс разделения углеводородов нефти по температурам их кипения называется **прямой перегонкой** или **дистилляцией**. Полученные в результате перегонки отдельные фракции нефти называют **дистиллятами**. Прямая перегонка нефти при атмосферном давлении является обязательным первичным процессом переработки нефти.

Установки по первичной переработки нефти являются обязательными для всех заводов. Наличие других установок определяется свойствами перерабатываемой нефти, профилем продукции, вырабатываемой на заводе и другими факторами.

Современная установка по переработке нефти работает по непрерывному циклу. Установка состоит из атмосферной и вакуумной ректификационных колонн (рис. 1.1), в которых создаются условия, обеспечивающие достаточно полное испарение, вводимого в неё сырья. Этими условиями являются температура и давление. Нефть под давлением подают насосами в печь, где её нагревают до температуры $330 \div 350$ °С. Горячая нефть, вместе с парами попадает в среднюю часть атмосферной ректификационной колонны, где она вследствие снижения давления дополнительно испаряется и, испарившиеся углеводороды, отделяются от жидкой части нефти – *мазута*. Пары углеводородов поднимаются вверх, а жидкий остаток стекает вниз. По пути движения паров углеводородов устанавливаются ректификационные тарелки, на которых конденсируется часть паров углеводородов. Температура по высоте колонны уменьшается от максимальной в зоне ввода продукта до минимальной вверху. Таким образом, в ректификационной колонне по её высоте углеводороды нефти разделяют на фракции в зависимости от температуры кипения. Вверху колонны бензиновые фракции с температурой кипения от 30 до $180 \div 205$ °С, ниже легроиновый дистиллят ($120 \div 240$ °С), далее керосиновый дистиллят ($150 \div 315$ °С), дизельный дистиллят ($150 \div 360$ °С), газойлевый ($230 \div 360$ °С).

Мазут в зависимости от его состава можно использовать или в виде топлива, или подвергают дальнейшему разделению в вакуумной ректификационной колонне, или в качестве сырья используют на установке крекинга.

Перед поступлением в вакуумную ректификационную колонну мазут нагревают до $420 \div 430$ °С. Давление в вакуумной колонне $5300 \div 7300$ Па. Температура кипения в вакууме у углеводородов снижается, что позволяет испарить тяжёлые углеводороды без разложения. При нагревании нефти выше 430 °С может начаться термическое разложение углеводородов. В вакуумной колонне вверху отбирают соляровый дистиллят ($300 \div 400$ °С), ниже масляные фракции и далее полугудрон или гудрон, из которых путём глубокой очистки делают высоковязкие остаточные масла.

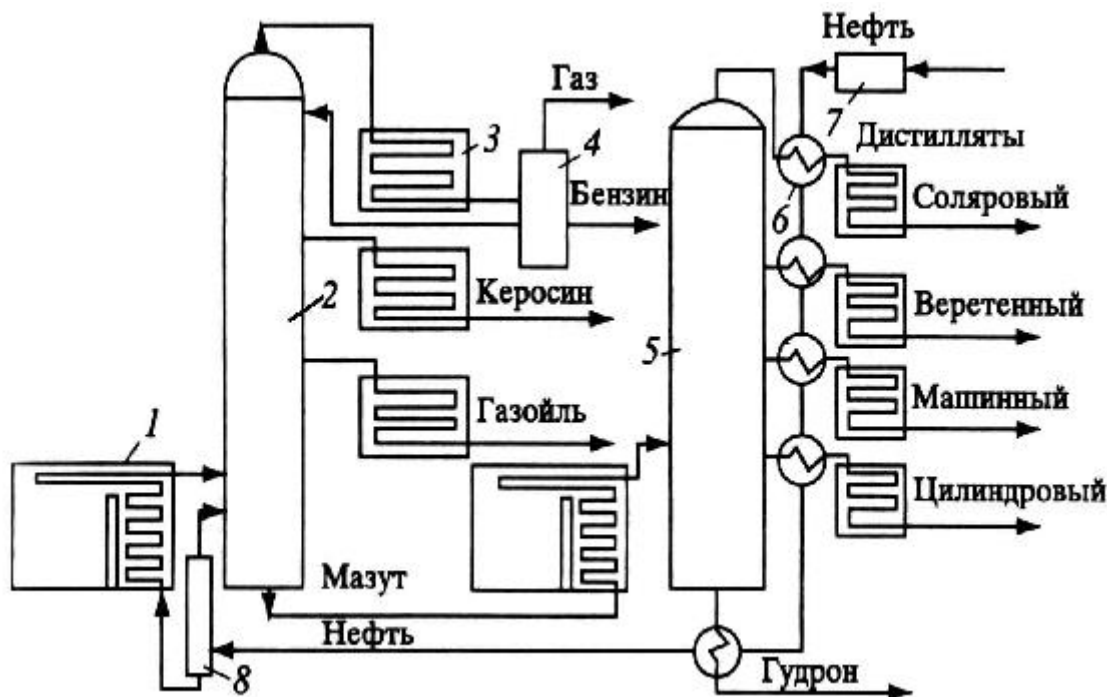
Сначала веретённый дистиллят, затем машинный или автоловый, и, последний, цилиндрический. В отличие от дистиллятных остаточные масла характеризуются большой малярной массой, а, следовательно, более высокой температурой кипения, плотностью и вязкостью. Большинство сложных кислородо-серосодержащих соединений также обладают большой малярной массой и остаются в гудроне. Поэтому остаточные масла содержат эти соединения в большом количестве, чем дистиллятные.

Нефтепродукты первичной переработки нефти называют прямогонными.

Появление двигателей внутреннего сгорания привело к революции в нефтепереработке, т.к. потребовалось большое количество бензина.

Прямой перегонкой нефти можно получить только небольшое количество бензиновой фракции, которая непосредственно находится в нефти. Необходимо было повысить

выход бензина из нефти за счёт превращения тяжёлых углеводородов с большим числом углеродных атомов молекуле в более лёгкие, с температурой кипения в пределах бензиновой фракции.



1 – трубчатая печь; 2 и 5 – атмосферная и вакуумная ректификационные колонны; 3 – холодильник; 4 – конденсатор-газоотделитель; 6 – теплообменник; 7 – насос; 8 – испарительная колонна

Рисунок 1.1 – Схема установки атмосферно-вакуумной перегонки нефти

Процесс расщепления молекул тяжёлых углеводородов называют **крекингом**. Крекинг осуществляют путём нагрева обрабатываемого сырья до определённой температуры без доступа воздуха, без катализатора (*термический крекинг*) или в присутствии катализатора (*каталитический крекинг*). Крекинг позволил увеличить выход бензиновых фракций из нефти до 50 ÷ 60 % против 20 ÷ 25 %, получаемых прямой перегонкой.

Термический крекинг проходит при температуре 470 ÷ 540 °С и давлении 2 ÷ 5 МПа. Вместе с расщеплением углеводородов при термическом крекинге протекают процессы синтеза и в результате создаются высокомолекулярные соединения. А также появляются отсутствующие в природной нефти химически неустойчивые непредельные углеводороды. Эти два фактора являются основным недостатком термического крекинга и причиной замены его другими процессами переработки нефти.

К таким процессам относится *каталитический крекинг*, который протекает при тех же температурах, что и термический крекинг, но при давлении близком к атмосферному и в присутствии катализатора. В качестве катализатора наибольшее распространение получили твёрдые алюмосиликатные катализаторы, в состав которых входят окись кремния и окись алюминия. Основной реакцией каталитического крекинга так же является расщепление сложных и больших молекул на более лёгкие с меньшим числом атомов углерода. Скорость расщепления значительно выше. Схема установки каталитического крекинга представлена на рисунке 1.2.

В условиях каталитического крекинга большое значения имеют вторичные превращения образующихся углеводородов, например, атомы водорода отщепляются с образованием ароматических углеводородов – **реакция ароматизации**; водород, выделяющийся в процессе ароматизации может вступать в реакцию с углеводородами олефинового ряда с насыщением двойных связей – **реакция гидрогенизации**; углеводороды с прямой цепочкой углеродных атомов могут изменять взаимное расположение атомов внутри молекул без изменения общего числа атомов – **реакция изомеризации**.

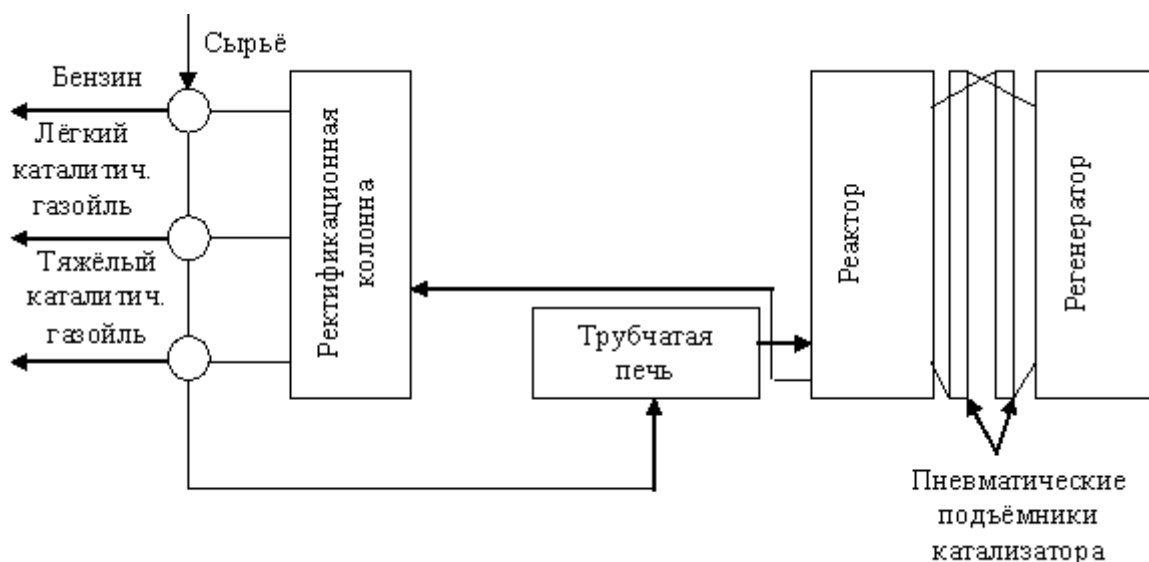


Рисунок 1.2 – Схема установки каталитического крекинга с подвижными шариками

Каталитический крекинг осуществляют по различным схемам: с неподвижным слоем катализатора, подвижным сферическим катализатором и с пылевидным или микросферическим катализатором.

Гидрокрекинг (*деструктивная гидрогенизация*) – разновидность каталитического крекинга, проводимого в атмосфере водорода при давлении $20 \div 30$ МПа и температуре $470 \div 500$ °С. В этом процессе образующиеся непредельные углеводороды гидрируются и превращаются в предельные. Кроме того, имеющиеся в сырье сернистые и кислородные соединения, расщепляясь, реагируют с водородом с образованием сероводорода и воды. Сероводород отмывается слабощелочной водой. В результате можно получать высококачественное топливо из нефтяных остатков, углеводородных смол и других веществ.

В промышленных условиях используют и некоторые другие термические процессы переработки. Например, при нагревании нефтяных остатков до 550 °С при атмосферном давлении происходит образование кокса и образуются жидкие углеводороды, которые можно использовать в качестве топлив. Далее, нагревание нефти до температуры $670 \div 800$ °С (**пиролиз**) ведёт к значительному образованию газообразных углеводородов (этилен, пропилен и др.), из которых путём нефтехимического синтеза получают полиэтилен, полипропилен и т.д. В процесс пиролиза получают и жидкие углеводороды в основном ароматические.

Все процессы вторичной переработки нефти вместе с улучшением качества бензиновых фракций дают и увеличение выхода бензина.

Однако высокие требования к качеству бензина заставляют использовать специальные процессы, не дающие выхода бензина из нефти. В таких процессах сырьё – бензин и готовая продукция также бензин, но с лучшими эксплуатационными качествами.

К таким процессам относится **риформинг**.

Термический риформинг не нашёл широкого применения, т.к. при этом не удаётся резко улучшить эксплуатационные свойства бензина.

Наиболее перспективным является **каталитический риформинг**. Сущность его заключается в ароматизации бензиновых фракций в результате преобразования нафтеновых и парафиновых углеводородов в ароматические. Нафтеновые углеводороды теряют атом водорода и превращаются в ароматические (реакция ароматизации), парафиновые – в результате реакции изомеризации (циклизации) также образуют ароматические углеводороды, отщепляя водород. При этом также тяжёлые углеводороды расщепляются на более мелкие, образуящиеся непредельные углеводороды гидруются.

Основным катализатором является алюмоплатина – платины 0,1 ÷ 1,0 %. Этот катализатор позволяет осуществлять риформирование при температуре 460 ÷ 510 °С и давлении 4 МПа без регенерации в течение нескольких месяцев. Процесс называется – **платформинг**. Сырьё для платформинга обессеривают, т.к. платиновый катализатор «отравляется» сернистыми соединениями, содержащимися в бензинах прямой перегонки. Обессеривание производят гидроочисткой, используя водород, выделенный при риформировании бензина. Этот процесс выгоден и тем, что обеспечивает водородом процессы гидроочистки топлив и масел.

Сырьё (бензиновая фракция прямой перегонки) нагревается в теплообменниках и нагревательной печи 1 до 380 ÷ 420 °С и поступает в реактор, где под давлением 3,5 МПа и при воздействии алюмокобальтомолибденового катализатора подвергается гидроочистке. Очищенное сырьё после освобождения от сероводорода, углеводородных газов и воды нагревается в печи от 1 до 500 ÷ 520 °С и поступает в реакторы, где под давлением свыше 4,0 МПа происходит его реформирование. Полученный катализат после отделения водосодержащего газа и стабилизации может применяться для получения товарных бензинов. Режимы проведения риформинга, а также состав и свойства катализатора различаются. При проведении процесса в мягких условиях получают бензин с меньшей детонационной стойкостью, чем при жёстком режиме платформинга.

В промышленных условиях сырьём для изомеризации служат лёгкие бензиновые фракции прямой перегонки нефти, в составе которых преобладают углеводороды с пятью-шестью атомами углерода в молекуле нормального строения. Изомеризацию проводят в присутствии хлористого алюминия, платины, палладия и т.д. Продукт является высококачественным компонентом товарных бензинов.

В процессе переработки нефти всегда образуются углеводородные газы, которые стараются максимально использовать, например, перерабатывая в жидкие топлива и их компоненты.

Для этого чаще всего применяют процесс алкилирования, который сводится к присоединению олефинового углеводорода к парафиновому или ароматическому с образованием насыщенной молекулы более высокого молекулярного веса. В результате получают широкую бензиновую фракцию – **алкилат** (алкилирование изобутана в основном бутиленами), которая является высококачественным компонентом товарных бензинов. Катализа-

тором является серная кислота и фтористый водород (при алкилировании парафиновых углеводородов).

