

Министерство образования Российской Федерации

Новгородский Государственный университет
имени Ярослава Мудрого

А. В. Смирнов

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

**ЧАСТЬ III
ЗАРУБЕЖНЫЕ ГОРЮЧЕСМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Великий Новгород
2010

Министерство образования Российской Федерации

Новгородский Государственный университет
имени Ярослава Мудрого

А. В. Смирнов

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ**

**ЧАСТЬ III
ЗАРУБЕЖНЫЕ ГОРЮЧЕСМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Учебное пособие

Великий Новгород
2010

Р е ц е н з е н т ы:

кандидат технических наук, доцент **А. Н. Чадин**,
кандидат технических наук, доцент **П. А. Трофимов**

Смирнов А. В.

С50 Автомобильные эксплуатационные материалы. Ч. 3. Зарубежные
горюче-смазочные материалы: Учеб. пособие. / НовГУ им. Ярослава
Мудрого. – Великий Новгород, 2010. – 66 с.

Рассмотрены зарубежные горючие, смазочные материалы и специальные
жидкости, применяемые на автомобильном транспорте, а также рекомендации
по их применению.

Для студентов и преподавателей кафедр, изучающих эксплуатацию
автомобильной техники, а также для инженерно-технических работников
автотранспортных и авторемонтных предприятий.

УДК 629.113.002.3.004

© Новгородский государственный
университет, 2010

© А. В. Смирнов, 2004

Введение

За последние годы значительно увеличился объём и ассортимент зарубежных автомобильных эксплуатационных материалов. Автомобильные бензины и дизельные топлива не продаются, но добавок и присадок к горючему предостаточно. Особенно широко поставляются на российский рынок моторные масла и добавки к ним. Велик выбор различных эксплуатационных жидкостей: промывочные жидкости, жидкости стеклоочистителей, жидкости для ухода за лакокрасочными покрытиями и т. д.

Необходимо отметить, что последние разработки новых марок эксплуатационных материалов, а также добавок к ним позволяют значительно увеличить эффективность и длительность использования автомобильного транспорта. Но, к сожалению, следует иметь в виду, что можно приобрести, например, обыкновенную горчицу в качестве «идеального вещества для устранения утечек из системы охлаждения», или же простой бензин вместо «высокоэффективной добавки, превращающей низкооктановый бензин в топливо для высокофорсированных двигателей». Хотя, повторимся, высококачественные разработки действительно есть, они выпускаются и работоспособны.

Глава 1

Топливо для двигателей внутреннего сгорания

В качестве топлива для ДВС широко используют производные нефти: бензины и дизельное топливо. Но в связи с тем, что нефть является ценнейшим сырьём для легкой промышленности, повсеместно наблюдается тенденция получения горючего из ненефтяного сырья или же использование альтернативных видов топлива. Разрабатываются новые технологии производства, позволяющие получить максимальный выход конечного продукта с высокими эксплуатационными свойствами.

1.1. Топливо для бензиновых двигателей

Автомобильные бензины, применяемые за рубежом, несмотря на звучное обозначение марок (Premium, Superbenzin, Super-Plus и т. п.) можно разделить на четыре группы, соответствующие российским бензинам. Это сделано в ГОСТ Р51105-97: Normal-80, Regular-91, Premium-95 и Super-98. Цифры указывают октановое число, определенное по исследовательскому методу.

Этилированные бензины применяются в очень ограниченном количестве (в России их производство и оборот запрещены вообще с 1 июля 2003 года). Согласно требованиям охраны окружающей среды применение этилированных топлив допускается только в тех автомобилях, у двигателей которых для смазки выпускных клапанов используются продукты сжигания алкилсвинцовых соединений. Эти условия относятся к небольшому количеству старых автомобилей.

В большинстве европейских стран содержание в этилированных бензинах алкилсвинцовых компонентов официально ограничено предельно допустимой величиной 0,15 г/л [1].

Повсеместное применение каталитических нейтрализаторов отработавших газов вынуждает разработчиков и производителей бензина отказаться от применения этилированных бензинов. Свинец препятствует каталитическому действию содержащихся в катализаторах металлов: платины, родия и др. Кроме того, свинец нарушает работу лямда-зондов, используемых для контроля состава отработавших газов. В то же время для работы высокофорсированных современных двигателей необходим бензин с высокой детонационной стойкостью, а свинец для этих целей чрезвычайно эффективен.

Неэтилированное топливо представляет собой специальную смесь высокооктановых компонентов, особенно алкилатов и их изомеров. Их детонационные свойства значительно улучшаются и использованием неметаллических добавок, таких как метилбутиловые эфиры (МТБЕ) в концентрации 3–15% и/или спиртовые смеси (2–3% метанола и высшие спирты). Так как соединения свинца являются наиболее эффективными

антидетонаторами, то они присутствуют и в неэтилированных бензинах, но в мизерных количествах – 13 мг/л максимум.

Минимальные технические требования к неэтилированным бензинам определяются европейскими и международными стандартами.

Европейский стандарт EN 228 определяет требования к неэтилированным бензинам, которые применяются в европейских странах («Euro-Super»). Основные требования этого стандарта приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Показатели качества неэтилированного бензина
в соответствии с европейским стандартом EN 228

Показатель качества	Размерность	Значение
Антидетонационные свойства ¹⁾		
Первосортные бензины, мин.	RON/MON	95/85
Обычные бензины, мин. ²⁾	RON/MON	91/82,5
Высококачественные бензины ²⁾	RON/MON	98/88
Плотность	кг/м ³	725–780
Сера, макс.	в % по весу	0,05
Бензол, макс.	в % по объёму	5
Свинец, макс.	мг/л	13
Испаряемость ²⁾		
давление насыщенных паров летом, мин./макс.	кПа	35/70
давление насыщенных паров зимой, мин./макс.	кПа	55/90
объём испарения при температуре 70 °С летом, мин./макс.	в % по объёму	15/45
то же при 100 °С	то же	40/65
то же при 180 °С	то же	85/–
объём испарения при температуре 70 °С зимой, мин./макс.	то же	15/47
то же при 100 °С	то же	43/70
то же при 180 °С	то же	85/–
температура конца кипения	°С	215
VLI ³⁾ летом, макс.		950
VLI зимой, макс.		1150

Примечания:

¹⁾Международными стандартами предусмотрены два метода определения октанового числа: исследовательский (RON) и моторный (MON) (DIN 51 756, ASTM D 2699 и ASTM D 2700). Условия определения аналогичны российским.

²⁾Данные для Германии.

³⁾VLI – индекс образования паровой пробки – интегральный показатель, объединяющий параметры давления насыщенных паров в гПа и относительного объёма испаряемого топлива при температуре 70 °С. Оба параметра выражаются в

абсолютных величинах, получаемых при определенных температурах испарения топлива, которые затем увеличиваются в 7 раз. Показатель VLI дает более полную информацию о влиянии на запуск и работу прогретого двигателя по сравнению с общепринятыми показателями.

В Германии соответствующие технические условия для первосортных безсвинцовистых бензинов содержатся в стандарте DIN 51 600. В США технические условия на топливо бензиновых двигателей определены стандартом D 439 Американского общества по испытанию материалов (ASTM). Эти бензины содержат присадки, улучшающие их эксплуатационные свойства.

Разграничены технические требования к обычным и первосортным (высшего качества) бензинам. Первосортные бензины имеют более высокие антидетонационные свойства и рекомендуются для применения в двигателях с наддувом. Испаряемость бензинов изменяется в зависимости от географических и погодных условий, летнего или зимнего применения.

Следует отметить, что повышение детонационной стойкости (октанового числа) бензинов производится в основном подбором компонентов, что обеспечивает его стабильность на всем температурном диапазоне эксплуатации и при хранении. Добавки, основанные на кислородосодержащих соединениях (метанол, этанол, метилбутиловый эфир), как повышающие октановое число также применяются, но учитывается то, что они в то же время ухудшают другие свойства топлива. Например, спиртовые соединения повышают испаряемость и могут вызвать неполадки в топливной системе двигателя, а при хранении – расслаиваются с бензином.

В отличие от российских показателей качества фракционный состав бензина оценивают по трём значениям:

- при температуре 70 °С объём испарившегося топлива должен быть достаточен для условий обеспечения запуска холодного двигателя (характеристика пусковых свойств бензина);
- при температуре 100 °С перегоняется объём топлива, достаточный для работы прогретого двигателя;
- при температуре 180 °С перегоняемый объём топлива должен быть достаточным с целью снижения до минимума несгоревшей части топлива (полнота сгорания) и минимального разжижения масла, особенно при холодном двигателе.

Большое внимание уделяется и давлению насыщенных паров (измеряется при 38 °С), которое является показателем безопасности при заправке и перевозке топлива в баках автомобилей. В двигателях с системами впрыска топлива очень важно давление насыщенных паров и при более высоких температурах (80–100 °С). В настоящее время проводятся исследования в этой области и разрабатываются нормативные документы. Это обеспечивает надёжность топливных систем и позволяет упростить конструкции подсистемы подачи топлива в цилиндры двигателя.

Бензины с добавлением метанола характеризуются более высокой предельно допустимой величиной давления насыщенных паров.

При производстве и использовании зарубежных бензинов всё шире применяют присадки:

- противодействующие старению топлива, особенно при хранении, когда возможно расслаивание на составляющие. Присадки замедляют процессы окисления топлива и нейтрализуют каталитическое действие металлов (деактивация металлов);

- ингибиторы загрязнения топливной системы предохраняют приборы и агрегаты системы от загрязнений и осадочных отложений. Такое состояние системы обеспечивает не только бесперебойную подачу топлива в цилиндры двигателя, но и снижение до минимума содержания токсичных элементов в компонентах отработавших газов. Таково назначение специальных моющих присадок;

- ингибиторы коррозии (антикоррозионные присадки) образуют защитные водостойкие плёнки, предохраняющие от коррозии системы подачи топлива в цилиндры двигателя;

- защита от обледенения предотвращает образование слоя льда при всасывании влажного воздуха в условиях низких температур. Образующиеся кристаллы льда могут быть растворены, например, спиртовыми соединениями. Клапаны регуляторов подачи топлива остаются чистыми. Эти присадки применяют для двигателей и с карбюратором, и с впрыском бензина.