Кроме алкилирования, при переработке газов используют реакцию полимеризации.

Полимеризацией называют химическую реакцию соединения двух и большего числа одинаковых молекул в одну более крупную. При этом отщепления каких-либо атомов от молекул, вступающих в реакцию, не происходит.

В этих реакциях способны участвовать лишь непредельные углеводороды, поэтому сырьём для полимеризации служат газы, богатые олефиновыми углеводородами. Наиболее распространённый катализатор – фосфорная кислота.

На рис. 1.3 показаны схема получения нефтепродуктов.

Все продукты переработки нефти, прежде чем пойти на приготовление товарных топлив и масел, проходят специальную очистку.

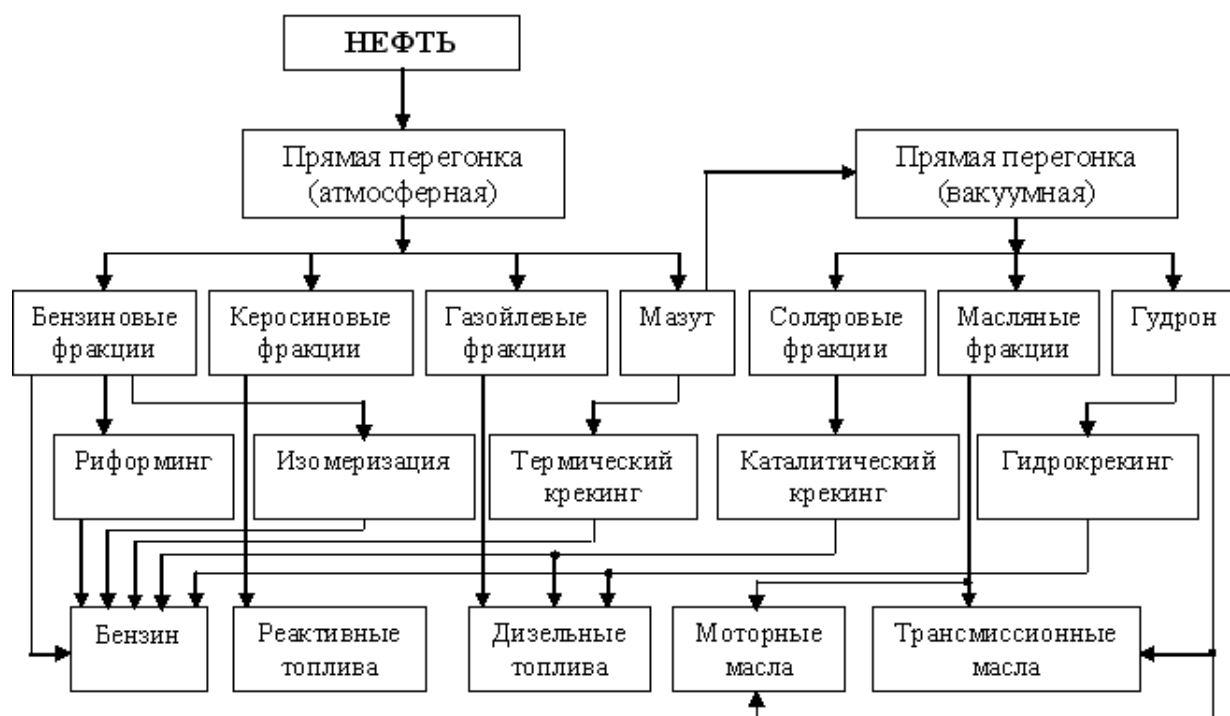


Рисунок 1.3 – Схема получения топлив и масел из нефти

Очистка полуфабрикатов топлив и масел

Для удаления примесей полуфабрикаты топлив и масел подвергают очистке. При этом выбор метода очистки зависит от исходного качества очищаемого продукта и от требований к эксплуатационным свойствам готовых товарных продуктов, которые необходимо получить. Глубина и способ очистки являются важным условием обеспечения высоких эксплуатационных качеств топливо-смазочных материалов.

Щелочная очистка (очистка натриевой щёлочью). Применяется для удаления из нефтяных дистиллятов (рис. 1.4) кислородных соединений (нефтяных кислот, фенолов), сернистых соединений (сероводорода, меркаптанов, серы), и для нейтрализации серной кислоты и продуктов её взаимодействия с углеводородами (сульфокислот, эфиров серной кислоты) остающихся в нефтепродукте после его серноокислотной очистки.



Рисунок 1.4 – Химические реакции при щелочной очистке нефтяных дистиллятов

Образующиеся вещества растворяются в воде и удаляются из очищенного продукта вместе с водным раствором щёлочи. Кроме того, можно произвести водную промывку продукта. Очистка щёлочью используется при производстве бензинов, дизельных топлив и некоторых видов масел.

Очистка серной кислотой. Применяется для удаления непредельных углеводородов, асфальто-смолистых веществ, азотистых и сернистых соединений, нафтеновых кислот. Очистке 96 ÷ 98 % раствором серной кислоты подвергают масла. Топлива не обрабатывают. Различают кислотно-щелочную и кислотно-контактную очистки. При кислотно-щелочной очистке после реакции с кислотой полуфабрикат нейтрализуют натриевой щёлочью с промывкой водой и просушиванием паром. Осадок в виде смолистой массы (кислого гудрона) удаляется. Кислотно-контактная очистка заключается в последовательной обработке полуфабриката серной кислотой и отбеливающей землёй.

Для повышения эффективности применяют обработку нефтепродукта в пропановом растворе. Пропан уменьшает вязкость нефтепродуктов и растворимость в них смолисто-асфальтовых веществ, что увеличивает эффективность очистки. После обработки кислотой улучшаются вязкостно-температурные свойства, уменьшается коксумость нефтепродуктов.

Селективная очистка (очистка при помощи растворителей) основана на различной растворяющей способности некоторых веществ в отношении углеводородов различного строения и неуглеводородных примесей. Применяется для очистки масел. Удаляются асфальто-смолистые соединения, полициклические углеводороды, часть сернистых соединений, непредельные углеводороды и т.д.

Эффективность такой очистки зависит от качества растворителя. Растворитель должен как можно полнее растворять в себе нежелательные компоненты и как можно меньше затрагивать полезные углеводороды.

После селективной очистки (фенолом, фурфуролом, крезолом и др.) получают **рафинат** (очищенное масло) и **экстракт** (растворитель с извлеченными из масла веществами). После удаления растворителя экстракт идёт в качестве добавки в трансмиссионные масла, а рафинат – на приготовление масел.

При селективной очистке улучшаются вязкостно-температурные свойства, уменьшается плотность и коксуемость, понижается склонность к образованию отложений в двигателе.

Депарафинизация. Применяется для удаления углеводородов с высокими температурами застывания, в основном парафинового ряда, так как последние при охлаждении переходят в кристаллическое состояние. Депарафинизации подвергают дизельные топлива и масла.

Один из главных методов депарафинизации это вымораживание, заключающийся в охлаждении полуфабриката до температуры застывания, после чего кристаллы отделяются на фильтрах. Недостатком этого метода является замораживание нефтепродукта до температуры значительно ниже температуры застывания, что связано с технологическими трудностями.

Этого недостатка лишён способ депарафинизации с растворителем, в качестве которого используют жидкий пропан. Полуфабрикат смешивают с растворителем, постепенно охлаждают примерно до 30 °С и затем твёрдые углеводороды отфильтровывают от раствора, а растворитель отгоняют от нефтепродукта.

Распространён метод депарафинизации карбамидом без применения холода. Карбамид способен создавать комплексные соединения с углеводородами парафинового ряда. После чего эти комплексы отделяют от остальных углеводородов, разлагают и карбамид регенерируют.

Гидроочистка. Применяется для удаления сернистых, азотистых и кислородных соединений путём восстановления этих соединений водородом при повышенных температурах и давлении в присутствии катализатора в газообразные продукты - сероводород, аммиак – и воду, которые легко удаляются.

Гидроочистке подвергают дизельные топлива и моторные масла перед платформингом для обессеривания.

Адсорбционная очистка (*контактная очистка, очистка отбеливающими землями*). Некоторые высокопористые вещества (*адсорбенты*) способны удерживать на поверхности нежелательные примеси, содержащиеся в нефтепродуктах. Эта очистка распространена при производстве масел и дизельных топлив. При этом удаляют смолы, нафтеновые кислоты, кислородосодержащие соединения, сульфокислоты, остатки минеральной кислоты и селективного растворителя. В качестве адсорбентов используют природные глины, силикагель, синтетические алюмоокислоты, активированную окись алюминия.

Эту очистку применяют в качестве заключительной.

Все перечисленные выше способы очистки применяют для улучшения качества нефтепродуктов, их эксплуатационных свойств. В зависимости от требования к качеству нефтепродукт подвергают очистке одним способом, или двумя, или многими, применяя их в той или иной последовательности. Однако даже самые совершенные способы очистки не гарантируют получения высококачественных топлив и масел.

Наиболее эффективным способом улучшения эксплуатационных свойств является добавление к нефтепродуктам присадок. Эффективность присадок всегда выше при добавлении в очищенные нефтепродукты.

II часть. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТОПЛИВА

2.1 Автомобильные бензины

Основные виды топлива для автомобилей – продукты переработки нефти – бензины и дизельные топлива. Они представляют собой смеси углеводородов и присадок, предназначенных для улучшения их эксплуатационных свойств. В состав бензинов входят углеводороды, выкипающие при температуре от 35 до 200 °С, а в состав дизельных топлив – углеводороды, выкипающие в пределах 180 ÷ 360 °С.

Бензины в силу своих физико-химических свойств применяются в двигателях с принудительным зажиганием (от искры). Более тяжёлые дизельные топлива вследствие лучшей самовоспламеняемости применяются в двигателях с воспламенением от сжатия, т.е. дизелях.

К автомобильным бензинам предъявляются следующие *требования*:

- бесперебойная подача бензина в систему питания двигателя;
- образование топливовоздушной смеси требуемого состава;
- нормальное (без детонации) и полное сгорание смеси в двигателях;
- обеспечение быстрого и надёжного пуска двигателя при различных температурах окружающего воздуха;
- отсутствие коррозии и коррозионных износов;
- минимальное образование отложений во впускном и выпускном трактах, камере сгорания;
- сохранение качества при хранении и транспортировке.

Для выполнения этих требований бензины должны обладать рядом свойств. Рассмотрим наиболее важные из них.

Карбюр анионные свойства. Бензин, подаваемый в систему питания смешивается с воздухом и образует топливовоздушную смесь. Для полного сгорания необходимо обеспечить однородность смеси с определённым соотношением паров бензина и воздуха.

На протекание процессов смесеобразования влияют следующие физико-химические свойства.

Плотность топлива при +20 °С должна составлять 690 ÷ 750 кг/м. При низкой плотности поплавков карбюратора тонет и бензин свободно вытекает из распылителя, переобогащая смесь. Плотность бензина со снижением температуры на каждые 10 °С возрастает примерно на 1 %.

Вязкость. С её увеличением затрудняется протекание топлива через жиклёры, что ведёт к обеднению смеси. Вязкость в значительной степени зависит от температуры. При изменении температуры от + 40 до – 40 °С расход бензина через жиклёр меняется на 20 ÷ 30 %.

Испаряемость – это способность переходить из жидкого состояния в газообразное. Автомобильные бензины должны обладать такой испаряемостью, чтобы обеспечивались легкий пуск двигателя (особенно зимой), его быстрый прогрев, полное сгорание топлива, а также исключалось образование паровых пробок в топливной системе.

Давление насыщенных паров. Чем выше давление паров при испарении топлива в замкнутом пространстве, тем интенсивнее процесс их конденсации. Стандартом ограничивается верхний предел давления паров летом – до 670 ГПа и зимой – от 670 до 930 ГПа. Бензины с более высоким давлением склонны к образованию паровых пробок, при их ис-

пользовании снижается наполнение цилиндров и теряется мощность двигателя, увеличиваются потери от испарения при хранении в баках автомобилей и на складах.

Низкотемпературные свойства характеризуют работоспособность топливоподающей системы зимой. При низких температурах происходит выпадение кристаллов льда в бензине и обледенение деталей карбюратора. В бензине в растворённом состоянии находится несколько сотых долей процента воды. С понижением температуры растворимость воды в бензине падает, и она образует кристаллы льда, которые нарушают подачу бензина в двигатель.

Сгорание бензина. Под «сгоранием» применительно к автомобильным двигателям понимают быструю реакцию взаимодействия углеводородов топлива с кислородом воздуха с выделением значительного количества тепла. Температура паров при горении достигает $1500 \div 2400$ °С.

Теплота сгорания (теплотворная способность) – количество тепла, которое выделяется при полном сгорании 1 кг жидкого или твёрдого и м³ газообразного топлива.

От теплоты сгорания зависит топливная экономичность: чем выше теплота, тем меньше топлива необходимо для смеси.

Нормальное и детонационное сгорание. При нормальном сгорании процесс протекает плавно с почти полным окислением топлива и скоростью распространения пламени $10 \div 40$ м/с. Когда скорость распространения пламени возрастает и достигает $1500 \div 2000$ м/с, возникает детонационное сгорание, характеризующееся неравномерным протеканием процесса, скачкообразным изменением скорости движения пламени и возникновением ударной волны.

Детонация вызывается самовоспламенением наиболее удалённой от запальной свечи части бензино-воздушной смеси, горение которой приобретает взрывной характер. Условия для детонации наиболее благоприятны в той части камеры сгорания, где выше температура и больше время пребывания смеси. Внешне детонация проявляется в появлении звонких металлических стуков – результата многократных отражений от стенок камеры сгорания образующихся ударных волн.

Возникновению детонации способствует повышение степени сжатия, увеличение угла опережения зажигания, повышенная температура окружающего воздуха и его низкая влажность, особенности конструкции камеры сгорания. Вероятность детонационного сгорания топлива возрастает при наличии нагара в камере сгорания и по мере ухудшения технического состояния двигателя. В результате детонации снижаются экономические показатели двигателя, уменьшается его мощность, ухудшаются токсические показатели отработавших газов.

Бездетонационная работа двигателя достигается применением бензина с соответствующей детонационной скоростью. Углеводороды, входящие в состав бензинов, различаются по детонационной стойкости. Наименее стойки к детонации нормальные парафиновые углеводороды, наиболее – ароматические. Остальные углеводороды, входящие в состав бензинов, по детонационной стойкости занимают промежуточное положение. Варьируя углеводородным составом, получают бензины с различной детонационной стойкостью, которая характеризуется *октановым числом (ОЧ)*.

ОЧ – это условный показатель детонационной стойкости бензина, численно равный процентному содержанию (по объёму) изооктана в смеси с нормальным гептаном, равноценной по детонационной стойкости испытываемому топливу.

Для любого бензина октановое число определяют путем подбора смеси из двух эталонных углеводородов (нормального гептана с ОЧ = 0 и изооктана с ОЧ = 100), которая по детонационным свойствам эквивалентна испытываемому бензину. Процентное содержание в этой смеси изооктана принимают за ОЧ бензина.

Определение ОЧ производится на специальных моторных установках. Существуют два метода определения ОЧ – исследовательский (ОЧИ – октановое число по исследовательскому методу) и моторный (ОЧМ – октановое число по моторному методу). Моторный метод лучше характеризует антидетонационные свойства бензина в условиях форсированной работы двигателя и его высокой теплонпряжённости, а исследовательский – при эксплуатации в условиях города, когда работа двигателя связана с относительно невысокими скоростями, частыми остановками и меньшей теплонпряжённостью.

Наиболее важным конструктивным фактором, определяющим требования двигателя к октановому числу, является степень сжатия. Повышение степени сжатия двигателей автомобилей позволяет улучшить их технико-экономические и эксплуатационные показатели. При этом возрастает мощность и снижается удельный расход топлива. Однако с увеличением степени сжатия необходимо повышать октановое число бензина. *Поэтому важнейшим условием бездетонационной работы двигателей является соответствие требований к детонационной стойкости двигателей октановому числу применяемых бензинов.*

В топлива, детонационная стойкость которых не соответствуют требованиям, добавляют высокооктановые компоненты (бензол, этиловый спирт) или антидетонаторы.

Антидетонаторы. Несколько, десятилетий применяют тетраэтилсвинец (ТЭС) в сочетании с веществами, обеспечивающими отсутствие отложений окислов свинца в камере сгорания, так называемыми выносителями. Например, в 1 кг бензина А-76 содержится 0,24 г ТЭС.

В чистом виде ТЭС не применяют, а используют этиловую жидкость (ЭЖ), состоящую из ТЭС, выносителей и красителей. ТЭС ядовит, поэтому искусственное окрашивание бензина, предупреждает об опасности. Добавлением ЭЖ увеличивают ОЧ на $8 \div 12$ единиц. Главный недостаток ТЭС – ядовитость.

Ведутся исследования по созданию антидетонаторов на основе марганца. Один из них – циклопентадиенилтрикарбонил марганца широко не применяется, так как отсутствует эффективный выноситель для него.

Для определения детонационной стойкости бензинов, полученных смешением двух марок с различными октановыми числами (по моторному методу), используется формула:

$$\text{ОЧ} = \text{ОЧ}_{\text{ц}} + D_{\text{в}}(\text{ОЧ}_{\text{в}} - \text{ОЧ}_{\text{н}}) / 100, \quad (2.1)$$

где $\text{ОЧ}_{\text{ц}}$ и $\text{ОЧ}_{\text{в}}$ – октановые числа (по моторному методу) соответственно низко- и высокооктанового бензина; $D_{\text{в}}$ – доля высокооктанового бензина в смеси, %.

Следует обратить внимание на то, что октановое число бензина АИ-93 по моторному методу составляет не менее 85, а бензина А-76 по исследовательскому методу – $80 \div 82$.

Отечественная промышленность выпускает бензины следующих марок; А-76, А-80, АИ-92, АИ-93, АИ-95, АИ-98.

Маркировка бензинов включает одну или две буквы и цифру: буква «А» – бензин

автомобильный, «И» – исследовательский метод определения ОЧ (если нет «И» – то моторный), цифра указывает на октановое число.

Автомобильные бензины, за исключением марки АИ-98, подразделяются на виды:

летний – для применения во всех районах, кроме северных и северо-восточных, в период с 01 апреля до 01 октября; в южных районах допускается применять летний вид бензина в течение всего года;

зимний – для применения в течение всех сезонов в северных и северо-восточных районах; в остальных районах – с 01 октября до 01 апреля.

В промышленно развитых странах применяется в основном четыре типа бензинов: обычный неэтилированный с ОЧ = 92 ÷ 95, обычный этилированный с ОЧ = 92 ÷ 95, «Супер» неэтилированный с ОЧ = 96 ÷ 98, «Супер» этилированный с ОЧ = 96 ÷ 98. В разных странах они называются по-разному, но, зная возможные варианты, можно всегда определить, к какому типу относится тот или иной бензин.

Например, в Германии используют следующие бензины: «*Bleifrei*» (дословный перевод «без свинца») с ОЧ = 95, «*Verbleit*» (дословный перевод «со свинцом») с ОЧ = 95, «*Super bleifrei*» с ОЧ = 96 ÷ 98, «*Super verbleit*» с ОЧ = 96 ÷ 98, «*Super plus bleifrei*» с ОЧ = 98.

2.2 Дизельные топлива

Дизельные двигатели в силу особенностей рабочего процесса на 25 ÷ 30 % экономичнее бензиновых двигателей, что и предопределило их широкое применение. В настоящее время они устанавливаются на большинство грузовых автомобилей и автобусов, а также на часть легковых.

Эксплуатационные требования к дизельным топливам (ДТ):

- бесперебойная подача топлива в систему питания двигателя;
- обеспечение хорошего смесеобразования;
- отсутствие коррозии и коррозионных износов;
- минимальное образование отложений в выпускном тракте, камере сгорания, на игле и распылителе форсунки;
- сохранение качества при хранении и транспортировке. Наиболее важными эксплуатационными свойствами дизельного топлива являются его испаряемость, воспламеняемость и низкотемпературные свойства.

Испаряемость топлива определяется фракционным составом. При облегчении топлива ухудшается пуск дизелей, так как легкие фракции имеют худшую по сравнению с тяжёлыми 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 тяжёлых фракций, увеличение которых ухудшает смесеобразование, снижает экономичность, повышает нагарообразование и дымность отработавших газов.

Воспламеняемость ДТ характеризует его способность к самовоспламенению в камере сгорания. Это свойство в значительной мере определяет подготовительную фазу процесса сгорания – *период задержки воспламенения*, который в свою очередь складывается из времени, затрачиваемого на распад топливной струи на капли, частичное их испарение и смешение паров топлива с воздухом (физическая составляющая), а также времени, необходимого для завершения предпламенных реакций и формирования очагов само-

воспламенения (химическая составляющая).

Физическая составляющая времени задержки воспламенения зависит от конструктивных особенностей двигателя, а химическая – от свойств применяемого топлива. Длительность периода задержки воспламенения существенно влияет на последующее течение всего процесса сгорания. При большой длительности периода задержки воспламенения увеличивается количество топлива, химически подготовленного для самовоспламенения. Сгорание топливовоздушной смеси в этом случае происходит с большей скоростью, что сопровождается резким нарастанием давления в камере сгорания. В этом случае дизель работает «жёстко».

«Жёсткость» работы оценивают по нарастанию давления на 1° поворота коленчатого вала (КВ). Двигатель работает мягко при нарастании давления $2,5 \div 5,0$ кгс/см² на 1° поворота КВ, жёстко – при $6 \div 9$ кгс/см², очень жёстко – при нарастании давления более 9 кгс/см². При жёсткой работе поршень подвергается повышенному ударному воздействию. Это ведёт к повышенному износу деталей кривошипно-шатунного механизма, снижает экономичность двигателя.

Склонность ДТ к самовоспламенению оценивают по цетановому числу (ЦЧ).

ЦЧ – это условный, показатель воспламеняемости дизельного топлива, численно равный объёмному проценту цетана в эталонной смеси с альфаметилнафталином, которая равноценна, по воспламеняемости испытываемому топливу.

Для определения ЦЧ составляют эталонные смеси. В их состав входят цетан и альфаметилнафталин. Склонность цетана к самовоспламенению принимают за 100 единиц, а альфаметилнафталина – за 0 единиц. Цетановое число смеси, составленной из них, численно равно процентному содержанию (по объёму) цетана.

Оценку самовоспламеняемости ДТ производят аналогично методу оценки детонационной стойкости бензинов. Образец сопоставляется с эталонными топливами на одноцилиндровых двигателях ИТ-9.

Самовоспламеняемость ДТ влияет на их склонность к образованию отложений, лёгкость пуска и работу двигателя. Для современных быстроходных дизелей применяются топлива с ЦЧ = $45 \div 50$. Применение топлив с ЦЧ ниже 40 ведёт к жёсткой работе двигателя. Повышение ЦЧ выше 50 нецелесообразно, т.к. из-за малого периода задержки самовоспламенения топливо сгорает, не успев распространиться по всему объёму камеры сгорания. При этом воздух, находящийся далеко от форсунки, не участвует в горении, поэтому топливо сгорает не полностью. Экономичность дизеля ухудшается, наблюдается дымление.

ЦЧ влияет на пусковые качества ДТ. При высоких ЦЧ время пуска снижается, особенно при низких температурах.

ЦЧ может быть повышено двумя способами: регулированием углеводородного состава и введением специальных присадок.

1-й способ. В порядке убывания ЦЧ углеводороды располагаются следующим образом: нормальные парафины – изопарафины – нафтены – ароматические. ЦЧ можно существенно повысить, увеличивая концентрацию нормальных парафинов и снижая содержание ароматических.

2-й способ более эффективен. Вводят специальные кислородосодержащие присадки – органические перекиси, сложные эфиры азотной кислоты и др. Эти присадки являются сильными окислителями и способствуют зарождению и развитию процесса горения.

Пример: добавление 1 % изопропилнитрата повышает ЦЧ на $10 \div 12$ единиц. Кроме того, эта присадка улучшает пусковые качества при низкой температуре и снижает нагарообразование.

Низкотемпературные свойства. При низких температурах высокоплавкие углеводороды, прежде всего нормальные парафины, кристаллизуются. По мере понижения температуры дизельное топливо проходит через три стадии; вначале мутнеет, затем достигает так называемого предела фильтруемости и, наконец, застывает. Связано это с тем, что сначала в топливе появляются разрозненные кристаллы, которые оседают на фильтрах и ухудшают подачу топлива. При дальнейшем охлаждении теряется подвижность нефтепродуктов вследствие образования из кристаллизующихся углеводородов каркаса.

Показатели, характеризующие начало кристаллизации углеводородов в топливе и потерю их подвижности стандартизованы.

Температурой помутнения называют температуру, при которой топливо теряет прозрачность в результате выпадения кристаллов углеводородов и льда. Бесперебойная работа двигателя обеспечивается при температуре помутнения топлива на $5 \div 10$ °С ниже температуры воздуха, при которой эксплуатируется автомобиль.

Температурой застывания называют температуру, при которой ДТ теряет подвижность, что определяют в стандартном приборе, наклонённом под углом 45 ° к горизонтали, в течение 1 мин. Дизель работает бесперебойно при температуре застывания топлива на $5 \div 10$ °С ниже температуры воздуха, при которой эксплуатируется автомобиль.

На нефтеперерабатывающих заводах температуру помутнения и температуру застывания понижают удалением избытка высокоплавких углеводородов (депарафинизация).

В эксплуатации такого же эффекта добиваются добавлением реактивного топлива. Например, при добавке 25 % топлива Т-1 температура застывания летнего ДТ снижается на $8 \div 12$ °С.

Низкотемпературные свойства ДТ могут быть улучшены путём добавления присадок-депрессаторов (присадка "А", АзНИИ-ЦИАТИМ-1, полиметакрилат "Д").

Ассортимент ДТ:

- ДЛ – дизельное летнее – для эксплуатации при температуре окружающего воздуха не ниже 0 °С;
- ДЗ – дизельное зимнее – для эксплуатации при температуре окружающего воздуха не ниже -30 °С;
- ДА – дизельное арктическое – для эксплуатации при температуре окружающего воздуха не ниже -50 °С.

2.3 Газообразные топлива

По физическому состоянию горючие газы делятся на две группы: *сжатые* и *сжиженные*. Если критическая температура углеводородов ниже обычных температур при эксплуатации автомобилей, то их применяют в сжатом виде, а если выше – то в сжиженном виде под давлением $1,5 \div 2,0$ МПа.

Требования к газообразным топливам:

- обеспечение хорошего смесеобразования;
- высокая калорийность горючей смеси;
- отсутствие коррозии и коррозионных износов;

- минимальное образование отложений во впускном и выпускном трактах;
- сохранение качества при хранении и транспортировании;
- низкая стоимость производства и транспортирования.

Сжиженные газы. Основные компоненты – пропан, бутан. Получают из попутных нефтяных газов, из газообразных фракций при переработке нефтепродуктов и каменных углей. Поэтому они получили название сжиженных нефтяных газов. Для их обозначения часто используют аббревиатуру «СНГ».

Критические температуры пропана (+97 °С) и бутана (+126 °С) выше температуры окружающей среды, поэтому их легко можно перевести в жидкое состояние. При +20 °С пропан сжижается при 0,716, а бутан – при 0,103 МПа.

СНГ хранят под давлением 1,6 МПа. Давление насыщенных паров СНГ изменяется от 0,27 МПа при -10 °С до 1,6 МПа при +45 °С. СНГ имеет высокий коэффициент теплового расширения. Повышение температуры на 1 °С влечёт за собой рост давления в газовом баллоне на 0,6 ÷ 0,7 МПа, что может привести к его разрушению. Поэтому в баллонах предусматривается паровая подушка объёмом не менее 10 % полезной ёмкости.

Промышленность выпускает СНГ для автомобилей двух марок:

- СПБТЗ – смесь пропана и бутана техническая зимняя;
- СПБТЛ – смесь пропана и бутана техническая летняя.

В состав СНГ добавляют специальные вещества (одоранты), имеющие сильный запах, т.к. СНГ не имеет ни цвета, ни запаха, и обнаружить их утечку сложно. Для этой цели используют этилмеркаптан C_2H_4SH , имеющий резкий неприятный запах, который ощущается уже при концентрации 0,19 г на 1000 м³ воздуха.

Иногда утечку удаётся определить на слух или с помощью приборов.

Эксплуатационные свойства автомобилей с газовыми двигателями, работающими на СНГ, в сравнении с автомобилями, работающими на бензине, оцениваются следующим образом:

- пусковые качества до -5 °С равноценны; при более низких температурах запуск холодного двигателя затруднён;
- показатели динамичности автомобиля ухудшаются на 5 ÷ 8 %;
- повышается мощность и улучшается топливная экономичность двигателей, так как детонационная стойкость СНГ выше (04 выше 100 единиц), чем у бензина, и можно форсировать двигатель по степени сжатия;
- снижается токсичность отработавших газов: по окиси углерода – в 3 ÷ 4 раза, по окислам азота – в 1,2 ÷ 2,0 раза, по углеводородам – в 1,2 ÷ 1,4 раза;
- периодичность смены масла увеличивается в 2,0 ÷ 2,5 раза;
- межремонтный ресурс двигателя увеличивается в 1,4 ÷ 2,0 раза;
- трудоёмкость ТО и Р возрастает на 3 ÷ 5 %, но эти затраты перекрываются экономией от увеличения межремонтного ресурса двигателей.