Для городских условий эксплуатации, где плотность движения автомобильного транспорта чрезвычайно высока, производят экологически безопасные бензины (городские). Нормативные документы для таких бензинов содержат технические требования к снижению давления насыщенных паров при малом содержании ароматических соединений, бензола, серы, а также специальные требования к точке конца кипения.

1.2. Дизельные топлива

Дизельные двигатели гораздо экономичнее бензиновых. Для производства дизельного топлива используют более тяжелые фракции, получаемые из нефти, как при прямой перегонке, так и деструктивной переработкой. Это увеличивает процент выхода дизельного топлива при его производстве. Расширение ресурсов дизельных топлив возможно также при утяжелении и расширении фракционного состава (60...400 °C), что позволяет увеличивать выход конечного продукта примерно на 30%.

Сейчас в автомобильном парке мира наиболее популярные и массово используемые марки легковых автомобилей имеют дизельные двигатели.

Технические условия на зарубежные дизельные топлива определяются национальными стандартами, а по Европе в целом – общеевропейским стандартом EN 590. Требования этого стандарта отражены в табл. 1.2.

Показатели качества дизельных топлив в соответствии
с европейским стандартом EN 590

Показатели качества	Размерность	Значение
Температура воспламенения, мин.	°C	55
Содержание воды, макс.	мг/кг	200
Содержание серы, макс.	% по весу	0,2 ¹⁾
<u>Для умеренного климата:</u>		
плотность при температуре 15 °C мин./макс.	кг/м ³	820–860
вязкость при температуре 40 °C мин./макс.	мм ² /с	2–4,5
Цетановое число, мин.	–	49
Дизельный индекс, мин.	–	46
Количество перегоняемого топлива:		
– при температуре до 250 °C, макс.	% по объёму	65
– при температуре до 350 °C, макс.	% по объёму	85
– при температуре до 370 °C, макс.	% по объёму	95
CFPP ²⁾ в шести классах А...F, макс.	°C	+5...–20
<u>Для арктического климата (в пяти классах 0...4):</u>		
плотность при температуре 15 °C мин./макс.	кг/м ³	800/845... 800/840
вязкость при температуре 40 °C мин./макс.	мм ² /с	1,5/4–1,2/4
Цетановое число, мин.	–	47–45
Дизельный индекс, мин.	–	46–43
Количество перегоняемого топлива:		
– при температуре до 180 °C, макс.	% по объёму	10
– при температуре до 340 °C, макс.	% по объёму	95
CFPP ²⁾ , макс.	°C	–20...–44

Примечания:

¹⁾Максимально 0,05% по весу с 1 октября 1996г ЕЕС 93/12;

²⁾Предел фильтрации, стандартизованная процедура, оценивается пригодность топлива для использования в холодное время года. Европейский стандарт EN 590 регламентирует показатель CFPP для различных классов дизельных топлив. В зависимости от климатической зоны и времени года выбирают приемлемый класс дизельного топлива.

Цетановое число (CN) зарубежных топлив определяется аналогично российскому. По CN оценивают воспламеняемость топлива. Оптимальным значением цетанового числа для зарубежных дизельных топлив считается величина более 50 единиц. Такое топливо применимо для оптимальной эксплуатации современных дизелей (плавный безударный режим, нормированный состав отработавших газов). Высококачественное зарубежное дизельное топливо содержит большое количество парафинов и имеет высокое

цетановое число. Наличие в топливе в расщепленном виде ароматических соединений ухудшает его способность к самовоспламенению.

Так как образование и рост кристаллов парафина начинается уже при 0 °С, для обеспечения бесперебойной работы дизельного топлива в холодную погоду в топливо добавляют присадки, ограничивающие рост кристаллов (депрессорные). Кристаллы парафина, образующиеся в топливе, становятся настолько малы, что свободно минуют топливные фильтры, не образуя на них парафиновую оболочку, прерывающую подачу топлива.

Раньше при использовании дизельного топлива в холодное время в него часто добавляли керосин или бензин, что резко понижало цетановое число, а это, в свою очередь, приводило к жесткой работе двигателя. Современные дизельные топлива исключают необходимость разбавления их легкими фракциями.

Температура вспышки зарубежных дизельных топлив определяется требованиями стандарта класса А III «Опасные материалы» и должна быть выше 55 °С. Добавление в дизельное топливо менее 3% бензина оказывается достаточным для того, чтобы возгорание горючей смеси могло произойти при комнатной температуре [1].

Если для дизельных топлив определён диапазон по плотности, то предпочтение отдают большему значению, т. к. с увеличением плотности возрастает и теплотворная способность. Таким образом, более высокое значение плотности топлива способствует повышению эффективной мощности.

Предельно допустимое содержание серы в дизельном топливе регламентируется нормативными документами и в последние годы постоянно ужесточается. При сгорании серы в цилиндрах двигателя образуются оксиды серы, чрезвычайно коррозионно-активные для двигателя и оказывающие вредное воздействие на окружающую среду. С 1 октября 1996 года европейский стандарт ограничивает содержание серы в дизельном топливе величиной 0,05% по весу (в России по ГОСТ 305-82 до 0,5% по объёму). Эта мера позволяет уменьшить расходы на создание эффективных каталитических нейтрализаторов отработавших газов. Снижение образующихся оксидов серы влечет за собой уменьшение нейтрализующих присадок в моторном масле, а это снижает его зольность и в итоге стоимость.

Для улучшения эксплуатационных свойств дизельных топлив используют присадки, добавляемые к автомобильным бензинам. Общая концентрация присадок в зарубежных дизельных топливах не превышает 0,1%. При производстве дизельных топлив применяют:

- присадки, повышающие текучесть при использовании дизельного топлива в зимний период эксплуатации;
- присадки, повышающие цетановое число – спиртовые производные сложных эфиров азотной кислоты. Эти присадки улучшают воспламеняемость топлива, снижают уровень шума двигателя и уменьшают количество твердых частиц в продуктах сгорания;
- моющие присадки очищают систему подачи топлива и замедляют образование новых отложений. В чистой топливной системе образуется более

эффективная рабочая смесь. Весьма важным проявлением действия моющих присадок является предотвращение закоксовывания отверстий форсунок;

- ингибиторы коррозии повышают коррозионную стойкость металлических элементов топливной системы двигателя;

- антипенные присадки облегчают процесс заправки топлива в топливные баки и предотвращают появление в них пены при циркуляции топлива в топливной системе работающего двигателя.

В настоящее время во всем мире неослабное внимание уделяется экологичности топлив внутреннего сгорания, в том числе и дизелей.

Некоторые страны и регионы (включая Швецию и штат Калифорния в США) обеспечивают уменьшение вредных выбросов в атмосферу при работе дизельных двигателей за счет применения методов экономического воздействия на владельцев автомобильного транспорта с целью создания условий для использования

экологически безопасных топлив. Особенно активно эта работа производится в отношении транспорта, эксплуатируемого в городах с большой плотностью населения.

Экологически безопасные топлива содержат минимум ароматических соединений, низкую температуру испарения, присутствие серы в них практически исключено. Широкое применение таких топлив осложняется возникающими при этом проблемами повышенного износа основных узлов и повреждение синтетических элементов системы подачи топлива. Для предотвращения этих нежелательных явлений в топливо добавляют специальные присадки, оптимизирующие работу как систем топливоподачи, так и двигателя в целом.

1.3. Альтернативные виды топлив

За рубежом постоянно ведется работа по снижению объема использования нефтяных топлив, вплоть до полного прекращения переработки нефти на горючее.

Ещё в прошлой половине прошлого века были разработаны и внедрены в производство топлив технологии получения жидких топлив, аналогичных нефтяным, но из ненефтяного сырья. Эти технологии постоянно совершенствуются и в настоящее время. Кроме сбережения нефти, как ценного сырья, они предусматривают переработку таких некачественных ископаемых, как бурый уголь, сланец и т. п. В процессе получения компонентов бензина и дизельного топлива разработано получение побочных продуктов в виде сжиженного нефтяного газа. Подобная технология получения автомобильных топлив по Фишеру-Тропшу приобрела большое распространение в Южной Африке.

Сжиженный нефтяной газ (LPG – liguided petroleum gas) содержит два основных компонента – бутан и пропан. Газ, заправляемый зимой, на 90% состоит из пропана, летом – примерно пополам с бутаном. Октановое число

пропана – 110 единиц, бутана – 95, т. е. двигатель с таким топливом практически не детонирует.

Использование сжиженного нефтяного газа как моторного топлива особенно развито в Италии (ведущая фирма по производству оборудования для газобаллонных автомобилей (ГБА) – Lovato Avtogas), а также в Голландии и Германии. Зарубежная газобаллонная аппаратура обеспечивает:

- долговременную герметичность всех соединений;
- наличие дополнительных устройств, обеспечивающих надёжный запуск двигателя при температурах до минус 20 °С;
- плавность работы двигателя (равномерное распределение горючей смеси по цилиндрам);
- достаточное ускорение автомобиля и оптимальное дозирование, независимо от атмосферного давления.

Еще одна важная особенность процесса применения сжиженного нефтяного газа – он является побочным продуктом процесса переработки и очистки нефти, т. е. не требует специального производства. Сжижается газ при относительно невысоком давлении – 1,6 МПа.

Сейчас ведутся исследования по оптимизации теплового режима в камере сгорания, который в двигателях ГБА повышен. Один из возможных вариантов – впрыск воды в камеру сгорания.

Сжатый природный газ (CNG – compressed natural gas) состоит в основном из метана, который резко снижает вредные выбросы в атмосферу с отработавшими газами. CNG обладает повышенным соотношением водород/углерод по сравнению с другими видами топлива (24% H_2 и 76% C), поэтому он образует меньшее количество окиси углерода при сгорании. Теплота же сгорания горючей смеси природного газа и воздуха (3,22 МДж/м³) сопоставима с пропаном (3,35 МДж/м³) и бутаном (3,39 МДж/м³).

Известная фирма BMW провела детальное исследование использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива на двигателях. Результаты такого исследования отражены в табл. 1.3 [6].

Таблица 1.3

Технические характеристики двигателей BMW-316g (V=1,6л)
и BMW-518g (V=1,8л) при работе на сжатом газе и бензине

Параметр	Модель	
	BMW-316g	BMW-518g
Число мест/дверей	2/3	5/5
Объём бензобака, л	52	80
Снаряженная масса, кг	1240	1545
Мощность двигателя при 5500 мин ⁻¹ :		
на бензине, кВт/л.с.	75/102	85/115
на газе, кВт/л.с.	64/87	74/101
Максимальный крутящий момент при 3900 мин ⁻¹ , Н·м, газ/бензин	127/150	142/168

Параметр	Модель	
	BMW-316y	BMW-518g
Максимальная скорость на газе/бензине, км/ч	177/188	183/192
Разгон с места до скорости 100 км/ч на газе/бензине, с	15,6/13,0	16,2/13,6
Расход бензина*(90/120/ГЦ), л/100км	5,7/7,5/9,4	6,1/8,1/10,5
Расход газа (90/120/ГЦ), кг/100км	3,7/4,9/6,1	4,0/5,3/6,8

*Расход топлива при 90 и 120 км/ч и городском цикле

Существенный недостаток использования сжатого природного газа как моторного топлива – низкая энерговооруженность автомобиля. Запас хода таких автомобилей 200–250 км пробега. Приходится использовать газовое топливо параллельно с бензином, а это значит, что невозможно использовать главное преимущество газа – высокое октановое число (около 105 ед.), позволяющее повысить степень сжатия и получить большую мощность, т. е. форсировать двигатель. Конструкторы BMW оставили степень сжатия такой же, как у базового бензинового двигателя, изменив только управляющую электронику. Она позволяет мгновенно переходить с газа на бензин и обратно, а также подстраиваться под различные типы природного газа – европейский, российский, а также газ с пониженной теплотой сгорания. Один из способов увеличения запаса хода – использование природного газа в сжиженном виде, а сжижается газ лишь при минус 163 °С или технически неприемлемом давлении.

Конструкторы и производственники фирмы BMW налаживают производство серийного автомобиля с криогенным баллоном для хранения запаса сжиженного природного газа.

Использование спиртовых топлив (метанола и этанола) за рубежом, в общем, ограничены, хотя разработаны и выпускаются двигатели под эти топлива. Наиболее рационально использовать метанол в виде бензометанольных смесей, о чем говорилось выше.

Серьёзное внимание уделяется и водородному топливу. Его основной недостаток – необходимость хранения большого количества для достаточного запаса хода. Это обусловлено низким коэффициентом массового наполнения цилиндров ввиду большой разреженности газа. При удельной теплоте сгорания чистого водорода 120 МДж/кг (почти в три раза выше по сравнению с бензином) теплопроизводительность горючей смеси составляет 2,97 МДж/м³ (природный газ – 3,22 МДж/м³).

Более рационально использование двигателей, работающих на водороде на транспортных средствах с коротким плечом работы и возможностью частых дозаправок. Так, в Мадриде, Лондоне и других городах Европы проводится длительное испытание автобусов, работающих на водородном топливе.

Рядом автомобильных фирм испытывались двигатели, использующие в качестве горючего водород, запас которого хранится в гидридных

аккумуляторах. Гидриды – металлы, содержащие в своей кристаллической решётке водород (заряд-разряд по принципу аккумулятора).

Более перспективен способ получения водорода непосредственно на автомобиле. При испарении метилового спирта (хранится в жидком состоянии) в присутствии катализатора происходит реакция с водяным паром, в результате которой выделяется водород и двуокись углерода.

И все-таки водород, как моторное топливо вызывает неослабленный интерес у автомобилистов. Его высокая детонационная стойкость позволяет увеличить степень сжатия и давления наддува, т. е. получить высокофорсированный двигатель. Важна и экологичность водородного топлива, хотя иногда она и завышается. Мнение о том, что в результате сгорания водорода в двигателе из выхлопной трубы вылетают только водяные пары неверно. В отработавших газах есть и продукты сгорания моторных масел, особенно при заниженной температуре вспышки. При высокой температуре горения происходит реакция окисления азота, входящего в состав воздуха, образуются окислы NO_x , которые при соединении с водой весьма агрессивны.

Наибольших успехов в области применения водорода в качестве топлива достигли такие фирмы, как Toyota, Mercedes-Benz и ряд американских производителей автомобилей.

Глава 2

Моторные масла

Наиболее обширно на российском рынке нефтепродуктов из зарубежных автомобильных эксплуатационных материалов представлены моторные масла.

Зарубежные моторные масла классифицируют по трём основным признакам:

- вязкостно-температурным свойствам;
- эксплуатационным свойствам и области применения;
- энергосберегающим свойствам

Классификация моторных масел по вязкостным свойствам определена системой SAE (американская классификация). Принята во всем мире.

Классификация моторных масел по эксплуатационным свойствам сложнее, так как вязкостные свойства жидкостей одинаково проявляются на всех континентах и во всех странах, а конструкции двигателей и правила их эксплуатации могут различаться очень сильно. В настоящее время классификацию масел по эксплуатационным свойствам рассматривают следующие системы:

- API – американская система;
- ILSAC – американо-японская система;
- ACEA – европейская система;
- EC – разделение масел по энергосберегающему эффекту (экономии топлива).

Классификация SAE

Вязкость является важнейшим свойством моторного масла. Вязкость – внутреннее трение – свойство жидкостей оказывать сопротивление перемещению одного слоя относительно другого под действием внешней силы. При определении этой силы необходимо учитывать коэффициент пропорциональности, характеризующий сопротивление перемещению слоев. Это и есть динамическая вязкость. Величина, обратная динамической вязкости называется текучестью жидкости. В гидравлике наиболее удобно характеризовать вязкостные свойства жидкости отношением динамической вязкости к плотности этой жидкости – кинематической вязкостью.

Кинематическая вязкость наиболее полно учитывает влияние свойств конкретной жидкости на прокачиваемость – перемещение жидкости по трубопроводам и агрегатам систем смазки, охлаждения и т. д. Единица измерения кинематической вязкости – $\text{см}^2/\text{с}$ – называется Стокс (Ст). Так как это очень большая вязкость, пользуются величиной сантиСтокс (сСт) = $[\text{мм}^2/\text{с}]$.

В настоящее время общепринятой в мировом масштабе стала классификация вязкостных свойств жидкостей по системе SAE (*Societe of Automotive Engineering*) общество инженеров-автомобилестроителей (в

последней редакции от декабря 1995 года SAE J 300). Эта классификация масел по вязкости используется и в России параллельно с обозначением по ГОСТ 17479.1-85.

По классификации SAE J 300 устанавливается шесть зимних классов вязкости (0W, 5W, 10W, 15W, 20W и 25W) и пять летних (20, 30, 40, 50 и 60). Буква «W» в обозначении зимних масел, это первая буква слова «Winter» – зима, зимний, говорит о том, что масло загущено.

Сейчас уже редко можно встретить чисто зимние или летние масла. Большой ресурс работы масла позволяет использовать его не один сезон. Поэтому разработаны всесезонные масла, пригодные для эксплуатации и зимой и летом. Обозначение их двойное, например 15W – 40 или 15W/40. Это означает, что при низких температурах это всесезонное моторное масло проявляет свойства зимнего масла 15W, а летом – масла вязкостью 40.

Принцип образования всесезонных масел

Принцип получения всесезонных масел показан на рис. 2.1.

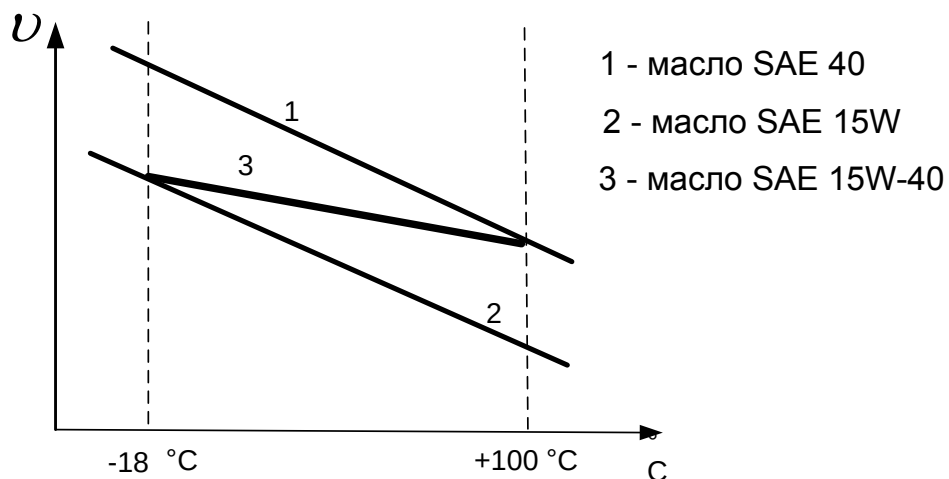


Рис. 2.1. Вязкостные свойства различных масел

Это типичное всесезонное моторное масло. Оно должно одновременно удовлетворять и зимнему и летнему показателям SAE.

Как видно из рис. 2.1 всесезонное масло при низких температурах имеет характеристику близкую к загущенному маслу, а при высоких – к обычному. В целом изменение вязкости всесезонного масла при колебаниях температуры невелико, т. е. оно имеет высокий индекс вязкости.

Для всех классов зимних и всесезонных масел температура гарантированной подачи масла к точкам смазки двигателя должна быть на 5 °C ниже температуры при которой обеспечивается проворачивание холодного двигателя стартером.

Наглядно рабочие диапазоны наиболее часто применяемых масел показаны на рис. 2.2.