В настоящее время выпускаются газобаллонные автомобили двух типов: со специальными двигателями, предназначенными для работы на СНГ и имеющими резервную систему питания для кратковременной работы на бензине; с универсальными двигателями, допускающими работу как на СНГ, так и на бензине (у автомобилей этой группы мощность снижается примерно на 10 %).

Сжатые газы. Основные компоненты – метан CH_4 , окись углерода CO и водород H_2 . Получают из горючих газов различного происхождения – природных, попутных

нефтяных, коксовых и других. Их называют сжатыми природными газами или СПГ. Содержание метана в СПГ составляет $40 \div 82$ %. Критическая температура метана составляет -82 °С, поэтому без охлаждения СПГ перевести в жидкое состояние нельзя. Существует две марки СПГ – «А» и «Б», которые отличаются содержанием метана и азота.

Газобаллонные установки для СПГ рассчитаны на работу при давлении 19,6 МПа. Баллоны для СПГ изготавливаются толстостенными и имеют большую массу. Так, батарея из 8 50-литровых баллонов весит более 0,5 т., следовательно, существенно снижается грузоподъемность автомобиля. Кроме того, пробег автомобиля на одной заправке при работе на СПГ в 2 раза меньше, чем на бензине. Более перспективна криогенная технология хранения СПГ в сжиженном виде.

Метан легче воздуха, поэтому при утечках скапливается в верхней части помещения.

Метан имеет высокую детонационную стойкость, поэтому двигатели можно форсировать по степени сжатия.

СПГ воспламеняется в камере сгорания при температуре $635 \div 645$ °С, что значительно выше температуры воспламенения бензина. Это затрудняет пуск двигателя, особенно при низких температурах воздуха. В то же время по опасности воспламенения и пожароопасности они значительно безопаснее бензина.

Преимущества СПГ перед бензинами:

- повышается срок службы моторного масла в $2,0 \div 3,0$ раза;
- увеличивается ресурс двигателя на $35 \div 40$ % вследствие отсутствия нагара на деталях цилиндропоршневой группы;
- увеличивается на 40 % срок службы свечей зажигания;
- на 90 % снижается выброс вредных веществ с отработавшими газами, особенно СО.

Недостатки СПГ:

- цена автомобиля возрастает примерно на 27 %;
- трудоёмкость ТО и ТР возрастает на $7 \div 8$ чел.-ч;
- мощность двигателя снижается на $18 \div 20$ %, время разгона увеличивается на $24 \div 30$ %, максимальная скорость уменьшается на $5 \div 6$ %, максимальные углы преодолеваемых подъёмов уменьшаются на $30 \div 40$ %, эксплуатация автомобиля с прицепом затрудняется;
- дальность ездки на одной заправке не превышает $200 \div 250$ км;
- грузоподъемность автомобиля снижается $9 \div 14$ %.

С учётом достоинств и недостатков автомобилей, работающих на СПГ, определена область их рационального использования – перевозки в крупных городах и прилегающих к ним районах.

III часть. МАСЛА И СМАЗКИ

3.1 Моторные масла

Моторные масла обеспечивают:

- снижение трения и износа трущихся деталей двигателя за счёт создания на их поверхностях прочной масляной плёнки;
- уплотнение зазоров в сопряжениях и, в первую очередь, деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ);
- отвод тепла от трущихся деталей, удаление продуктов износа из зон трения;
- защиту рабочих поверхностей трущихся деталей от коррозии продуктами окисления масла и сгорания топлива;
- предотвращение всех видов отложений (нагары, лаки, зольные отложения).

Эксплуатационные требования к моторным маслам:

- оптимальная вязкость, определяющая надёжную и экономичную работу агрегатов на всех режимах;
- хорошая смазывающая способность;
- устойчивость к испарению, вспениванию, выпадению присадок;
- отсутствие коррозии и коррозионных износов;
- малый расход масла при работе двигателя;
- большой срок службы масла до замены без ущерба для надёжности двигателя;
- сохранение качества при хранении и транспортировке. Для выполнения этих требований моторные масла обладают рядом свойств, к важнейшим из которых относятся вязкостные и низкотемпературные.

От *вязкости* зависят режим смазки, отвод тепла от рабочих поверхностей, уплотнение зазоров, энергетические потери в двигателе, быстрота запуска двигателя и т.д.

Вязкость моторных масел измеряют в следующих единицах:

- кинематическая вязкость $\nu - 1 \text{ мм}^2/\text{с} = \text{сСт}$ (сантистокс);
- динамическая вязкость $\tau - 1 \text{ Па}\cdot\text{с} = 10 \text{ П}$ (Пуаз); $1 \text{ МПа}\cdot\text{с} = 1 \text{ сП}$ (сантипуаз).

На вязкость моторных масел существенно влияет температура. При её снижении вязкость резко увеличивается. Так, в интервале температур от 100 до 0 °С вязкость различных масел может возрасти в 300 раз и более (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Классы вязкости моторных масел по ГОСТ 17479.1-2015 «Масла моторные. Классификация и обозначение»

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм ² /с (сСт), при температуре	
	плюс 100 °С	минус 18 °С, не более
1	2	3
3з	не менее 3,8	1 250
4з	не менее 4,1	2 600
5з	не менее 5,6	6 000
6з	не менее 5,6	10 400
6	св. 5,6 до 7,0 включ.	-
8	св. 7,0 до 9,3 включ.	-
10	св. 9,3 до 11,5 включ.	-

1	2	3
12	св. 11,5 до 12,5 включ.	-
14	св. 12,5 до 14,5 включ.	-
16	св. 14,5 до 16,3 включ.	-
20	св. 16,3 до 21,9 включ.	-
24	св. 21,9 до 26,1 включ.	-
3з/8	св. 7,0 до 9,3 включ.	1 250
4з/6	св. 5,6 до 7,0 включ.	2 600
5з/10	св. 9,3 до 11,5 включ.	6 000
5з/12	св. 11,5 до 12,5 включ.	6 000
5з/14	св. 12,5 до 14,5 включ.	6 000
6з/10	св. 9,3 до 11,5 включ.	10 400
6з/14	св. 12,5 до 14,5 включ.	10 400
6з/16	св. 14,5 до 16,3 включ.	10 400

Степень изменения вязкости в зависимости от температуры характеризуется *индексом вязкости* (ИВ), определяемым по значениям вязкости масла при 50 и 100 °С. Чем меньше изменение вязкости масла в заданном интервале температур, тем лучше его вязкостно-температурные свойства и тем больше индекс вязкости этого масла. Для летних масел индекс вязкости, как правило, не превышает 90, а для зимних и всесезонных (загущенных) он составляет 95 ÷ 125 и выше. При определённой температуре масло вообще теряет подвижность. Эта температура называется *температурой застывания* масла. Для моторных масел температура застывания, как правило, составляет: -15 °С – для летних, -25 ÷ -30 °С – для зимних, -35 ÷ -45 °С – для загущенных.

Вязкостно-температурные свойства в первую очередь определяют выбор моторного масла для конкретного типа двигателя и условий его эксплуатации. При предельно высоких рабочих температурах в двигателе вязкость масла должна быть достаточной, чтобы обеспечить надёжную смазку и работу узлов трения, низкий износ деталей, эффективное уплотнение сопряжении, малый прорыв картерных газов и расход масла на угар. При отрицательных температурах масло должно иметь относительно низкую вязкость, обеспечивающую эффективный пуск двигателя, своевременную подачу масла к парам трения и т.д.

Однако для обычных (незагущенных) минеральных масел – это трудносочетаемые требования. Поэтому масла с вязкостью 6 ÷ 8 мм²/с при 100 °С применяют в зимний период, а более вязкие (10 ÷ 14 мм²/с при 100 °С) – в летний.

В настоящее время находят широкое применение всесезонные моторные масла, для которых при высоких температурах характерны значения вязкости летних образцов, а при отрицательных температурах – зимних.

Классификация (обозначение) масел. Для правильного подбора моторного масла по вязкости к конкретному типу двигателя и условиям его эксплуатации следует руководствоваться ГОСТ 17479.1-2015 «Масла моторные. Классификация и обозначение». По этому ГОСТу моторные масла разделяют на различные классы по вязкости (табл. 3.1) и различают по сезонности применения, т.е. они дифференцируются на зимние (вязкость 6 ÷ 8 мм²/с при 100 °С), летние (10 ÷ 20 мм²/с при 100 °С) и всесезонные.

Для сезонных (незагущенных) масел нормируются значения вязкости при 100 °С.

Для всесезонных (загущенных) масел в знаменателе дробного обозначения указывается вязкость при 100 °С, цифра в числителе характеризует предельно допустимую вязкость при -18 °С.

При подборе масла для конкретного типа двигателя наряду с установлением требуемых вязкостных показателей определяют также необходимый для этого двигателя уровень качества масла, т.е. группу масла по эксплуатационным свойствам.

До 1974 г. в нашей стране деление масел по уровню качества не производилось. Масла выпускались, с буквенным обозначением, характеризующим область их применения – А, Д, М и МТ (А – для смазки карбюраторных двигателей, Д – для автотракторных и судовых дизелей, М – для поршневых авиационных двигателей, МТ – для транспортных дизелей);

особенности технологии получения масел указывались буквами: К – кислотная, С – селективная очистка, П – масло с присадками, З – загущенное масло). Например, автомобильное масло селективной очистки АС-8, авиационное масло МС-20, загущенные масла с присадками АКЗп-6 и АСЗп-10, масло для транспортных дизелей МТ-16п и т.д. Цифры в обозначении масел характеризовали их вязкость в сСт (мм²/с) при температуре 100 °С.

Обеспечение надёжной и экономичной работы современных двигателей возможно только при условии применения в них моторных масел с определёнными свойствами, отвечающих необходимым требованиям.

Моторные масла по ГОСТ 17479.1-2015 подразделяются на группы по эксплуатационным свойствам, характеризующие условия работы масла в двигателях конкретного уровня форсирования (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Группы моторных масел

Группа моторного масла		Рекомендуемая область применения
1	2	
А	нефорсированные бензиновые двигатели и дизели	
Б	Б1	малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
	Б2	малофорсированные дизели
В	В1	среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих окислению масла и образованию всех видов отложений
	В2	среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и склонности к образованию высокотемпературных отложений
Г	Г1	высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжёлых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению
	Г2	высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений

1		2
Д	Д1	высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях более тяжёлых, чем для масел группы Г1
	Д2	высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжёлых эксплуатационных условиях
Е	Е1	высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях более тяжёлых, чем для масел групп Д1
	Е2	высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в эксплуатационных условиях более тяжёлых, чем для масел группы Д2

Зная уровень форсирования двигателя и условия его эксплуатации по табл. 3.2 производят выбор моторного масла требуемой группы качества. Одновременно, исходя из предполагаемого температурного диапазона работы масла, по табл. 3.1 устанавливают требуемый класс вязкости.

В зависимости от вязкости и эксплуатационных свойств ГОСТ 17479.1-2015 устанавливает марки моторных масел (М-8В₁, М-6з/12Г₁, М-12Г₂, М-10Д и т.д.), в условном обозначении которых заложены необходимые данные для правильного подбора масел для конкретного типа двигателя.

Например, масло М-8В₁: буква «М» обозначает моторное масло, цифра «8» характеризует его вязкость при 100 °С в мм²/с, буква «В» с индексом «1» указывает, что масло по эксплуатационным свойствам относится к группе В и предназначено для среднефорсированных карбюраторных двигателей.

Масло М-6з/12Г₁: буква «М» – моторное масло, цифра «6» свидетельствует, что это масло относится к классу, у которого вязкость при -18 °С не должна превышать 10 400 мм²/с, индекс «з» обозначает, что масло содержит загущающие (вязкостные) присадки, цифра «12» после знака дроби показывает, что вязкость масла при температуре 100 °С равна 12 мм²/с, а буква «Г» с индексом «1» обозначает принадлежность масла по эксплуатационным свойствам к группе «Г» и указывает на возможность его использования для высокофорсированных карбюраторных двигателей.

Индекс «2» при буквенном обозначении группы указывает на то, что масло предназначено для дизелей, например, М-8Г₂.

Отсутствие цифрового индекса у масел группы Б, В, Г свидетельствует об универсальности масел и возможности их применения как в карбюраторных, так и дизельных двигателях.

Отнесение масла к соответствующей группе свидетельствует об определённом уровне его эксплуатационных свойств (антиокислительных, моюще-диспергирующих, противокоррозионных, защитных и т.д.), характеризующем качество масел данной группы. Этот уровень в основном зависит от вида и концентрации вводимых присадок. Поэтому переход от масел низших групп (А, Б) к высшим (В, Г), как правило, достигается путём расширения ассортимента и количественного увеличения присадок в маслах.

Принадлежность масел к той или иной группе устанавливают на основании результатов моторных испытаний на специальных одноцилиндровых или полноразмерных двигателях. Для масел различных групп установлены нормы на оценочные показатели,

предусмотренные методами испытаний на двигателях. Сопоставляя результаты моторных испытаний масла с нормами, устанавливают его принадлежность к соответствующей группе по эксплуатационным свойствам.

За рубежом подбор масел в зависимости от типа двигателя и условий его эксплуатации осуществляется также на основании соответствующих классификаций. Градацию масел по вязкости производят по классификации *SAE* (Общество американских инженеров-автомобилистов), а по условиям и областям применения – согласно классификации *API* (Американский нефтяной институт).

По классификации *SAE J300e* масла разделяют на зимние (обозначаются буквой *W*), летние и всесезонные.

Классификация *API* подразделяет масла на две категории: *S* – категория «сервис» и *C* – коммерческая категория. Масла категории *S* предназначены для двигателей лёгких транспортных средств, применяемых в сфере обслуживания, т.е. преимущественно для бензиновых двигателей. Масла категории *C* предназначены для двигателей автомобилей, осуществляющих коммерческие перевозки, тягачей, строительно-дорожных машин и других, т.е. преимущественно для дизельных двигателей.

В каждой категории масла, в зависимости от условий работы, подразделяются на классы, также имеющие буквенную маркировку. Поэтому обозначение масел в соответствии с классификацией производится двумя буквами латинского алфавита, указывающими категорию и класс масел, например, *SE* (для карбюраторных двигателей) или *CD* (для дизелей). Универсальные масла, относящиеся к обеим категориям классификации *API*, имеют маркировку двух разных категорий, например, *SE/CD*.