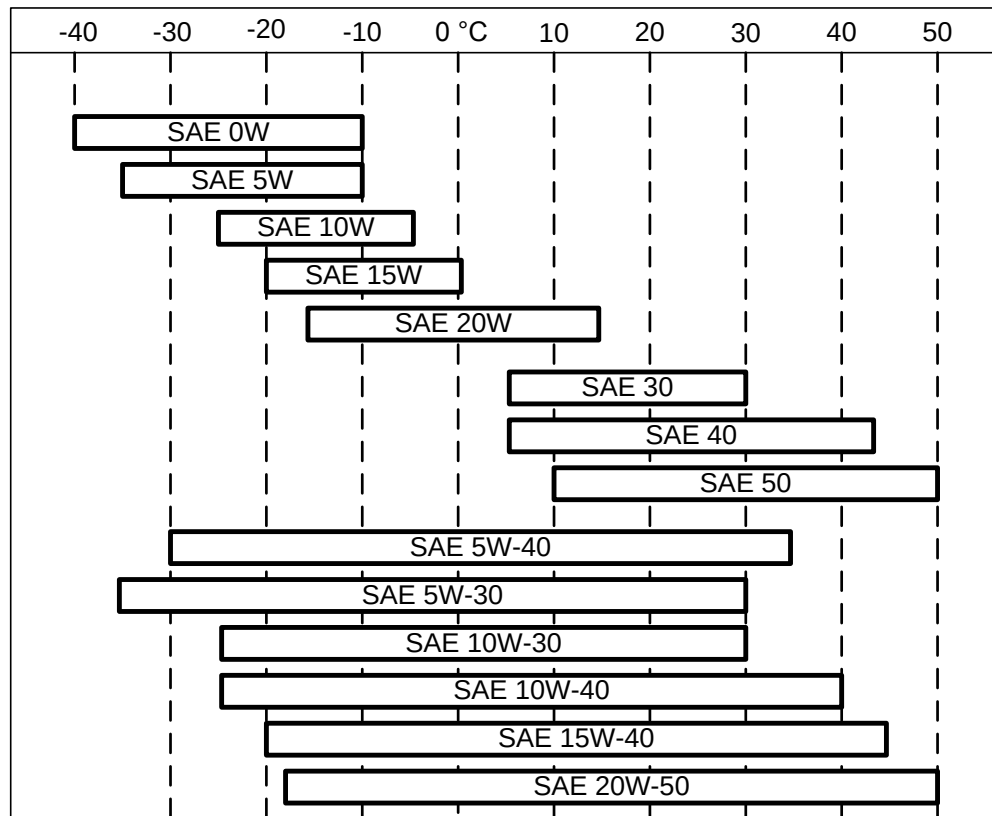


Рис. 2.2. Типичные диапазоны работоспособности наиболее часто используемых зимних, летних и всесезонных масел

Для эксплуатации двигателей в условиях экстремальных температур выпускаются синтетические масла [2]:

- SAE 0W-30 – для температур окружающего воздуха ниже минус 40 °C.
- SAE 10W-60 – для температур окружающего воздуха выше 50 °C.

При пробеге автомобилем менее 25% от планового ресурса двигателя (новый двигатель) рекомендуется применять масла класса SAE 10W-30 или 5W-30 (всесезонно).

При пробеге автомобилем 25–75% от планового ресурса двигателем (технически исправный двигатель) целесообразно применять масла класса SAE 10W-40, 15W-40 – летом, SAE 5W-30 и 10W-30 – зимой или же всесезонно SAE 5W-40.

При пробеге автомобилем более 75% от планового ресурса двигателя (старый двигатель) следует применять масла классов SAE 15W-40 и 20W-50 – летом, SAE 5W-40 и 10W-40 – зимой или SAE 15W-50 всесезонно.

Российской нефтеперерабатывающей промышленностью выпускаются по ГОСТ 17479.1-85 масла следующих классов вязкости:

- летние масла 6,8,10,12,14, 16,20,24;
- зимние масла 3з,4з, 5з, 6з;
- всесезонные масла 3з/8, 4з/6,4з/8, 4з/10, 5з/10, 5з/12, 5з/14, 6з/10, 6з/14, 6з/16.

Соотношение вязкости моторных масел по международной классификации SAE J 300 и российскому ГОСТ 17479.1-85 показано в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Классы вязкости моторных масел по ГОСТ 17479.1-85 и SAE

Класс вязкости	Вязкость при температуре –18 °С, сСт (мм ² /с)		Вязкость при температуре 100 °С, сСт (мм/с)		Показатель вязкости SAE
	Не менее	Не более	Не менее	Не более	
–	–	–	3,8	–	0W
3 _з	1250	2600	3,8	–	5W
4 _з	1300	2600	4,1	–	10W
5 _з	2600	6000	5,6	–	15W
6 _з	6000	10400	5,6	–	20W
6	–	–	5,6	7,0	20
8	–	–	7,0	9,5	20
10	–	–	9,5	11,5	30
12	–	–	11,5	13,0	30/40
14	–	–	13,0	15,0	40
16	–	–	15,0	18,0	40/50
20	–	–	18,0	23,0	50/60
24	–	–	21,9	26,1	60
3 _з /8	1250	2600	7,0	9,5	5W-20
4 _з /6	1300	2600	5,6	7,0	10W-20
4 _з /8	1300	2600	7,0	9,5	10W-20
4 _з /10	1300	2600	9,5	11,5	10W-30
5 _з /10	2600	6000	9,5	11,5	15W-130
5 _з /12	2600	6000	11,5	13,0	15W-30 – 15W-40
5 _з /14	2600	6000	13,0	15,0	15W-40
6 _з /10	6000	10400	9,5	11,5	20W-30
6 _з /14	6000	10400	13,0	15,0	20W-40
6 _з /16	6000	10400	15,0	18,0	20W-40– 20W-50

Классификация API

Первая классификация масел по уровню эксплуатационных свойств и условиям применения была предложена Американским институтом нефти

(API – American Petroleum Institute) еще в 1947 году и в дальнейшем неоднократно дополнялась. Основным принцип разделения масел на категории оказался удачным, он сохранился в последней редакции 1996 года.

Моторные масла разделяются на 2 категории (по области применения):

1. Категория «S» (Service). К этой категории относят двигатели небольших машин – бензиновые 4-тактные для легковых автомобилей, микроавтобусов и пикапов.

2. К категории «C» (Commercial) относят масла, предназначенные для дизельных двигателей автомобильного транспорта, дорожно-строительной техники и сельскохозяйственных машин.

Универсальные масла пригодны для смазки как бензиновых, так и дизельных двигателей.

Уровни эксплуатационных свойств (качество) масел в порядке возрастания обозначаются буквами латинского алфавита, стоящими за буквами «S» или «C», указывающими на тип двигателя. Масла групп SA и CA – самого низкого качества и далее по возрастающей:

– для бензиновых двигателей – 10 классов (SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SJ и SL);

– для дизельных двигателей – 13 классов (CA, CB, CC, CD, CDII, CE, CF, CF-4, CF-2, CG-4, CH-4, PC-9(CJ) и PC-10).

Цифры после обозначения классов (CDII, CF-4, CF-2, CG-4, CH-4) дают дополнительную информацию об использовании данного класса масел в 2-тактных или 4-тактных дизелях соответственно.

Универсальные масла, применяемые одновременно на бензиновых и дизельных двигателях, обозначают двойственным символом, например масло API SH/CC. На первом месте указывается группа масла основного предназначения, на втором – группа масла в качестве которой применять масло можно, но специально для этой цели оно не изготавливается. Таким образом, обозначения могут быть, например: CF-4/SG или SH/CG-4.

Масла, обеспечивающие минимальные потери энергии на трение, вследствие чего уменьшается расход топлива, называют *энергосберегающими маслами EC (Energy Conserving)* и обозначаются символами:

ЕС – если обеспечивается экономия топлива не менее 1,5%;

ЕС – если обеспечивается экономия топлива не менее 2,7%.

Экономия топлива определяется по сравнению с эталонными минеральными маслами SAE 20W-30.

Масла, составляющие основу конкретной марки, могут быть нефтяными или искусственными (синтетическими) и обозначаются:

– *Mineral* – основа масла нефтяная;

– *Semy synthetic* – так называется «полусинтетика». Это значит, что в качестве базового масла взята смесь из 30–40% синтетического и 60–70% минерального масел;

– *Synthetic* – основа масла полностью синтетическая.

В настоящее время API выдаёт лицензии на выпуск масел групп качества не ниже SJ для бензиновых двигателей и CF для дизелей. Однако при поставках

масла на экспорт и при их производстве в третьих странах могут вырабатываться масла и более низких классов.

Согласно API в спецификациях на масло обязательно должны быть указаны следующие основные показатели качества:

- вязкость при 100 °C [сСт] – обеспечивает надежность масляного слоя при высокой температуре;
- индекс вязкости, вязкость при минусовой температуре – показывает степень изменения «густоты» масла при колебаниях температуры, возможность пуска при низкой температуре;
- щелочное число (TBN – «total base number») [мг КОН/г] – показывает наличие и концентрацию кислот;
- зольность [%масс.] – показывает концентрацию металлов присадки (должна быть как можно меньше);
- температура застывания [°C] – указывает температуру прекращения прокачивания масла по масляной системе;
- температура вспышки [°C] – характеризует испаряемость при высокой температуре, пожарную безопасность, нагарообразование и расход масла;
- вязкость при 40 °C [сСт] – основной сравнительный параметр вязкости масла (соответствует классу вязкости по ISO). *ISO – International Organisation Standartisation – Международная организация по стандартизации продукции.*

Классификация масел API, в зависимости от их эксплуатационных свойств

1. Для бензиновых двигателей:

- **SA, SB, SC, SD** – масла с невысокими эксплуатационными свойствами, в настоящее время не выпускаются или применяются на устаревшей технике;
- **SE** – масла для двигателей легковых и грузовых автомобилей от 1972 года выпуска. Относительно хорошие антиокислительные, моющие и антикоррозийные свойства;
- **SF** – масла для двигателей, начиная с 1980 года выпуска. По сравнению с маслами класса SE обладают более высокими антиокислительными, противоизносными и антикоррозийными свойствами;
- **SG** – масла для двигателей с 1989 года, имеющие значительно более высокие моющие, противоизносные и антиокислительные свойства, что достигается за счет применения беззольных дисперсантов;
- **SH** – новая последовательность требований к маслам для бензиновых двигателей, включая необходимость турботестирования, имеющая в своём составе, кроме требований, предъявляемых к группе SG, требования к повышению экономии топлива, низкое содержание черного шлама в процессе эксплуатации и другие требования. Масло рекомендовано для машин последних годов выпуска, особенно эксплуатирующихся в тяжелых климатических условиях и при экстремальных динамических нагрузках. Класс введен с июля 1993 года;
- **SJ и SL** – новейшая последовательность требований, введенная с 16

октября 1996 года и после 2000 года соответственно. Задача – универсализировать моторные масла по вопросам смешиваемости (вне зависимости от базовой основы и химии присадок). Масла должны быть смешиваемы с эталонным маслом SAE, а также выполнять требования к маслам по классификации ILSAC GF-1 и GF-2 (см. ниже).