Соответствие уровней эксплуатационных свойств масел по ГОСТ 17479.1-2015 и классификации *API* показано в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Ориентировочное соответствие классов моторных масел по группам эксплуатационных свойств по ГОСТ 17479.1-2015 и классификации *API*

Группа масел по настоящему стандарту	Классификация по <i>API</i>	Группа масел по настоящему стандарту	Классификация по <i>API</i>
1	2	3	4
А	<i>SB</i>	Д2	<i>CD</i>
Б	<i>SC/CA</i>	Е	<i>CF-4/SG</i>
Б1	<i>SC</i>	В1	<i>SG</i>
Б2	<i>CA</i>	В2	<i>CF-4</i>
В	<i>SD/CB</i>	—	<i>SH</i>
В1	<i>SD</i>	—	<i>SJ</i>
В2	<i>CB</i>	—	<i>SM</i>
Г	<i>SE/CC</i>	—	<i>SN</i>
Г1	<i>SE</i>	—	<i>CG</i>
Г2	<i>CC</i>	—	<i>CH</i>

1	2	3	4
Д	<i>CD/SF</i>	—	<i>CJ</i>
Д1	<i>SF</i>		

Примечание: обозначение масел по настоящему стандарту для аналогов моторных масел групп *SH, SJ, SM, SN, CG, CH, CJ* по классификации *API* можно определить после определения их эксплуатационных характеристик.

Синтетические моторные масла. Одним из путей удовлетворения все возрастающих требований к качеству моторных масел является разработка и применение синтетических моторных масел. Синтетические масла представляют собой индивидуальные соединения или смеси нескольких соединений близкой химической структуры (поли-олефины и др.).

Синтетические масла имеют высокий индекс вязкости (150 ÷ 170). Температура потери подвижности синтетических масел ниже (до -65 °С), чем у минеральных. Следовательно, пуск двигателей при отрицательных температурах при применении синтетических масел легче, чем на минеральных, и возможен при более низких температурах воздуха.

Вязкость синтетических масел при температурах 250 ÷ 300 °С, выше (до 2 ÷ 3 раз), чем у равновязких им при 100 °С минеральных. Они имеют лучшую термическую стабильность, низкую испаряемость и малую склонность к образованию высокотемпературных отложений. Поэтому синтетические масла могут с успехом применяться в высокофорсированных теплонапряженных двигателях.

Синтетические масла, как правило, превосходят минеральные по антиокислительным свойствам, диспергирующей и механической стабильности, обладают равными или лучшими противоизносными и противозадирными свойствами. В связи с этим синтетические масла имеют срок службы более 20 тыс. км пробега автомобиля, а отдельные образцы служат 80 ÷ 100 тыс. км без смены.

Расход синтетических масел на угар на 30 ÷ 40 % ниже, чем минеральных. За счёт лучших вязкостно-температурных характеристик во всём интервале встречающихся в практике температур расход топлива при использовании синтетических масел снижается на 4 ÷ 5 %.

Стоимость синтетических масел в 2 ÷ 3 раза выше, чем минеральных. Однако высокие эксплуатационные свойства, большой срок службы в двигателях до замены, низкий расход на угар и вследствие этого меньший общий расход масла делают применение их целесообразным.

3.2 Трансмиссионные масла

К трансмиссионным относятся масла, применяемые для смазки зубчатых передач агрегатов трансмиссии, а также в гидротрансмиссиях.

В современных автомобилях применяют зубчатые передачи различных типов. Особенно широко распространены винтовые (гипоидные) передачи. Их преимущество перед передачами с прямыми зубьями состоит в большей прочности зубьев шестерен при равных габаритах, плавной и бесшумной работе. Но к маслам для винтовых шестерен предъявляют более высокие требования, чем к маслам для шестерен с прямыми зубьями,

поскольку скорости скольжения в таких передачах больше.

В агрегатах трансмиссии трансмиссионные масла (ТМ) выполняют следующие функции:

- снижают износ деталей;
- уменьшают потери энергии на трение;
- увеличивают теплоотвод от трущихся поверхностей;
- снижают вибрацию и шум шестерен, а также защищают их от ударных нагрузок;
- защищают детали механизмов от коррозии;
- масла для гидромеханических передач, кроме того, выполняют функцию рабочего тела в гидротурбине, передающей мощность.

Важнейшие свойства ТМ:

- вязкостно-температурные;
- противоизносные, противозадирные, противопиттинговые;
- термическая и термоокислительная стабильность;
- стойкость к образованию эмульсий с водой;
- минимальное воздействие на резинотехнические изделия, лаки, краски и пластмассы;
- химическая и физическая стабильность при хранении и транспортировании.

В зависимости от конструктивных особенностей и назначения шестеренчатых передач к маслам могут предъявляться специфические требования. Так, масла для ведущих мостов с фрикционной блокировкой дифференциала должны обладать хорошими фрикционными свойствами. Масла для трансмиссии автомобилей с периодической эксплуатацией – хорошими защитными свойствами и т.д.

Условия, в которых работает масло, определяются следующими факторами: температурным режимом, частотой вращения шестерен (скорость относительного скольжения трущихся поверхностей зубьев), удельным давлением в зоне контакта.

Рабочая температура масла в агрегатах трансмиссии меняется в широких пределах – от температуры окружающего воздуха в начале работы до $120 \div 130$ °С и даже 150 °С в процессе работы.

В температурном режиме работы зубчатых передач различают три наиболее характерные температуры: минимальную – в момент начала работы передачи, равную наиболее низкой температуре окружающего воздуха; максимальную – соответствующую экстремальным условиям работы; среднеэксплуатационную – наиболее вероятную во время эксплуатации.

Минимальная температура масла в агрегатах трансмиссии автомобилей в холодной климатической зоне может достигать -60 °С. Максимальная и среднеэксплуатационная температуры масла зависят от температуры воздуха, условий эксплуатации, вязкости масла и от других факторов. Среднеэксплуатационная температура в агрегатах трансмиссии автомобилей обычно составляет $60 \div 90$ °С. Фактическая температура масла в зоне контакта зубьев шестерен на $150 \div 200$ °С выше температуры масла в объеме. Заметное влияние на температуру оказывает скорость скольжения на поверхности зубьев в зоне их контакта. Скорости скольжения в цилиндрических и конических передачах составляют на входе в зацепление $1,5 \div 3$ м/с; в некоторых агрегатах они достигают $9 \div 12$ м/с; для гипоидных передач скорости скольжения составляют 15 м/с и более.

В цилиндрических и конических передачах удельные нагрузки в полюсе зацепле-

ния составляют обычно $0,5 \div 1,5$ ГПа, достигая в некоторых случаях 2 ГПа. В гипоидных передачах они в два раза выше. Под действием таких нагрузок условия для гидродинамической смазки ухудшаются.

Трансмиссионные масла представляют собой сложную коллоидную систему, включающую две группы компонентов: первая – основа масла, вторая – функциональные присадки для улучшения эксплуатационных свойств масел.

К числу перспективных следует отнести синтетические масла, которые характеризуются очень пологой вязкостно-температурной кривой.

Классификация и ассортимент. В агрегатах трансмиссии автомобилей применяется широкий ассортимент масел. Согласно ГОСТ 17479.2-2015 «Масла трансмиссионные. Классификация и обозначение» масла классифицированы по классам и группам в зависимости от их вязкости и эксплуатационных свойств (табл. 3.4 и 3.5).

Таблица 3.4

Классы вязкости трансмиссионных масел

Класс трансмиссионного масла	Кинематическая вязкость* при 100 °С, мм ² /с (сСт)	Температура, при которой динамическая вязкость** не превышает 150 000 мПа·с, °С, не выше
5з	св. 4,1	-55
9з	св. 7,0	-40
12з	св. 11,0	-26
18з	св. 13,5	-12
9	св. 7,0 до 11,0 включ.	-
12	св. 11,0 до 13,5 включ.	-
18	св. 13,5 до 24,0 включ.	-
34	св. 24,0 до 41,0 включ.	-

* Определяют по ГОСТ 33.

** Определяют по ГОСТ 1929.

С учётом деления на классы и группы трансмиссионные масла имеют условные обозначения. Например, обозначение ТМ5-12 расшифровывается следующим образом: «ТМ» – трансмиссионное масло, цифра «5» – группа по эксплуатационным свойствам, цифра «12» – класс вязкости.

Представителями группы **ТМ-1** являются **нигролы** зимний и летний (ТУ 38-101529-75), применявшиеся в старых моделях автомобилей. Нигролы – это неочищенные остатки от прямой перегонки нефти, характеризуются неудовлетворительными противозносными, антиокислительными и низкотемпературными свойствами. На современных автомобилях не применяются. К этой же группе могут быть отнесены базовые масла (ТБ-20, ТС-14,5), служащие основой для изготовления автомобильных трансмиссионных масел.

Классификация трансмиссионных масел по эксплуатационным свойствам

Группа	Состав	Рекомендуемая область применения
ТМ-1	минеральные масла без присадок	цилиндрические конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях от 900 до 1 600 МПа и температуре масла в объеме не выше 90 °С
ТМ-2	минеральные масла с противоизносными присадками	цилиндрические конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2 100 МПа и температуре масла в объеме 130 °С
ТМ-3	минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	цилиндрические, конические, спирально-конические передачи, работающие при контактных напряжениях до 2 500 МПа и температуре масла в объеме не выше 150 °С
ТМ-4	минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	цилиндрические, спиральноконические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3 000 МПа и температуре масла в объеме не выше 150 °С
ТМ-5	минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3 000 МПа и температуре масла в объеме не выше 150 °С

К группе **ТМ-2** относится масло для коробок передач и рулевого управления – **ТС** (ОСТ 38.01260-82, прежнее обозначение ГОСТ 4002-53), класс 18. Это масло имеет низкие эксплуатационные свойства, применяется в ограниченных масштабах только на старых моделях легковых автомобилей.

В группу **ТМ-3** входят масла Теп-10, ТАп-15В, ТСп-15К, выпускаемые по ГОСТ 23652-79.

ТСп-10 применяют для смазывания тяжело нагруженных цилиндрических, конических и спирально-конических передач грузовых автомобилей. Служит в качестве зимнего для умеренной климатической зоны и всесезонного для северных районов страны.

ТАп-15В служит для смазывания тяжело нагруженных цилиндрических, конических и спирально-конических передач грузовых автомобилей.

ТСп-15К имеет улучшенные по сравнению с маслом ТАп-15В противоизносные, антиокислительные и низкотемпературные свойства. Служит в качестве всесезонного для умеренной климатической зоны. Предназначен для тяжело нагруженных цилиндрических и спирально-конических передач, в том числе большегрузных автомобилей КамАЗ, КрАЗ, УралАЗ.

К группе **ТМ-4** относятся масла ТСп-14 гип (ГОСТ 23652-79), ТСз-9 гип (ОСТ 38-101158-78), ТС гип (ОСТ 38-01260-82, прежнее название – масло по ГОСТ 4003-53).

ТСп-14 гип (класс 18) применяется для гипоидных передач грузовых автомобилей всесезонно в умеренной и жаркой климатической зоне. Обладает высокими противозадирными, но недостаточными антиокислительными и антикоррозионными свойствами. Показатели масла резко ухудшаются при попадании в него воды; в этом случае масло сле-

дует немедленно заменить.

ТСз-9 гип (класс 9) предназначено для применения в агрегатах трансмиссии грузовых автомобилей в районах Крайнего Севера при температуре воздуха до $-50 \div -55$ °С. Ввиду малой вязкости и ухудшения противоизносных свойств при высокой температуре – это масло применяется только в зимний период.

ТС гип предназначено для гипоидных передач старых моделей легковых автомобилей. Ввиду недостаточных низкотемпературных, противоизносных и антиокислительных свойств для новых моделей автомобилей не рекомендуется.

В группу ТМ-5 входят масла ТАД-17И (ГОСТ 236532-79) и ТМ5-12рк (ТУ 38.101844-80).

ТАД-17И (класс 18) получают смешением остаточного и дистиллятного масел с введением многофункциональной и депрессорной присадок. Масло обладает высокими эксплуатационными свойствами, является универсальным и может применяться в тяжело-нагруженных цилиндрических, спирально-конических и гипоидных передачах грузовых и легковых автомобилей в умеренной и жаркой климатических зонах.

ТМ5-12рк (класс 12) получают из низкозастывающего масла селективной очистки, загущенного полимерной присадкой, с введением многофункциональной присадки. Масло относится к числу универсальных для эксплуатации и консервации цилиндрических, спирально-конических и гипоидных передач грузовых автомобилей. Предназначено для применения в качестве всесезонного, в первую очередь для эксплуатации в северных районах.

Основным сортом, применяемых для *автомобильных гидромеханических коробок передач*, является масло **марки «А»** (ТУ 38.101179-79). Оно имеет температуру застывания -40 °С, его применяют всесезонно в умеренной климатической зоне. Для автомобилей, эксплуатирующихся в северных районах страны, разработано масло **МГТ** (ТУ 38-401-494-84), которое по эксплуатационным свойствам соответствует маслу марки «А», но имеет лучшие низкотемпературные показатели – работоспособно до -50 °С.

В *гидрообъёмных передачах* автомобилей, в частности в гидроусилителях рулей, используют масло **марки «Р»**. Его применяют в качестве всесезонного в умеренной климатической зоне.

Из масел зарубежного производства в *автоматических коробках передач* используются только минеральные масла серии «ATF», обычно марки «Дексрон» (*Dexron*) с различными числовыми индексами. Все они красного цвета и допускают смешение в различных пропорциях. Их ресурс до замены составляет $50 \div 70$ тыс. км. В коробку легкового автомобиля заливают $6 \div 9$ л (для полноприводного «Форд-Бронко» – 18 л). В последнее время используют масла жёлтого и зелёного цвета. Смешивать их с Дексроном недопустимо.

Таблица 3.6

Рекомендации по применению трансмиссионных масел

Масло	Тип передачи	Срок смены масла, тыс. км	Минимальная температура применения, °С
1	2	3	4
ТС гип	ведущие мосты старых моделей легковых автомобилей	$24 \div 30$	-20

1	2	3	4
ТАД-17И	коробки передач и ведущие мосты легковых и грузовых автомобилей	60 ÷ 80	-30
ТАп-15В	коробки передач грузовых автомобилей с карбюраторными двигателями; ведущие мосты с негипоидными передачами легковых и грузовых автомобилей	24 ÷ 72	-25
ТСп-15К	коробки передач, ведущие мосты грузовых автомобилей с негипоидными передачами	36 ÷ 72	-30
ТСп-14 гип	ведущие мосты грузовых автомобилей с гипоидными передачами	36	-30
ТСп-10	коробки передач грузовых автомобилей с карбюраторными двигателями; ведущие мосты грузовых автомобилей с негипоидными передачами	35 ÷ 50	-45
ТСз-9 гип	коробки передач и ведущие мосты автомобилей при эксплуатации на Севере	зимний период	-50
ТМ5-12рк	коробки передач и ведущие мосты грузовых автомобилей	50	-50

За рубежом для маркировки трансмиссионных масел используют классификации *SAE* и *API*.

По классификации *SAE* масла подразделяются на летние (например, *SAE140*), зимние (*75W*) и всесезонные (*75W90*). Соответствие классов вязкости по ГОСТу и *SAE* приведено в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Примерное соответствие классов вязкости трансмиссионных масел по ГОСТу и *SAE*

Класс вязкости масел по <i>SAE</i>	Вязкость при 99 °С, мм ² /с	Соответствие классу вязкости по ГОСТу	
		не менее	не более
<i>75W</i>	4.2	1	-
<i>80W</i>	7	-	9
<i>85W</i>	11	-	-
90	14	25	18
140	25	43	34

По классификации *API* трансмиссионные масла подразделяются по уровню противоизносных и противозадирных свойств:

GL-1 – применяются в зубчатых зацеплениях при невысоких давлениях и скоростях скольжения (не содержат присадок);

GL-2 – содержат противоизносные присадки;

GL-3 – содержат противозадирные присадки, могут быть использованы для спирально-конических передач, в том числе гипоидных.

Всего 5 классов, которые соответствуют группам, обозначенным по ГОСТу ТМ-1, -2, -3, -4, -5.

3.3 Пластичные смазки

Пластичные смазки (ПС) – это густые мажеобразные продукты. Имеют два основных компонента – масляную основу (дисперсионная среда) и твёрдый загуститель (дисперсная среда). Для улучшения консервационных, противоизносных свойств, химической стабильности, термостойкости в смазки вводят присадки в количестве $0,001 \div 5 \%$.

Ассортимент, ПС разделены на четыре группы: антифрикционные, консервационные, уплотнительные и канатные.

Антифрикционные предназначены для снижения износа и трения скольжения сопряжённых деталей. Они делятся на подгруппы: С – общего назначения для температур до $70 \text{ }^\circ\text{C}$, О – для повышенной температуры (до $110 \text{ }^\circ\text{C}$), М – многоцелевые ($-30 \div 130 \text{ }^\circ\text{C}$); Ж – термостойкие ($150 \text{ }^\circ\text{C}$ и выше), Н – морозостойкие (ниже $-40 \text{ }^\circ\text{C}$); И – противозадирные и противоизносные; П – приборные; Д – приработочные; Х – химически стойкие.

Консервационные предназначены для предотвращения коррозии металлических поверхностей при хранении и эксплуатации, обозначаются индексом «З».

Канатные смазки обозначаются индексом «К».

Уплотнительные делятся на три группы: А – арматурные; Р – резьбовые; В – вакуумные.

Кроме того, в классификационном обозначении указывают:

- тип загустителя;
- рекомендуемый температурный диапазон применения;
- дисперсионную среду;
- консистенцию.

Загуститель обозначается первыми двумя буквами входящего в состав мыла металла: «Ка» – кальциевое; «На» – натриевое; «Ли» – литиевое.

Рекомендуемый температурный диапазон применения указывают дробью: в числителе – уменьшенная в 10 раз минимальная температура без знака минус, в знаменателе – уменьшенная в 10 раз максимальная температура.

Тип дисперсионной среды и присутствие твёрдых добавок обозначают строчными буквами: «у» – синтетические углеводороды, «к» – кремнийорганические жидкости, «г» – добавки графита, «д» – добавка дисульфата молибдена. Смазки на нефтяной основе индекса не имеют.

Консистенцию смазок обозначают условными числами от 0 до 7.

Пример. ПС Литол-24 (товарная марка) имеет следующее классификационное обозначение МЛи 4/13-3:

- «М» – многоцелевая антифрикционная, работоспособна в условиях повышенной влажности;
- «Ли» – загущена литиевыми мылами;
- «4/13» – работоспособна в интервале температур от -40 до $130 \text{ }^\circ\text{C}$, отсутствие индекса дисперсионной среды – приготовлена на нефтяном масле;
- «3» – условная характеристика густоты смазки.

Кальциевые смазки (солидолы) – антифрикционные пластические смазки. Они не растворимы в воде, поэтому в условиях высокой влажности и при контакте с водой хорошо защищают металлические детали от коррозии. Недостаток – работоспособны при температурах до $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

Солидолы синтетические (солидол С) – применяется в подшипниках качения и

скольжения, в шарнирах, винтовых и цепных передачах. Их недостатки – низкая механическая стабильность, работоспособность при температурах до 50 °С.

В табл. 3.8 приведены сведения о соответствии основных марок отечественных и зарубежных смазок.

Таблица 3.8

Соответствие отечественных и зарубежных марок пластичных смазок

Отечественная смазка	Смазка фирмы			
	<i>Shell</i>	<i>Mobil</i>	<i>BP</i>	<i>Esso</i>
Солидол С	<i>Uneda 2, 3</i> <i>Lirona 3</i>	<i>Mobilgrease AA</i> № 2, <i>Greasrex D60</i>	<i>Energrease C2,</i> <i>C3;</i> <i>Energrease GP2,</i> <i>GP3</i>	<i>Chassis XX,</i> <i>Cazar K2</i>
Пресс-солидол	<i>Uneda 1,</i> <i>Retinax C</i>	<i>Mobilgrease AA</i> № 1	<i>Energrease C1,</i> <i>CA</i>	<i>Chassis L, H,</i> <i>Cazar K 1</i>
Графитная УСсА	<i>Barbatia-2, -3, -4</i>	<i>Graphited</i> № 3	<i>Energrease C2G,</i> <i>C36</i>	<i>Van Estan 2</i>
ЦИАТИМ-201	<i>Aeroshell,</i> <i>Grease 6</i>	<i>Mobilgrease BRB</i> <i>Zero</i>	—	<i>Beacon 325</i>
1-13, ЯНЗ-2	<i>Nerita 2, 3</i> <i>Retinax H</i>	<i>Mobilgrease BPB</i> № 3	<i>Energrease</i> № 2, № 3	<i>AndokM275,</i> <i>Andok B</i>
Литол-24	<i>Retinax A,</i> <i>Alvania 3, R3</i>	<i>Mobilgrease 22</i> <i>Mobilgrease BRB</i>	<i>Energrease L2,</i> <i>Multipurpose</i>	<i>Beacon 3,</i> <i>Unirex 3</i>
Фиол-1	<i>Alvania 1</i>	<i>Mobilux 1</i>	<i>Energrease L2</i>	<i>Multipurpose</i>

Применение. В шарнирах рулевого управления, шкворнях поворотных кулаков, для пальцев рессор, оси педалей сцепления и тормоза, рычагов коробки передач, раздаточной коробки, валов разжимных кулаков тормозов, в механизмах лебедки, буксирных и седельных механизмах, шлицах и подшипниках карданных шарниров используются Литол-24, солидол С, пресс-солидол С.

Для карданных шарниров равных угловых скоростей используется АМ карданная, Униол-1.

Подшипники ступиц колёс, промежуточная опора карданного вала, выжимной подшипник сцепления, подшипники водяного насоса, передний подшипник первичного вала коробки передач, вал привода распределителя зажигания смазываются Литолом-24, ПС 1-13.

В подшипниках генератора, стартера, электродвигателей стеклоочистителя и отопителя используются Литол-24, N 158.

Шарниры привода стеклоочистителя, петли дверей смазываются Литолом-24, солидолом С.

Для рессор используется графитная смазка УСсА.

Клеммы аккумулятора смазываются Литолом-24, солидолом С, ВТВ-1, пушечной смазкой.

Для гибкого вала спидометра используются ЦИАТИМ-201, моторное масло.

Тросы стояночного тормоза, замка капота смазываются Литолом-24, ЦИАТИМ-201.

IV часть. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЖИДКОСТИ

4.1 Амортизаторные жидкости

В легковых автомобилях нашли широкое применение амортизаторы (виброизоляторы) телескопического типа, а в последнее время – телескопические стойки, предназначенные для гашения колебаний кузова на упругих элементах подвески. Установка амортизаторов делает ход автомобиля плавным даже при движении по бездорожью.

Рабочим телом в гидравлических амортизаторах служат маловязкие жидкости, обычно на нефтяной основе.

Требования к амортизаторным жидкостям многообразны. Основным показателем является вязкость. Большинство рабочих жидкостей, применяемых в телескопических амортизаторах, характеризуются следующими значениями вязкости: при 20 °С – 30 ÷ 60 мм²/с; при 50 °С – 10 ÷ 16 мм²/с; при 100 °С – 3,0 ÷ 6,0 мм²/с.

Высокие требования предъявляются к вязкости амортизаторных жидкостей при отрицательных температурах. Так, при -20 °С вязкость не должна превышать 800 мм²/с. Желательно, чтобы во всём интервале встречающихся на практике отрицательных температур вязкость амортизаторной жидкости не превышала 2 000 мм²/с. При более высокой вязкости работа амортизаторов резко ухудшается и происходит блокировка подвески. С этим часто встречаются на практике, так как уже при -30 °С вязкость товарных амортизаторных жидкостей превышает 2 000 мм²/с и при -40 °С достигает 5 000 ÷ 10 000 мм²/с. Обеспечить требуемую вязкость (при температурах ниже -30 °С) могут амортизаторные жидкости на синтетической основе.

Рабочая амортизаторная жидкость должна обладать определённой теплоёмкостью и теплопроводностью.

Важное значение имеют смазывающие свойства жидкостей, которые определяются обычно при испытании на машинах трения или при испытании самих амортизаторов на стенде. Так, амортизаторная жидкость **МГП-10**, применяемая на старых моделях автомобилей ВАЗ, не обеспечила достаточной износостойкости телескопических стоек автомобилей ВАЗ-2108, что потребовало разработки новой амортизаторной жидкости **МГП-12**.

Амортизаторные жидкости не должны быть склонны к пенообразованию, так как это снижает энергоёмкость амортизатора и нарушает условия смазки трущихся пар.

Важными характеристиками амортизационных жидкостей являются такие, как стабильность против окисления, механическая стабильность, испаряемость и совместимость с конструкционными материалами, особенно резиновыми уплотнениями.

В их состав, как правило, вводят различные добавки, улучшающие свойства жидкости. Это высоко молекулярные присадки для улучшения вязкостно-температурных характеристик, антиокислительные и противопенные присадки, а также присадки для улучшения смазывающих свойств.

Обслуживание (замена рабочей жидкости) и ремонт амортизаторов требуют специального технологического оборудования и должны производиться на станциях технического обслуживания автомобилей.

Зарубежными аналогами отечественных амортизаторных жидкостей могут быть следующие жидкости: фирмы *Shell* – *Aeroshell Fluid 1*, фирмы *BP* – *BP Aero Hydraulic 2*,

4.2 Тормозные жидкости

Тормозные жидкости служат для передачи энергии к исполнительным механизмам в гидроприводе тормозной системы автомобиля.

Рабочее давление в гидроприводе тормозов достигает 10 МПа и более. Развиваемое давление передаётся на поршни колёсных цилиндров, которые прижимают тормозные накладки к тормозным дискам или барабанам. При торможении кинетическая энергия при трении превращается в тепловую. При этом освобождается большое количество теплоты, которое зависит от массы и скорости автомобиля. При экстренных торможениях автомобиля температура тормозных колодок может достигать 600 °С, а тормозная жидкость нагреваться до 150 °С и выше. Высокие температуры в тормозах и гигроскопичность жидкости приводят к её обводнению и преждевременному старению. В этих условиях жидкость может отрицательно влиять на резиновые манжетные уплотнения тормозных цилиндров, вызывать коррозию металлических деталей. Но наибольшую опасность для работы тормозов представляет возможность появления в жидкости пузырьков пара и газа, образующихся при высоких температурных режимах эксплуатации из-за низкой температуры кипения самой жидкости, а также при наличии в ней воды.

При нажатии на педаль тормоза пузырьки газа сжимаются, и так как объём главного тормозного цилиндра невелик (5 ÷ 15 мл), даже сильное нажатие на педаль может не привести к росту необходимого тормозного давления, т.е. тормоз не работает из-за наличия в системе паровых пробок.

Надёжная работа тормозной системы – необходимое условие безопасной эксплуатации автомобиля, поэтому тормозная жидкость является её функциональным элементом и должна отвечать комплексу технических требований. Важнейшие из них рассмотрены ниже.

Температура кипения. Это важнейший показатель, определяющий предельно допустимую рабочую температуру гидропривода тормозов. Для большей части современных тормозных жидкостей температура кипения в процессе эксплуатации снижается из-за их высокой гигроскопичности. К этому приводит попадание воды, главным образом за счёт конденсации из воздуха. Поэтому наряду с температурой кипения «сухой» тормозной жидкости определяют температуру кипения «увлажнённой» жидкости, содержащей 3,5 % воды.

Температура кипения «увлажнённой» жидкости косвенно характеризует температуру, при которой жидкость будет «закипать» через 1,5 ÷ 2 года её работы в гидроприводе тормозов автомобиля. Для надёжной работы тормозов необходимо, чтобы она была выше рабочей температуры жидкости в тормозной системе.

Из опыта эксплуатации следует, что температура жидкости в гидроприводе тормозов грузовых автомобилей обычно не превышает 100 °С. В условиях интенсивного торможения, например, на горных дорогах, температура может подняться до 120 °С и более.

В легковых автомобилях с дисковыми тормозами температура жидкости при движении по магистральным автострадам составляет 60 ÷ 70 °С, в городских условиях достигает 80 ÷ 100 °С, на горных дорогах 100 ÷ 120 °С, а при высоких скоростях движения, температурах воздуха и при интенсивных торможениях – до 150 °С. В некоторых случаях (спецмашины, спортивные автомобили и т.д.) температура жидкости может превышать

указанные значения.

Следует отметить, что начало образования паровой фазы тормозных жидкостей при нагреве, а, следовательно, и паровых пробок в гидроприводе тормозов происходит при температуре на $20 \div 25$ °С ниже температуры кипения жидкости. Это обстоятельство принимается во внимание при установлении показателей качества тормозных жидкостей.

Согласно требованиям международных стандартов, температура кипения «сухой» и «увлажнённой» тормозной жидкости должна иметь значения соответственно не менее 205 и 140 °С для автомобилей при обычных условиях их эксплуатации и не менее 230 и 155 °С – для автомобилей, эксплуатирующихся на режимах с повышенными скоростями или с частыми и интенсивными торможениями, например, на горных дорогах. Следует иметь в виду, что на автомобиле, остановившемся после интенсивных торможений, температура жидкости может некоторое время повышаться за счёт теплоты тормозных колодок из-за прекращения их охлаждения встречным потоком воздуха.

Вязкостно-температурные свойства. Процесс торможения обычно длится несколько секунд, а в экстренных условиях – доли секунды. Поэтому необходимо, чтобы сила, прилагаемая водителем к педали, быстро передавалась на поршни рабочих цилиндров. Это условие обеспечивается необходимой текучестью жидкости и определяется максимально допустимой вязкостью при температуре -40 °С: не более 1 500 мм²/с для жидкостей общего назначения и не более 1 800 мм²/с – для высокотемпературных жидкостей. Жидкости для Севера должны иметь вязкость не более 1 500 мм²/с при -55 °С.