В настоящее время на российский рынок поступают следующие основные классы моторных масел для бензиновых двигателей российского производства:

SF – для двигателей старых выпусков (до 1988 г.), работающих на этилированном бензине;

SG – для двигателей среднего поколения (до 1994 г.), работающих на неэтилированном бензине;

SH – для двигателей нового поколения (с 1994 г.), работающих на неэтилированном бензине каталитического риформинга. Обладает энергосберегающим эффектом;

SJ и SL – для двигателей последних годов выпуска, работающих на неэтилированном бензине. Масла содержат минимальное количество фосфора, наиболее экологически безопасны.

2. Для дизельных двигателей:

– **CA и CB** – масла с невысокими моющими и антиокислительными свойствами, применялись в 40–50-х годах, в настоящее время не выпускаются;

– **CC** – масла для дизельных двигателей без наддува или с невысоким наддувом. Имеют улучшенные по сравнению с CA, CB свойства. Введены с 1961 года;

– **CD** – масла для дизелей с наддувом, в том числе с высоким. Применяются в случаях, когда предъявляются высокие требования к моющим и противоизносным свойствам. Выпуск масел CD начат в 1955 году;

– **CD-II** – масла для двухтактных дизельных двигателей, обеспечивают снижение износа деталей и образование нагара, одновременно отвечают требованиям класса CD;

– **CE** – масла для турбонадувных дизелей, выпускаемых с 1983 года, работающих в условиях высоких нагрузок. Заменяют масла группы CD;

– **CF** – масла для двигателей, выпускаемые с 1994 года, работающих на топливе разного качества, включая высокосернистые (более 0,5%). Имеют хорошие антикоррозионные и антинагарные свойства. Заменяют масла группы CD. Масла CF-2, выпускаемые с 1994 года для двухтактных дизельных двигателей обладают высокими противоизносными свойствами.

– **CF-4** – масла для мощных форсированных дизелей, выпускаемых с 1990 года, предназначенных для магистральных скоростных тяжелых машин. По качеству соответствуют группе CE, но лучше защищают цилиндропоршневую группу от загрязнений продуктами сгорания, обладают меньшей испаряемостью. Соответствуют требованиям, предъявляемым к маслам для бензиновых и дизельных двигателей легковых и грузовых автомобилей, и могут обозначаться как CF-4/SG;

– **CG-4** – масла для самых мощных новых быстроходных дизелей

магистральных тяжелых автомобилей с применением малосернистого топлива (0,05%) или немагистральных машин на сернистом топливе (0,5%). Масла эффективно защищают детали двигателя от высокотемпературных отложений, износа, коррозии. Обладают высокой стойкостью к пенообразованию. Удовлетворяют требованиям стандарта 1994 года по токсичности отработавших газов, уменьшают полировку стенок цилиндров. Заменяют масла групп CD, CE, и CF-4;

– **PC-7, PC-9 и PC-10** – масла высшей категории качества, предназначенные для использования в мощных дизельных двигателях, работающих на малосернистом топливе. Снижают образование отложений в двигателе и износ клапанов. Имеют ярко выраженный энергосберегающий эффект при применении на двигателях легковых и грузовых автомобилей.

В настоящее время на российский рынок поступают следующие основные классы моторных масел для дизельных двигателей российского производства:

CC – масла для дизелей старого поколения с простым наддувом;

CD – масла, предназначенные для дизельных двигателей, работающих на сернистом топливе;

CE – для высокофорсированных и мощных дизелей, эксплуатируемых в тяжелых условиях;

CF-4 – для современных быстроходных дизелей для тяжелых автомобилей, тягачей и автобусов;

CG-4 – для новых быстроходных, мощных дизельных двигателей, работающих на малосернистом топливе, удовлетворяющих экологическим требованиям по отработавшим газам.

В заключение следует отметить, что за рубежом требования к качеству масел диктуют моторостроительные фирмы и классификации являются отражением этих требований. Российский ГОСТ более статичен и отражает деление масел лишь по их вязкостным и эксплуатационным свойствам без конкретных требований заводов-изготовителей автомобильных двигателей.

Следует иметь в виду и то, что введение новых требований API к маслам не означает радикальный пересмотр или отмену предыдущих, более ранних требований. Эти требования учитываются и качественно включаются в следующие группы требований с каждым последующим уровнем по API.

Исходя из вышеизложенного можно привести пример обозначения и расшифровки обозначения моторного масла по классификациям SAE и API:

Масло SAE 10W-40, API SJ/CD Semy synthetic

– это масло всесезонное, может применяться и зимой и летом. Его предпочтительнее использовать в бензиновых двигателях последних годов выпуска (показатель API для бензиновых двигателей стоит на первом месте). Это масло может быть применено и в дизельных двигателях с наддувом, в том числе и высоким. Кинематическая вязкость этого масла при 100 °C находится в диапазоне 12,5–16,3 сСт (фактически 15,3 сСт), а температура застывания ниже минус 30 °C (фактически минус 39 °C). Надпись Semy Synthetic (полусинтетика) означает, что данное масло произведено на основе высококачественных

минеральных базовых масел с высоким индексом вязкости в смеси с синтетическими компонентами.

В табл. 12.4 показано соответствие классов SAE и ГОСТ 17479.1-85, обозначающих вязкостные свойства масел. Несколько сложнее вывести соответствие зарубежных и российских двигателей по эксплуатационным качествам, так как смена поколений двигателей за рубежом происходит через 4–5 лет. В табл. 2.2 приведено соотношение классов двигателей по ГОСТ 17479.1-85 и API с точки зрения фирмы SHELL.

Таблица 2.2

Примерное соответствие классификаций двигателей по ГОСТ и API

Группа масла по ГОСТ	Рекомендованная область применения, двигатели	Аналогичные требования API
А	Нефорсированные, бензиновые и дизельные	SA,SB/CA,CB
Б ₁	Малофорсированные бензиновые	SC
Б ₂	Малофорсированные дизельные	CC
В ₁	Среднефорсированные бензиновые	SD,SE
В ₂	Среднефорсированные дизельные	CC
Г ₁	Высокофорсированные бензиновые	SF
Г ₂	Высокофорсированные дизельные	CD
Д	Высокофорсированные дизельные, работающие в тяжёлых условиях	CD,CE
Е	Дизельные малооборотные с лубрикаторной системой смазки, работающие на топливе с 3,5% серы	CE

Классификация ILSAC

Американские и японские автомобилестроители, сотрудничая в рамках *Международного комитета по стандартизации и одобрению смазочных материалов* (ILSAC – *International Lubricant Standardization and Approval Committee*), разработали минимальные стандартные требования к моторным маслам для автомобильных бензиновых двигателей.

В 1992 году создан стандарт ILSAC GF-1, в 1995 году – ILSAC GF-2, в 2002 году – ILSAC GF-3, а с 2004 года ожидается введение требований GF-4.

По уровню требований к эксплуатационным свойствам масла по этим стандартам практически идентичны маслам классов SJ и SL по API, но обязательно имеют высокие энергосберегающие свойства и не содержат компонентов, отрицательно влияющих на каталитический дожигатель (нейтрализатор) отработанных газов.

По классификации ILSAC при испытаниях на стандартизированном моторном стенде SEQ III E масла группы GF-1 должны иметь показатели качества эквивалентны API SH с экономией топлива минимально 2,7% в сравнении с работой двигателя на эталонном масле 15W-40.

Группа масел GF-2 должна включать качественные показатели GF-1 плюс следующее:

- увеличенная экономия топлива (по ASTM-VI-A);
- более низкое содержание фосфора (0,1% max.);
- меньшая испаряемость для масел с минимальной вязкостью – SAE OW и 5W;
- дополнительные тесты на пенообразование, отложения и прокачиваемость.

Следующие группы GF-3 и GF-4 последовательно ужесточают требования к качеству масел.

Масла, сертифицированные по API на соответствие требованиям ILSAC, маркируют стандартным символом – знаком качества в виде шестеренки с текстом внутри рисунка на английском языке: «Американский институт нефти, для бензиновых двигателей, сертифицировано». Классификация масел по API на получение знака «Донат» в сочетании со знаком ILSAC характерна для *американских* производителей масел и не нашла широкого применения в Европе.

Классификация ACEA

Классификация ACEA (*Association of European Car Makers – ассоциация европейских производителей автомобилей*) в 1996 году заменила используемую ранее классификацию CCMC (*Commitee of Commun Market Automobile Constructors – комитет изготовителей автомобилей*). Эта классификация, как и другие европейские, предъявляет к качеству масел более высокие, чем американские, требования. Такие требования обусловлены тем, что европейские автомобили оборудуются более высокооборотными и мощными двигателями, к тому же условия эксплуатации автомобильного транспорта в Европе более тяжёлые. Это увеличивает загрязнённость двигателя продуктами неполного сгорания топлива и повышает вспениваемость масел. Есть различия и в законодательстве по защите окружающей среды.

По предназначению и уровню качества моторные масла в системе CCMC подразделяются на 3 класса:

G – масла для бензиновых двигателей (G – gasoline – бензин); по возрастанию качества G1–G5;

D – масла для дизельных двигателей тяжёлых автомобилей (D – diesel – дизель); D1–D5;

PD – масла для дизелей легковых автомобилей (PD – Passenger Diesel); PD1 и PD2.