Антикоррозионные свойства. В гидроприводе тормозов детали из различных металлов соединяются между собой, что создаёт условия для протекания электрохимической коррозии. Для предотвращения коррозии жидкости должны содержать ингибиторы, защищающие сталь, чугун, белую жель, алюминий, латунь, медь от коррозии. Их эффективность оценивается по изменению массы и состоянию поверхности пластин из указанных металлов после их выдерживания в тормозной жидкости, содержащей 3,5 % воды, в течение 120 ч при 100 °С.

Совместимость с резиновыми уплотнениями. Для обеспечения герметичности гидросистемы на поршни и цилиндры ставят резиновые уплотнительные манжеты. Необходимое уплотнение обеспечивается, когда под воздействием тормозной жидкости манжеты несколько набухают и их уплотнительные кромки плотно прилегают к стенкам цилиндра. При этом недопустимо как слишком сильное набухание манжет, так как может произойти их разрушение при перемещении поршней, так и усадка манжет, чтобы не допустить утечки из системы.

Испытание на набухание резины осуществляется при выдерживании манжет или образцов резины в жидкости при 70 и 120 °С. Затем определяется изменение объёма, твёрдости и диаметра манжет.

Смазывающие свойства. Влияние жидкости на износ рабочих поверхностей тормозных поршней, цилиндров, манжетных уплотнений проверяется при стендовых испытаниях, имитирующих работу гидропривода тормозов в тяжёлых условиях эксплуатации.

Стабильность при высоких и низких температурах. Тормозные жидкости в интервале рабочих температур от -50 до +150 °С должны сохранять исходные показатели, т.е. противостоять окислению и расслаиванию при хранении и применении, образованию осадков и отложению на деталях гидропривода тормозов.

Ассортимент и эксплуатационные свойства. В настоящее время выпускается не-

сколько марок тормозных жидкостей.

Жидкость **БСК** (ТУ 6-10-1533-75) представляет собой смесь бутилового спирта и касторового масла, имеет хорошие смазывающие свойства, но невысокие вязкостно-температурные показатели, используются в основном на старых моделях автомобилей.

Жидкость «**Нева**» (ТУ 6-01-1163-78) – основными компонентами являются гликолевый эфир и полиэфир, содержат антикоррозионные присадки. Работоспособна при температуре до $-40 \div -45$ °С. Применяется в гидроприводе тормозов и сцеплений грузовых и легковых автомобилей.

Жидкость **ГТЖ-22м** (ТУ 6-01-787-75) – на гликолевой основе. По показателям близка к «Неве», но обладает худшими антикоррозионными и вязкостно-температурными свойствами. Рекомендуются для применения лишь на отдельных моделях грузовых автомобилей.

Жидкость «**Томь**» (ТУ 6-01-1276-82) разработана взамен жидкости «Нева». Основные компоненты – концентрированный гликолевый эфир, полиэфир, бораты; содержит антикоррозионные присадки. Имеет лучшие эксплуатационные свойства, чем «Нева», более высокую температуру кипения. Совместима с «Невой» при смешивании в любых соотношениях.

Жидкость «**Роса**» (ТУ 6-05-221-564-84) разработана для новых моделей легковых автомобилей, в первую очередь ВАЗ-2108. Основной компонент – боросодержащий полиэфир; содержит антикоррозионные присадки. Она имеет высокие значения температуры кипения (260 °С) и температуры кипения «увлажнённой» жидкости (165 °С). Это обеспечивает надёжную работу тормозной системы при тяжёлых эксплуатационных режимах и позволяет увеличить срок службы жидкости.

Чтобы исключить возможность образования паровых пробок, жидкость «Нева» в зависимости от условий эксплуатации автомобилей рекомендуется заменять через $1 \div 2$ года; срок службы жидкостей «Томь» и «Роса» может быть более двух лет.

Низкотемпературные показатели неудовлетворительны у БСК. Уже при температуре $-15 \div -17$ °С образуются кристаллы касторового масла. С дальнейшим понижением температуры происходит потеря подвижности; при температуре ниже -20 °С жидкость БСК неработоспособна.

Жидкости «Нева», «Томь», «Роса» работоспособны до $-40 \div -45$ °С.

Для автомобилей, эксплуатирующихся в районах Крайнего Севера, необходима специальная жидкость, у которой вязкость при -55 °С должна быть не более $1\ 500$ мм²/с. При отсутствии такой жидкости практикуется разбавление жидкости «Нева» и «Томь» $18 \div 20$ % этилового спирта. Такая смесь работоспособна при температуре до -60 °С, однако имеет низкую температуру кипения и не обеспечивает герметичности резиновых манжетных уплотнений. Поэтому разбавление жидкости спиртом – вынужденная мера, и по окончании зимней эксплуатации смесь следует заменить.

Жидкости «Нева», «Томь», «Роса» совместимы, их смешивание между собой возможно в любых соотношениях. Смешивание указанных жидкостей с БСК недопустимо, так как приведёт к расслоению смеси и потере необходимых эксплуатационных свойств.

Зарубежными аналогами жидкостей «Нева» и «Томь» являются жидкости, соответствующие международной классификации ДОТ-3, которые имеют температуру кипения более 205 °С, а для жидкости «Роса» – жидкости ДОТ-4 с температурой кипения более 230 °С.

Жидкости типа БСК на современных моделях автомобилей за рубежом не применяются.

4.3 Охлаждающие жидкости

Требования, предъявляемые к жидкости для систем охлаждения двигателей, весьма разнообразны. Такая жидкость не должна замерзать и кипеть во всём рабочем диапазоне температур двигателя, легко прокачиваться при этих температурах, не воспламеняться, не вспениваться, не воздействовать на материалы системы охлаждения, быть стабильной в эксплуатации и при хранении, иметь высокую теплопроводность и теплоёмкость.

В наибольшей степени этим требованиям отвечает вода и водные растворы некоторых веществ.

Вода имеет целый ряд положительных свойств: доступность, высокую теплоёмкость, пожаробезопасность, нетоксичность, хорошую прокачиваемость при положительных температурах.

К недостаткам воды следует отнести: неприемлемо высокую температуру замерзания и увеличение объёма при замерзании, недостаточно высокую температуру кипения и склонность к образованию накипи. Эти недостатки ограничивают применение воды в качестве охлаждающей жидкости. Однако в тех климатических зонах, где не бывает низких температур или автомобили эксплуатируются только в летний период, вода может применяться в системах охлаждения автомобилей. В этом случае важно знать её свойства, чтобы избежать нежелательных последствий от эксплуатации двигателей на воде.

В первую очередь это относится к накипи – твёрдым и прочным отложениям на горячих стенках системы охлаждения, образующимся в результате оседания на стенках бикарбонатов, сульфатов и хлоридов кальция и магния, содержащихся в воде.

Образование накипи кроме ухудшения теплоотвода приводит к увеличению расхода топлива. Так, при толщине накипи $1,5 \div 2$ мм расход топлива может возрасти на $8 \div 10$ %. Это происходит вследствие недопустимого повышения температурного режима цилиндропоршневой группы из-за термического сопротивления слоя накипи.

Для предупреждения образования накипи в системе охлаждения используется два способа:

- введение антинакипинов (хромпик, нитрат аммония);
- умягчение воды перед заливкой в систему (кипячением, перегонкой или обработкой кальцинированной содой).

Наличие у современных двигателей двухконтурной системы охлаждения с термостатом исключает возможность применения воды в зимнее время. Это связано с тем, что после пуска охлаждающая жидкость для более быстрого прогрева двигателя циркулирует только по малому контуру, минуя радиатор. Время открытия термостата и циркуляции по большому контуру может быть достаточно большим, особенно при низких температурах. В течение – этого времени вода в радиаторе без циркуляции может замерзнуть, что приведёт к его размораживанию.

При определённых условиях эксплуатации автомобилей: высокой температуре окружающего воздуха, буксировке прицепа, движении по бездорожью на пониженных передачах и т. д. – охлаждающая жидкость может нагреться до температуры кипения. Эффективность охлаждения в этом случае резко падает, двигатель перегревается, возможен его выход из строя. Для устранения этого необходимо применять охлаждающую жидкость

с повышенной температурой кипения и герметизировать систему охлаждения.

Системы охлаждения современных двигателей герметичны, и жидкость в них находится под небольшим давлением, обычно около 0,05 МПа, которое поддерживается клапаном радиатора. В новых моделях автомобилей давление в системе охлаждения ещё выше (0,12 МПа) и поддерживается клапаном в расширительном бачке. При давлении 0,05 МПа вода кипит при 112 °С, а при 0,12 МПа – при 124 °С.

В последние десятилетия получили широкое распространение низкотемпературные охлаждающие жидкости – *антифризы* на основе водных растворов этиленгликоля (СН₂ОН – СН₃ОН) с температурой кипения 197 °С. В отличие от воды при замерзании антифризы не расширяются и не образуют твёрдой сплошной массы. Образуется рыхлая масса кристаллов воды в среде этиленгликоля. Такая масса не приводит к размораживанию блока и не препятствует запуску двигателя. Антифриз после пуска двигателя довольно быстро переходит в жидкое состояние. Однако прогрев отопителя салона затрудняется, поэтому необходимо поддерживать такую концентрацию антифриза, чтобы он не замерзал до температуры -40 ÷ -35 °С.

Антифризам присущи некоторые недостатки. Так, их теплопроводность и теплоёмкость ниже, чем у воды, что несколько снижает эффективность систем охлаждения.

При нагреве антифризы увеличивают объём, ввиду чего в системе охлаждения устанавливается расширительный бачок. Этиленгликоль коррозионно агрессивен по отношению к металлам, поэтому в антифризы при изготовлении добавляют специальные антикоррозионные и противопенные присадки. Общее содержание присадок составляет 3 ÷ 5 %.

Температура кипения антифриза достаточно высокая и составляет 120 ÷ 132 °С. Поэтому в герметичной системе охлаждения современного автомобиля при нормальных условиях эксплуатации (без перегрева двигателя) потери антифриза происходят преимущественно из-за утечек (микрощели в радиаторе, ослабление креплений хомутов на шлангах и другие неисправности).

Восполнять уровень антифриза в системе охлаждения водой нежелательно, так как при этом снижается концентрация этиленгликоля в смеси, что ведёт к повышению температуры замерзания.

Наиболее широко на автомобилях применяется антифриз **Тосол А40-М**. Допустимый срок службы антифриза «Тосол А40-М» составляет до 3 лет эксплуатации автомобилей или 60 тыс. км пробега. При более длительных сроках эксплуатации на некоторых деталях системы охлаждения начинают появляться очаги коррозии, в первую очередь на крыльчатке водяного насоса, т.е. на чугуне. Корродируют также детали из алюминия, припой в радиаторе, латунные трубки радиатора и корпус термостата.

Антифриз в процессе эксплуатации изменяет свои характеристики: снимается запас щелочности, увеличивается склонность к пенообразованию, возрастает агрессивность к резине и увеличивается способность вызывать коррозию металлов. Интенсивность изменения характеристик антифриза зависит от средней рабочей температуры в двигателе. В южных районах, где эти температуры обычно более высокие, антифриз стареет интенсивнее. В северных же районах страны антифриз может служить и более трёх лет.

Трёхлетний срок службы «Тосола А40-М» гарантируется только при поддержании в течение этого времени требуемой плотности антифриза – не менее 1 075 кг/м³. Добавление более 1 л свежего концентрата увеличивает срок службы антифриза примерно на год.

Охлаждающая жидкости «Лена-40» по свойствам близка к «Тосолу А40-М», но меньше корродирует чугунные и алюминиевые детали.

V часть. Экономия топливно-энергетических ресурсов

5.1 Управление расходом топливно-энергетических ресурсов

Все мероприятия, направленные на экономию нефтепродуктов на автомобильных предприятиях (АТП), осуществляются за счёт бухгалтерского и оперативного учёта горюче-смазочных материалов (ГСМ), систематического анализа фактического расхода по видам работ, упорядоченного хранения и механизированной заправки, а также за счёт качественного технического обслуживания автомобилей.

Эффективность использования ГСМ, количественная и качественная их сохранность во многом зависят от организации управления расходом топливно-энергетических ресурсов.

На АТП с числом автомобилей свыше 300 единиц создаются самостоятельные структурные подразделения – отделы ТЭР. При меньшем числе автомобилей на АТП создается группа ТЭР, входящая в состав производственно-технического отдела. Начальнику отдела (группы) ТЭР по вопросам, связанным с использованием ТЭР, подчиняются все водители и ремонтные рабочие.

Обычно отделы (группы) ведут оперативный учёт ГСМ, разрабатывают планы организационно-технических мероприятий по их экономии, проводят систематический анализ расхода топлива на предприятии с каждым водителем.

Всю свою деятельность отдел (группа) ТЭР осуществляет во взаимодействии с организациями, которые снабжают АТП нефтепродуктами, газом, твёрдым топливом, а также тепловой и электрической энергией, т.е. с нефтебазами, автозаправочными станциями (АЗС), складами угля, дров, газонаполнительными станциями и организациями энергооборота.

5.2 Сохранение качества и количества горюче-смазочных материалов

Высокая испаряемость моторных топлив при приёме, хранении и транспортировании ведёт к их потерям, поэтому, как показывают исследования, потери от испарения в процессе заполнения и опорожнения резервуаров для их хранения могут быть снижены. Для этого необходимо соблюдать следующие условия:

- скорость заполнения резервуара должна быть максимально возможной;
- скорость полной откачки топлива из резервуара, последующей его очистки и проветриваемости должна быть максимально возможной;
- откачка должна производиться с максимально возможной скоростью, если после откачки резервуар будет быстро заполнен;
- откачка топлива из резервуара должна вестись максимально медленно, если он длительное время хранится с остатком топлива;
- время между смежными циклами частичной откачки и заполнения резервуаров должно быть максимально сокращено.

Годовые потери от испарения топлива при вместительности резервуаров 200, 400, 1000, 2000 м³ составляют соответственно 5,75; 4,24; 3,25; 2,75 % от соответствующей ёмкости резервуара.

Потери в резервуарных парках могут возникнуть в результате выхода наружу топлива или его паров при механических повреждениях корпусов резервуаров, крыш или трубопроводов.

Причинами таких повреждений чаще всего являются:

- повышенное давление при несоответствии интенсивности закачки топлива и пропускной способности дыхательной арматуры;
- закачка топлива с увеличенным содержанием растворённых газов или нагретого выше установленной температуры;
- примерзание в холодное время года тарелок дыхательных клапанов;
- обледенение насадки огневого преградителя.

Механические повреждения возможны также в результате переполнения резервуара, сильной коррозии металла или снижения его прочности под воздействием чрезмерно низкой или высокой температуры.