Классификация ССМС применялась до 1996 года, затем была заменена классификацией ACEA, однако символы ССМС можно встретить в описании классов масел.

Классификация ACEA разрешает производство, а также применение сезонных всесезонных масел любого класса вязкости по классификации SAE J300. Следует помнить, что *применение масла того или иного класса вязкости для конкретных климатических условий рекомендует только производитель автомобиля.*

Классификация моторных масел по вязкостно-температурным свойствам, принятая ACEA, отличается от классификации SAE дополнительными требованиями к вязкости при температуре 150 °C и высокой скорости сдвига.

Классификация ACEA, как и SAE, устанавливает шесть зимних классов вязкости от 0W до 25W и пять летних классов – от 20 до 60 (табл. 12.4). Всесезонные масла по низкотемпературным характеристикам должны соответствовать одному из зимних классов, а по высокотемпературным – одному из летних.

Европейская ассоциация автомобильных производителей ACEA объединяет ведущих гигантов автомобилестроения: BMW, DAF, Ford of Europe, General Motors Europe, MAN, Mercedes-Benz, Peugeot, Porsche, Rolls-Royce, Rover, Saab-Scania, Volkswagen, Volvo, FIAT и др. Ассоциация впервые ввела с 1996 года новую классификацию моторных масел, которая базируется на европейских методах испытаний, а также использует некоторые общепризнанные американские моторные и физико-химические методы испытаний по API, SAT и ASTM (American Society of Testing Material) – Американское общество по испытанию материалов (Разработка процедур испытаний).

В 1998 году требования к моторным маслам по классификации ACEA-96 были скорректированы в сторону повышения требований к качеству, и уже с 1 марта 1999 года масла последнего поколения европейских производителей соответствовали требованиям **ACEA-98**.

С июня 2001 года началась сертификация масел высших групп качества на соответствие современным требованиям **ACEA-99**, а в 2002 году введен стандарт **ACEA-01**.

В тоже время допускается применение масел, маркированных на соответствие требованиям ACEA-96, до истечения срока их хранения со дня производства.

С января 2000 года классификация ACEA подразделяет моторные масла по эксплуатационным свойствам на 3 категории (последовательности испытания моторных масел): А, В и Е.

Классификация ACEA по эксплуатационным свойствам:

1. Масла для бензиновых двигателей – А1-98, А2-98, А3-98, А4-99 и А5-01 (по возрастанию качества).

2. Масла для лёгких дизельных двигателей легковых автомобилей и фургонов на базе легковых автомобилей – B1-98, B2-98, B3-98, B4-98 и B5-01. В США таких автомобилей значительно меньше, поэтому все масла для дизельных двигателей там объединены в одну группу.

3. Масла для тяжёлых дизельных двигателей грузовых автомобилей – E2-96, E3-96, E4-99 и E5-99.

Причём к уровню качества 1 в группах А и В определены требования к энергосберегающим маслам, которые по эксплуатационным свойствам должны быть не хуже уровня 2. А в остальных категориях групп А, В и в категории Е чем больше цифра уровня качества, тем выше требования, которым должно отвечать масло. В маркировке указывается также год введения требований (например: A1-98 или B1-98).

Свойства моторных масел перечисленных категорий и примерное соответствие требований к качеству по классификации API показаны в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Классификация моторных масел по ACEA и соответствие API

Класс по ACEA	Применение и особенности	Класс по API
<i>Бензиновые двигатели легковых автомобилей</i>		
A1-98	Экстра-класс для двигателей без наддува, современных европейских автомобилей с энергосберегающим эффектом	SH
A2-98	Стандартный класс для двигателей с наддувом и без него современных европейских автомобилей	SG
A3-98	Экстра-класс для двигателей с наддувом и без него современных европейских автомобилей	SJ
A4-99 A5-01	Экстра-класс для двигателей новейших моделей европейских автомобилей выпуска после 2000 года	SJ SL
<i>Дизели легковых автомобилей</i>		
B1-98	Стандартный класс для двигателей без наддува современных европейских автомобилей с энергосберегающим эффектом	CE
B2-98	Стандартный класс для двигателей с наддувом и без него современных европейских автомобилей	CE
B3-98	Экстра-класс для двигателей с наддувом современных европейских автомобилей	CF-4
B4-98(99)	Стандартный класс для двигателей с непосредственным впрыском топлива	CG-4
B5-01	Экстра-класс для двигателей новейших моделей европейских автомобилей выпуска после 2000 года	CH-4

Класс по ACEA	Применение и особенности	Класс по API
<i>Дизели групповых автомобилей и тягачей</i>		
E1-96вып.2*	Стандартный класс для двигателей без наддува	CD
E2-96вып.3	Стандартный класс для двигателей с умеренным наддувом и без него	CF-4
E3-96вып.3	Высокий класс для двигателей с высоким наддувом, с увеличенным интервалом замены	CF-4
E4-99	Экстра-класс для двигателей с высоким наддувом, отвечающий требованиям EURO-II, с увеличенным интервалом замены	CG-4
E5-99	Наивысший класс, обеспечивающий минимальную токсичность отработавших газов	CH-4

*Может быть в эксплуатации, но с 2001 года не выпускается как устаревший.

Следует иметь в виду, что в классификации ACEA сформированы единые требования к моторным маслам, согласованные с 16 ведущими европейскими фирмами, производящими автомобили. Однако каждый член ACEA в дополнение к единым требованиям классификации может выдвигать (и на практике выдвигает) свои специфические требования либо путем ужесточения проходных оценок, либо путем ведения дополнительных испытаний на двигателе собственной конструкции или лабораторных испытаний на совместимость масла с конструкционными материалами, применяемыми данной фирмой. Такие дополнительные требования излагаются в фирменных спецификациях на моторные масла.

Производители моторных масел в своих проспектах, рекламных материалах, на этикетках канистр обычно указывают, какими классами SAE по вязкости и каким классам API, ACEA по эксплуатационным свойствам соответствует данный продукт. Кроме того, если масло прошло соответствующие испытания и отвечает требованиям каких-то фирменных спецификаций, производитель масла непременно сообщает потребителю о наличии допуска к применению данного продукта со стороны конкурентных изготовителей техники или «одобрения» этими изготовителями указанной марки масла.

Например, масло какой-то фирмы может характеризоваться так:

SAE 10W-40, API SH/CF-4, ACEA A1-98/B3-98, BMW «Special Oils», VW 500.00, VW 505.00, VW 501.01/505.00. Вместо указания фирменных спецификаций может быть приведен просто перечень фирм, выдавших допуск к применению данного масла и внёсших его марку в инструкцию по эксплуатации.

Потребитель моторных масел из предлагаемого ассортимента должен выбрать тот продукт, который соответствует спецификации фирмы-изготовителя его автомобиля. Только при отсутствии на рынке масла,

соответствующего фирменной спецификации (т. е. имеющего одобрение (допуск) изготовителя техники) следует приобретать масло, соответствующее базовым требованиям классификации. При этом для техники американского производства предпочтительнее применять масла, сертифицированные по классификации API, а для европейской – сертифицированные по классификации ACEA.

В табл. 2.4 показано ориентировочное соответствие современных классификаций моторных масел по классификациям ACEA, API, ILSAC, ГОСТ, а также спецификациям таких гигантов автомобилестроения, как «Мерседес-Бенц» и «Фольксваген». Следует подчеркнуть, что речь идет о приблизительном соответствии классов, а не об их полной идентичности.

Таблица 2.4

Ориентировочное соответствие современных
классификаций моторных масел

Классификация	ACEA	API	ILSAC	MB		VW	ГОСТ 17479.1
Масла для бензиновых двигателей легковых автомобилей	A1-98	SH	GF-1	229.3		503.00	–
	A2-98	SH	–	229.1		502.00	Д1 (A2-96)
	A3-98	SJ	GF.2	229.3		503.00	–
	A3-99	SJ		229.5		503.01	–
	A5-01	SL	GF-3				–
	-04	–	GF-4			–	–
Масла для легких высокооборотных дизелей легковых автомобилей	B1-98	CE	–	229.3		505.00	Д
	B2-98	CE	–	229.1 227.5			
	B3-98	CF-4	–	228.1	229.3	505.01	–
	B4-98(99)	CG-4		229.5		506.00	–
	B5-01	CH-4	–			506.01	–
Масла для тяжелых дизелей грузовых автомобилей и внедорожной автотракторной техники	E1-96 вып.2*	CD	–	228.0			E2
	E2-96 вып.3	CF-4	–	228.1			Д2
	E3-96 вып.3	CF-4	–	228.2			
	E4-99	CG-4	–	228.3			–
	E5-99	CH-4	–	228.5			–
	-02	PC-9 (CJ)	–	–			–
	-05	PC-10	–	–			–

* Класс масел исключен, как устаревший, с 2001 г.

В завершение рассмотрения зарубежных моторных масел следует отметить, что и у российских производителей товарных масел есть определённые успехи. Так, для смазки форсированных европейских, американских и японских бензиновых двигателей с наддувом и дизельных двигателей с турбонаддувом для легковых автомобилей и легких грузовиков выпуска после 1995 года должны применяться масла, отвечающие европейским требованиям ACEA A3-98, B2-98 или B3-98, API SJ/CF-4 и классификациям автомобильных фирм: 229.1, 229.3 «Мерседес-Бенц» 502.00 и 505.00, Фольксваген, БМВ LB507, Порше [14]. Таким высоким требованиям из ассортимента отечественных моторных масел отвечают моторные масла «ЛУКОЙЛ-Люкс» API SJ/CF классов вязкости SAE 5W-30, 5W-40, 10W-4, и 15W-40 или «ЛУКОЙЛ-Синтетик» SAE 5W-40 API SJ/CF (с 01.01.2002года – API SL/CF).

Масла «ЛУКОЙЛ-Люкс» и «ЛУКОЙЛ-Синтетик» имеют лицензию API на обозначение знаком «Донат».

Производство масел «ЛУКОЙЛ» сертифицировано в рамках требований Международной системы качества ISO 9001.

Глава 3

Трансмиссионные масла

Снимаемую с маховика коленчатого вала двигателя механическую энергию (крутящий момент) необходимо передать на ведущие колёса. Для этой цели предназначена трансмиссия (силовая передача) автомобиля. Передача и изменение крутящего момента по величине и направлению выполняется в основном при помощи зубчатых передач. В гидрообъёмных и гидромеханических передачах бесступенчато изменяемый крутящий момент передается через рабочее тело – жидкое минеральное или синтетическое масло.

Основное функциональное назначение масел для механических трансмиссий и редукторов – снижение затрат энергии на трение и уменьшение износа.

Трансмиссионные масла и жидкости выполняют и другие, общие для смазочных масел функции: удаление продуктов износа, уплотнение сопряжённых деталей и защита их от коррозии.

Трансмиссионные масла работают в режимах высоких давлений, скоростей скольжения и в широком диапазоне температур. Их пусковые свойства и длительная работоспособность должны обеспечиваться в интервале температур от минус 60 °С до 150 °С.

Требования к эксплуатационным маслам:

- повышение ресурса работы трансмиссии, особенно работающих при больших контактных напряжениях и высоких скоростях скольжения пятна контакта гипоидных и червячных передач;
- хорошие температурно-вязкостные свойства, обеспечивающие работоспособность масла при низких и высоких температурах;
- физическая, термическая и термоокислительная стабильность при длительной работе;
- хорошие защитные свойства;
- высокие противопенные свойства;
- совместимость с материалами прокладок и уплотнений.

Важнейшие свойства трансмиссионных масел, это антифрикционные, противоизносные и противозадирные.

В качестве основы для безусловного выполнения вышеперечисленных требований к трансмиссионным маслам всё более широко начинают применяться синтетические масла, например РАО – полиальфаолефины (исходное вещество – этилен). По сравнению со стандартными минеральными маслами, синтетические масла имеют лучшие вязкостно-температурные характеристики и повышенное сопротивление старению. Разумеется, широко используются специальные присадки.

Многообразие вырабатываемых трансмиссионных масел, предназначенных для разнообразной техники, вызвало необходимость разработки и

использования классификации масел по вязкостным, эксплуатационным свойствам и назначению.

В настоящее время в мире используют следующие классификации трансмиссионных масел:

- **SAE J 306 C** по вязкостно-температурным свойствам;
- **API** по эксплуатационным свойствам – в США, только для механических трансмиссий;
- по категориям качества **ZF** – в Европе, также для механических трансмиссий;
- по конструкции и назначению механической передачи – объединяет **API** и **ZF**;
- жидкостей для автоматических коробок передач – **ATF** (*Automatik Transmission Fluids*);
- военные спецификации США – **MIL**, используемые многими фирмами Западной Европы.

Классификация SAE

По вязкости трансмиссионные масла в классификации SAE делят на девять уровней, для которых определены пределы кинематической вязкости при 100°C и максимальная температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па·с (возможна эксплуатация). Уровни вязкости и их соответствие ГОСТ 17479.2-85 показаны в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Классификация SAE J 306 по вязкости автомобильных трансмиссионных масел

Градация вязкости по SAE	Максимальная температура при вязкости 150 Па·с, °C*	Кинематическая вязкость при 100 °C, минимум сСт**	Кинематическая вязкость при 100 °C, максимум сСт**	Вязкость по ГОСТ 17479.2, сСт
70W	–55	4,1	–	
75W	–40	4,1	–	9
80W	–26	7,0	–	12
85W	–12	11,0	–	12
80	–	7,0	11,0	
85	–	11,0	13,5	
90	–	13,5	24,0	18
140	–	24,0	41,0	34
250	–	41,0	–	

*С использованием метода ASTM D 2983

**С использованием метода ASTM D 445

Уровни вязкости трансмиссионных масел обозначают значениями градусов вязкости по ISO, которые по величине значительно больше, так как определяются не при 100 °С, а при 40 °С. Это несоответствие принято для того, чтобы не путать моторные и трансмиссионные масла при их подборе в системе SAE по уровню вязкости. Максимальные значения вязкости у моторных масел 25W и 60, а минимальные у трансмиссионных 70W и 80.

Соотношение уровней вязкости моторных и трансмиссионных масел в системе SAE с классами вязкости по ISO показано в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Соотношение уровней вязкости моторных и трансмиссионных масел в системе SAE относительно ISO

Класс вязкости в системе ISO	Уровень вязкости моторных масел в SAE	Уровень вязкости трансмиссионных масел в SAE	
22 32	10W	75	
32 46			
46 68	20W		
68	20		
100	30		80
150 220	40		
220 320	50	90	
460 680			140

Из табл. 3.2 видно, что трансмиссионное масло SAE 80 соответствует по вязкости моторному маслу SAE 30, а в системе ISO эта вязкость при 40 °С будет равна 100. Для справки: в табл. 3.3 приведена классификация вязкости по системе ISO.

Классификация вязкости по ISO

Класс вязкости по ISO	Средняя вязкость при 40 °C, мм ² /с	Пределы кинематической вязкости, мм ² /с, при 40 °C	
		min	max
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,00
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

Масла для механических трансмиссий по вязкости делят на три серии:

- летние – 80, 85, 90, 140, 250;
- зимние – 70W, 75W, 80W, 85W;
- всесезонные – 70W-90, 75W-140, 80W-90, 80W-140 и т. д.

По аналогии с моторными энергосберегающими маслами выпускают трансмиссионные топливосберегающие масла серии *FE (Fuel Ekonomik oils)*.

Классификация по эксплуатационным свойствам

Классификация API охватывает только масла для механических трансмиссий и в зависимости от конструкций агрегатов трансмиссий и условий их эксплуатации делит их на шесть групп:

– **API GL-1** – относительно мягкие условия эксплуатации (невысокие нагрузки и скорости скольжения) в механических коробках передач с ручным переключением, ведущих мостах со спирально-коническими и спиральными шестернями. Это в основном масла без присадок или с депрессорными и антипенными присадками, а также ингибиторами коррозии.

– **API GL-2** – для более жёстких условий по нагрузкам и скорости скольжения зубьев в главных передачах грузовых автомобилей с червячными

парами; в состав масел входят антифрикционные и протиизносные присадки (EP).

– **API GL-3** – для умеренно-жёстких условий работы со средними нагрузками и скоростями скольжения в ведущих мостах со спирально-коническими шестернями и некоторых коробках передач. В масле должны быть противоизносные и противозадирные присадки.

– **API GL-4** – для средних режимов нагружения гипоидных передач и трансмиссий, работающих в условиях экстремальных скоростей и ударных нагрузок, а также в режимах высоких скоростей вращения и малых крутящих моментов или низких скоростей вращения и больших крутящих моментов. Обязательно наличие высокоэффективных противозадирных присадок (до 4%).

– **API GL-5** – для тяжёлых эксплуатационных условий агрегатов трансмиссий, включая ударные нагрузки в гипоидных парах от легковых до тяжёлых транспортных машин. В составе масла должны быть высокоэффективные противозадирные и противоизносные присадки (до 6,5%). Если масло пригодно для дифференциалов, то добавляется знак «+» или «LS», например API GL-5+ или API GL-5 «LS». Могут применяться в механических передачах с синхронизатором, о чём должны быть соответствующие указания в описаниях масел.

– **API GL-6** – для очень тяжёлых эксплуатационных условий гипоидных передач с повышенным вертикальным смещением осей шестерён, работающих с высокими скоростями скольжения, ударными нагрузками и большими крутящими моментами. Масла имеют самые высокие эксплуатационные свойства и содержат до 10% серофосфоросодержащей противо-задирной присадки и противоизносную присадку. Изготавливается, как правило, на синтетической основе.

– **API MT-1** – для механических коробок передач и синхронизаторов больших нагрузок мощных автомобилей, тягачей, автопоездов и автобусов. По эксплуатационным свойствам эквивалентны группе API GL-4, но отличаются большей термической стабильностью.

– **API PG-2** – для агрегатов трансмиссий мощных грузовых автомобилей, автобусов, тягачей автопоездов, строительных машин. По эксплуатационным свойствам эквивалентны API GL-5, но отличаются повышенной термической стабильностью и лучшей совместимостью с резиновыми материалами.

Применение масел групп API

1. Масло более высокой группы, например API GL-5 может быть применено там, где допускаются требования GL-1–GL-5, т.е. тот факт, что масло соответствует уровню требований GL-5, автоматически означает, что требования к более низким уровням GL-1–GL-4 уже выполнены.

2. Масла групп GL-1–GL-3 в настоящее время широкого практического применения не имеют.

3. Для смазывания механических передач и редукторов используются в основном масла API GL-3 и API GL-4.

4. Для смазывания гипоидных передач:

– средней нагруженности – API GL-4;

– высоконагруженных с большим осевым расхождением – API GL-5.

5. Новые категории масел API MT-1 и API PG-2 проходят всестороннее исследование в практическом применении.

Классификация ZF (TE - ML)

Европейская классификация ZF включает 14 категорий качества трансмиссионных масел от ZF-TE-ML-01 до ZF-TE-ML-14 для всех механических трансмиссий. Классификация учитывает требования API GL и других спецификаций (MIL, OEM), а также свои оригинальные требования для гарантированно качественной работы агрегатов и механизмов.

ZF-TE-ML-01 – масла для зубчатых передач автомобилей, эквивалентные по качеству маслам API GL-4, API GL-5 и API MT-1 с вязкостью SAE 80W, 80W-85, 80W-90, 85W-90, 90. Применяются также моторные масла API CD, CE, CF, SF, SG с вязкостью SAE 30 и 40.

ZF-TE-ML-02 – масла для механических передач и синхронизаторов легковых и грузовых автомобилей, эквивалентные по качеству маслам API MT-1 с вязкостью SAE 80W, 80W-85, 80W-90. Применяются также моторные масла API CD, CE, CF, SF и SG с вязкостью SAE 20W-20 и 30.