Окраска резервуаров является наиболее простым и доступным способом борьбы с потерями топлива из-за «малых дыханий», не требующим капитальных затрат и применяемым в любых условиях, так как цвет в значительной степени влияет на нагревание стенок резервуара солнечными лучами, а, следовательно, и на испарение нефтепродуктов. Например, находящийся в одинаковых условиях хранения бензин нагревается в зависимости от цвета окраски резервуара следующим образом:

- до 11,5 °С – при алюминиевой окраске;
- до 14,6 °С – при серой окраске;
- до 16,6 °С – при окраске суриком;
- до 22 °С – при зелёной окраске;
- до 30 °С – при чёрной.

Подсчитано, что при хранении в резервуаре вместимостью 100 м³ при температуре 11 °С в течение года испаряется более 850 кг бензина. При температуре 21 °С испаряется до 3800 кг, а при температуре 27 °С потери доходят до 6500 кг.

Одним из самых эффективных способов является хранение легкоиспаряющихся топлив в заглубленных и подземных резервуарах, имеющих относительно постоянный температурный режим. При таком хранении почти полностью исключаются потери от «малых дыханий» топлива, так как, будучи засыпанными грунтом, резервуары не подвергаются солнечному облучению и, следовательно, в них почти отсутствуют суточные изменения температуры газового пространства. По сравнению с наземным хранением потери от «малых дыханий» топлива в заглубленных резервуарах сокращаются в 8 ÷ 10 раз, а также несколько снижаются потери от «больших дыханий» (при отсутствии газоуравнительных трубопроводов).

Для хранения топлива, наряду с металлическими резервуарами, находят применение железобетонные резервуары. Отмечено, что при хранении в заглубленных железобетонных резервуарах по сравнению с хранением в металлических наземных резервуарах потери топлива в весенне-летний период в южной климатической зоне сокращаются в 9 раз, в северной – в 6 раз, а в средней климатической зоне – в 7,5 раза. В осенне-зимний период при хранении в заглубленных железобетонных резервуарах потери топлива сокращаются в 4,8 раза по сравнению с хранением в металлических резервуарах во всех климатических зонах.

5.3 Влияние технического состояния узлов и агрегатов автомобиля и качества их регулировок на экономию горюче-смазочных материалов

Анализ зависимости расхода ГСМ от технического состояния узлов и агрегатов автомобиля показал, что износ деталей влияет на расход топлива в меньшей степени, чем неверная регулировка. Так, износ цилиндропоршневой группы кривошипно-шатунного механизма двигателя до состояния, когда из маслоналивной горловины начинают активно выходить отработавшие газы, приводит к росту расхода топлива на $10 \div 12$ %, а нарушение регулировки этого же механизма увеличивает расход топлива на $20 \div 25$ %. Но больше всего увеличивается расход топлива при неправильном регулировании тормозных механизмов, ступиц колёс, схождении колёс, а также при неисправности системы зажигания и системы питания. Так, увеличение скорости прорыва газов в картерное пространство с $15 \div 25$ л/мин на новом двигателе до $60 \div 100$ л/мин на изношенном двигателе увеличивает расход масла в $2 \div 2,5$ раза.

Таким образом, для эффективного использования ГСМ водитель должен обладать определёнными знаниями по устройству и эксплуатации автомобиля, а также определённым мастерством вождения, которое заключается:

- в правильной оценке дорожных и климатических условий;
- максимальном использовании экономических режимов работы двигателя;
- знании устройства и работы всех механизмов и систем автомобиля;
- знании причин, вызывающих перерасход топлива и смазочных материалов, и способов их устранения.

Большой экономии ГСМ может добиться только квалифицированный водитель и только на технически исправном автомобиле.

5.4 Влияние техники вождения автомобиля на экономию горюче-смазочных материалов

Влияние техники вождения на расход топлива может изменяться, достигая $20 \div 25$ %. Частое торможение увеличивает расход топлива, так как каждый раз водителю приходится форсировать двигатель для очередного разгона, поэтому предпочтителен режим установившегося движения. Также необходимо поддерживать нормальный тепловой режим двигателя, т.к. и перегрев, и переохлаждение двигателя приводят к перерасходу топлива.

Высокие скорости движения, безусловно, вызывают повышенный расход топлива, т.к. при этом приходится преодолевать сопротивление воздуха, а оно возрастает пропорционально скорости движения. Например, при скорости движения грузового автомобиля 70 км/ч на преодоление сопротивления воздуха затрачивается сила тяги на ведущих колёсах в 10 раз большая, чем при скорости 30 км/ч. Но, чтобы увеличить силу тяги, надо дополнительно получить тепловую энергию, на которую будет потрачено дополнительное топливо.

Пустой багажник на крыше автомобиля увеличивает расход топлива на $3 \div 4$ %. Ещё больше расход увеличивается при езде с открытыми окнами.

При полной загрузке автомобиля диапазон экономичных скоростей повышается, поскольку улучшается топливная экономичность двигателя, рассчитанного на эту нагрузку. Переднеприводной автомобиль существенно экономичнее заднеприводного. При дви-

жении переднеприводного автомобиля с постоянной скоростью экономится до $6 \div 8$ % топлива.

Рациональное использование различных передач при эксплуатации автомобиля эффективно способствует экономии топлива. Движение автомобиля с постоянной скоростью возможно, как на высшей, так и на предшествующей ей низшей передаче. При движении на низшей передаче с малой скоростью недостаточно эффективно используется мощность двигателя и затрачивается на $15 \div 45$ % топлива больше, чем при движении на высшей передаче. Расход топлива возрастает пропорционально передаточному числу низшей передачи, поэтому выбор низшей передачи должен быть оправдан условиями движения. Использование низших передач целесообразно только при маневрировании автомобиля или автопоезда, при движении в тяжёлых дорожных условиях, вне дорог и т.д. Если отпадает необходимость использования низшей передачи, следует сразу же переключить её на высшую.

Многочисленное чередование замедлений и разгонов создаёт неустановившийся скоростной режим, ухудшая топливную экономичность автомобиля. Большое количество топлива расходуется при выполнении обгона, т.е. на $20 \div 25$ % больше, чем при движении с постоянной скоростью. Нельзя допускать и длительного движения на малой скорости, т.к. это тоже повышает расход топлива.

Поскольку замедление движения автомобиля при эксплуатации неизбежно, следует использовать приёмы экономичного его выполнения. Различают следующие виды замедления движения автомобиля:

- накатом с включенной передачей;
- выбегом с выключенной передачей;
- с использованием тормозных систем.

Накат и выбег – это части комбинированного цикла замедления. Накат начинается в момент полного или частичного освобождения педали управления дроссельными заслонками карбюратора, а заканчивается, когда рычаг управления коробкой передач переведен в нейтральное положение при полном снятии нагрузки с педали подачи топлива. В этот момент начинается выбег автомобиля, продолжающийся до начала его торможения с помощью рабочей тормозной системы.

При выполнении наката с включенной передачей, отпуская частично или полностью педаль управления дроссельной заслонкой и переключая передачи, можно достичь наиболее экономичного замедления движения автомобиля ($0,5 \div 0,6$ м/с).

Использование выбега с выключенной передачей целесообразно на загородных дорогах с сухим неизношенным покрытием при достаточном сцеплении с ним колёс в сочетании с другими приёмами. Выбег нельзя использовать в горной местности на затяжных и крутых спусках, перед поворотом дороги, на скользких и неровных покрытиях в условиях городского движения.

При умелом использовании выбега автомобиля экономия топлива может достигать $3 \div 4$ %. Путь выбега зависит от скорости перед началом замедления движения, внутренних потерь мощности в трансмиссии и сопротивления движению автомобиля.

Замедление движения автомобиля посредством тормозной системы наиболее неэкономично, и его лучше не использовать без крайней необходимости. Например, к светофору целесообразно подъезжать в момент включения зелёного света. В этом случае исключаются замедление движения, остановка и разгон автомобиля, что обеспечивает зна-

чительную экономию топлива. Если такой подъезд к светофору невозможен, то перед перекрестком следует двигаться накатом без применения тормозных систем. Однако нужно быть внимательным и осторожным, чтобы не создать аварийную ситуацию.

Остановка автомобиля связана с дополнительным расходом топлива на замедление движения и на режим холостого хода двигателя при его работе во время стоянки, поэтому в целях экономии топлива нужно стараться избегать непредусмотренных остановок автомобиля в пути.

Расход топлива при кратковременных остановках у светофоров и на перекрестках уменьшается, если двигатель работает с малой частотой вращения коленчатого вала. При работе двигателя в течение 1 ч в режиме холостого хода расход топлива составляет $1 \div 2,5$ л.

Таким образом, экономия топлива во многом зависит от того, какого стиля вождения придерживается водитель, но при этом большое влияние на экономию ГСМ оказывают конструкции двигателя, трансмиссии и аэродинамические качества автомобиля.

5.5 Экономия горюче-смазочных материалов при транспортировке и хранении

Экономия топлива

Топливо легко испаряется и обладает большой текучестью. Летом, например, через открытую пробку бочки за час может испариться до 1 кг бензина, а через открытую горловину резервуара за сутки может быть потеряно более 100 кг топлива.

Бензин может проникать через самые незначительные неплотности швов, через которые вода и керосин не проходят, образуя так называемое «потение», причём этого можно не увидеть, т.к. бензин мгновенно испаряется. Исследования показывают, что через 1 м потеющего сварного шва в сутки теряется до 2 л бензина.

Подтекание ГСМ в виде капель со скоростью одной капли в секунду ведёт к потере 4,5 л топлива за сутки. При испарении теряются наиболее ценные фракции нефти.

При хранении и перевозке ГСМ тара должна быть чистой. Не допускается применять ёмкости, ранее использованные для хранения низшего сорта нефтепродуктов, без промывки.

При наполнении цистерны или резервуара сливной шланг должен быть опущен ниже поверхности уровня топлива для уменьшения контакта топлива с воздухом и испарения. При хранении бензина в бочках не следует заполнять их под пробку, иначе бензин при повышении температуры будет просачиваться по резьбе.

При соблюдении всех правил хранения ГСМ необходимо соблюдать сроки хранения:

- для бензина – до 5 лет;
- для дизельного топлива – до 6 лет;
- для масел всех видов – до 5 лет;
- для пластичных смазок – от 1,5 до 3 лет.

Потери топлива в резервуарах, заполненных наполовину, в $5 \div 6$ раз больше, чем в полных, при этом в полузаполненных резервуарах интенсивнее идёт смолообразование. Незаглубленные резервуары окрашиваются в светлые тона для уменьшения поглощения ими солнечной энергии.

Смолообразование с увеличением температуры на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ увеличивается в $2,4 \div 2,8$ раза, поэтому резервуары необходимо заглублять под землю. Анализ практического опыта

хранения ГСМ показывает, что при сливе и заливе резервуаров на каждую тонну бензина потери обычно составляют от 5 до 7 кг.

Для обеспечения чистоты топлива необходимо систематически удалять отстой из резервуара и один раз в год его чистить. Использование для ГСМ вёдер, леек, ручных со-лидолонагнетателей увеличивает потери в $12 \div 30$ раз. Все потери нефтепродуктов нормированы.

Экономия масел

На расход масла в большинстве случаев влияют те же причины, что и на расход топлива. Неслучайно нормы расхода моторного масла поставлены в прямую зависимость от норм расхода топлива. Однако здесь есть и свои особенности. Низкая вязкость моторного масла будет приводить к увеличению расхода топлива, так как оно в большом количестве будет попадать в камеру сгорания и вытекать через неплотности картера.

На расход моторного масла большое влияние оказывает и износ цилиндропоршневой группы (поршневых колец, гильз цилиндров, поршней). Причём по этой причине расход масла может возрасти в 2 раза.

Очень сильно увеличивается расход моторного масла при перегреве и переохлаждении двигателя, а также при неисправной системе вентиляции картера. Особенно большой расход масла возникает при неисправных уплотнениях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кузнецов, А. В. Топливо и смазочные материалы – М. : «КолосС», 2006. – 199 с. – ISBN 5-9532-0050-1.
2. Кириченко, Н. Б. Автомобильные эксплуатационные материалы. М. : «Академия», 2008. – 208 с. – ISBN 5-7695-1079-X.
3. Стуканов, В. А. Автомобильные эксплуатационные материалы : Учебное пособие. Лабораторный практикум / В. А. Стуканов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ИД ФОРУМ : НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 304 с. : ил. ; 60x90 1/16. – (Проф. образов.). – ISBN 978-5-8199-0388-9. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=432373> (30.XII.2016).
4. Васильева, Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы – «Наука-Пресс», 2007. – 422 с. – ISBN 5-0203-2842-1.
5. Балтенас, Р. Моторные масла / Р. Балтенас, А. С. Сафонов, А. И. Ушаков, В. Шергалис. – М. – СПб. : Альфа – Лаб, 2001. – 272 с. – ISBN 5-7713-0028-4.
6. Балтенас, Р. Трансмиссионные масла. Пластичные смазки / Р. Балтенас, А. С. Сафонов, А. И. Ушаков, В. Шергалис. – СПб. : ООО «Издательство ДНК», 2001. – 208 с. – ISBN 5-7624-0056-5.
7. Гнатченко, И. И. Автомобильные масла, смазки, присадки: справочное Пособие / И. И. Гнатченко, В. А. Бородин, В. Р. Репников. – М. : ООО «Издательство АСТ»; СПб. : ООО «Издательство «Полигон» , 2005. – 360 с. – ISBN 5-8917-3091-X.
8. Нефть. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Нефть> (10.IX.2016).
9. ГОСТ 23652-79 «Масла трансмиссионные. Технические условия». Электронный ресурс. Режим доступа: http://standartgost.ru/g/pkey-14294830473/ГОСТ_23652-79 (15.I.2017).
10. ГОСТ 17479.1-2015 «Масла моторные. Классификация и обозначения». Электронный ресурс. Режим доступа: http://standartgost.ru/g/ГОСТ_17479.1-2015 (14.I.2017).
11. ГОСТ 17479.2-2015 «Масла трансмиссионные. Классификация и обозначения». Электронный ресурс. Режим доступа: http://standartgost.ru/g/ГОСТ_17479.2-2015 (14.I.2017).
12. Карташевич, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: Учебное пособие / Карташевич А. Н., Товстыка В. С., Гордеенко А. В. – М. : НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2016. – 420 с. : 60x90 1/16. – (Высшее образование : Бакалавриат) (Переплёт 7БЦ) – ISBN 978-5-16-010298-6. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=557129> (30.XII.2016).
13. Карпенко А. Г. Автомобильные эксплуатационные материалы [Электронный ресурс] : сборник лабораторных работ / Карпенко А. Г., Глемба К. В., Белевитин В. А. – Электрон. текстовые данные. – Челябинск: Челябинский государственный педагогический университет, 2014. – 124 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31911>. – ЭБС «IPRbooks», по паролю (30.XII.2016).
14. Грушевский, А. И. Экологические свойства автомобильных эксплуатационных материалов / Грушевский А. И., Кашура А. С., Блянкинштейн И. М. и др. – Краснояр. : СФУ, 2015. – 220 с. : ISBN 978-5-7638-3311-9. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=549438> (30.XII.2016).