ZF-TE-ML-102 «Long Drain» – по эксплуатационным свойствам аналогично маслу ZF-TE-ML-02, но с увеличенным интервалом замены (около 300000 км).

ZF-TE-ML-03 – масла для коробок передач рабочих машин.

ZF-TE-ML-04 – масла для коробок передач (редукторов) судов.

ZF-TE-ML-05 – масла для коробок передач, ведущих мостов, дифференциалов скольжения легковых и грузовых автомобилей, соответствующих по качеству маслам API GL-5 с вязкостью SAE 80W-90, 85W-90, 85-140, 90.

ZF-TE-ML-06 – масла для гидравлических подъёмников и суперуниверсальных тракторов (STOU).

ZF-TE-ML-07 – масла для механических и гидравлических передач «Reduplan», эквивалентные по качеству маслам API GL-5 с вязкостью SAE 75/80/85W – 85/90/140.

ZF-TE-ML-08 – масла для гидравлических усилителей мощности лёгких и тяжёлых рабочих машин, эквивалентные по качеству маслам API GL-4 и GL-5 и военной спецификации MIL-L-2105 с вязкостью SAE 75/80/85W–85/90/140.

ZF-TE-ML-09 – масла для механизмов гидравлического управления легковых и грузовых автомобилей, эквивалентные по качеству жидкостям для автоматических коробок передач (ATF) Dexron II D, Dexron II E, Dexron III, Mercon-M.

ZF-TE-ML-10 – масла для механизмов легковых и грузовых автомобилей «Transmatic».

ZF-TE-ML-11 – масла для автоматических коробок передач легковых автомобилей, эквивалентные по качеству жидкостям для автоматических коробок передач по классификации ATF.

ZF-TE-ML-12 – резерв.

ZF-TE-ML-13 – масло для агрегатов специальных автотранспортных машин.

ZF-TE-ML-14 – жидкости для автоматических коробок передач грузовых автомобилей (ATF).

Классификация масел по конструкционным признакам трансмиссии

В зависимости от конструкции и предназначения механической передачи масла подразделяют на группы.

Масла для ведущего переднего моста должны удовлетворять категории качества API GL-4.

Масла для основной передачи, в которой контактные напряжения достигают 2000 МПа, а температуры в объёме масла 120...130 °С должны удовлетворять категориям качества API GL-2 и API GL-4 с вязкостью SAE 140 и содержанием серы как противоизносной присадки $\approx 1,5\%$.

Масла для гипоидных передач, в которых контактные напряжения достигают 4000 МПа, скорости скольжения ≈ 15 м/с, а температура масла в объёме 90...150 °С. Для обеспечения работоспособности таких масел требуются высокоэффективные противоизносные и противозадирные присадки. Этим условиям соответствуют масла категории качества API GL-5 с вязкостью SAE 90, SAE 80W-90, 80W-140, 85W-140. Многие производители автомобилей устанавливают свои требования к качеству. Например: Volvo 97310, Volvo 97313, ZF-TE-ML-01, TE-ML-05, TE-ML-09.

Масла для дифференциалов самоблокирующихся с ограниченным скольжением должны удовлетворять требованиям категории API GL-5 LS или ZF-TE-ML-05 с вязкостью SAE 90, SAE 75W-90, SAE 80W-90, SAE 85W-90 военной спецификации MIL-L-2105B, Ford ESW-M2C 104-A, ESP-M2C 154-A, Volvo 37311.

Масла для распределительного механизма между передними и задними ведущими колёсами должны удовлетворять требованиям категории качества API GL-5 с вязкостью SAE 80W, SAE 75W-90.

Масла для рулевого механизма работают в ненапряженном режиме, здесь могут быть использованы масла категории качества API GL-1.

Универсальные масла для механических трансмиссий предназначены для работы в тяжёлых и лёгких условиях, при различных динамических нагрузках и скоростях скольжения, в широком температурном интервале. Эти масла содержат комплекс высокоэффективных присадок, улучшающих противоизносные свойства, полимерные компоненты и синтетические масла, которые гарантируют качество.

Синтетические масла для механических передач категорий качества API GL-4 и API GL-5, а также по спецификации Фольксвагена VW 501.50

производятся с вязкостью SAE 75W-90 и SAE 85W-90 с температурой застывания минус 40...минус 54 °С и с индексом вязкости в интервале 175–205.

При обозначении российских трансмиссионных масел старая (до 1985 г.) классификация используется гораздо шире, чем в обозначениях моторных масел. Почти во всех случаях в технической литературе указываются оба обозначения. В таблице 3.4 показаны основные, наиболее часто применяемые марки трансмиссионных масел и их обозначения по старой классификации, по ГОСТ 17479.2-85 и по зарубежной классификации SAE и API.

Таблица 3.4

Основные марки российских трансмиссионных масел и их обозначение по отечественной и зарубежной классификации

Марка масла по старой классификации	Марка масла по ГОСТу 17479.2-85 новой классификации	Стандарт на масло	Вязкость SAE	Группа эксплуатационных свойств по API
Нигрол	ТМ-1-34	ТУ 38 101529-75	140	GL-1
ТС-14,5	ТМ-1-18	ТУ 38 101110-86	90	GL-1
АК-15	ТМ-1-18	ТУ 38 001280-76	90	GL-1
ТС _{рн} -10ЕФО	ТМ-2-9	ТУ 38 101701-79	80W	GL-2
Тэп 15	ТМ-2-18	ГОСТ 23652-79	90	GL-2
ТС	ТМ-2-34	ОСТ 38 01260-82	140	GL-2
ТС _п -8	ТМ-3-9а	ОСТ 38 001365-84	80W	GL-3
ТС _п -10	ТМ-3-9	ГОСТ 23652-74	80W	GL-3
ТС _п -15К	ТМ-3-18	ГОСТ 23652-79	90	GL-3
ТАП-15В	ТМ-3-18	ГОСТ 23652-79	90	GL-3
ТС _а -9 _{гип}	ТМ-4-9а	ОСТ 38 01158-78	75W	GL-4
ТС _р -24 _{гип}	ТМ-4-18	ГОСТ 23652-79	90	GL-4
ТС _{гип}	ТМ-4-34	ОСТ 38 01260-82	140	GL-4
ТМ 5-12 _{рк}	ТМ-5-12а	ТУ 38 101844-80	85W	GL-5
ТАД-17 _и	ТМ-5-18	ГОСТ 23656-79	90	GL-5
—	ТМ-5-9н	—	80W-90	GL-5

Для наиболее распространенной в России марки легковых автомобилей ВАЗ применяются трансмиссионные масла SAE 85W-90 и API GL-5.

Классификация ATF

Автоматические трансмиссии в основном используются в легковых автомобилях, реже – в грузовых.

Автоматические трансмиссии отличаются от механических, переключаемых вручную, способом передачи крутящего момента. Как принудительные механические, так и гидродинамические силовые передачи дополняются фрикционными сцепными устройствами. Фрикционные свойства рабочей жидкости автоматической трансмиссии приобретают в таких устройствах особо важное значение. Применяемые для автоматических трансмиссий масла обычно и классифицируются в зависимости от их фрикционных характеристик. Причём эти же масла должны выполнять и общее предназначение смазочных материалов – снижать трение.

Фрикционные свойства масел обеспечиваются за счёт силы взаимодействия его молекул между собой и с поверхностью дисков. В результате создаётся сопротивление сдвигу большее, чем передаваемый крутящий момент. Фрикционные свойства оценивают коэффициентом трения, который находится в пределах 0,1–0,18 и зависит от фрикционных свойств масла и скорости скольжения. Коэффициент трения обычно стабилизируется при скорости скольжения больше 0,1 м/с.

Антифрикционные, противоизносные и другие свойства масел для гидромеханических трансмиссий обеспечиваются их вязкостными характеристиками, наличием присадок, механизм действия которых аналогичен действию в других машинах и механизмах.

Жидкости ATF обеспечивают надёжную работу сложных механических и гидравлических механизмов автоматических коробок передач разных конструкций.

В жидкостях для автоматических коробок передач реализованы высокие требования к качеству, предъявляемые двумя основными фирмами-производителями таких трансмиссий – «General Motors» и «Ford».

До 1983 года жидкости ATF выпускались под двумя основными названиями своих фирм: «Dexron» и «Mercon».

Позже требования к качеству жидкости были сбалансированы с целью использования их для всего автомобильного транспорта.

Спецификации фирмы General Motors

ATF типа A – жидкости (масла) для первых конструкций автоматических коробок передач для легковых автомобилей (Type A, Suffix A).

Dexron (B) – спецификации для жидкостей для автоматических коробок передач фирмы General Motors. Многие изготовители или покупатели подобных коробок передач пользуются этими спецификациями. Допуск фирмой General Motors производится под так называемым номером «B».

Dexron II (General Motors 6137 m) – новые жидкости, выпускаемые с 1990 года (Dexron II D) и с 1994 года (Dexron II E). В спецификации к этим

жидкостям ужесточаются требования, предъявляемые по сравнению с предыдущими, кроме того, в целях охраны окружающей среды, запрещено применение спермацетового масла в качестве присадки.

Dexron III – новейшая спецификация, учитывающая требования предыдущих, превосходит их по стойкости к окислению и сохранению фрикционных свойств и обеспечивает долгосрочную безотказную работу автоматических элементов трансмиссии.

Жидкости Аллизона: тип C1 и C2 заменены техническими условиями Dexron II; тип C3 – военной спецификации MIL-L-2104Д; тип C4- новейшая разработка.

Спецификации фирмы Ford

Жидкости для автоматических трансмиссий спецификации фирмы Ford отличаются от жидкостей фирмы General Motors по коэффициенту трения. Фирма Ford отдаёт предпочтение коэффициенту трения, который увеличивается со снижением скорости скольжения, в то время как фирма General Motors требует снижения коэффициента трения в этом случае [3].

Фирма Ford выпускала и выпускает следующие жидкости в порядке возрастания качества:

Type F, M2C-33 G – для автоматических коробок передач выпускаемые соответственно с 1967 года и с 1972 года.

M2C-138-CJ, M2C-166 H – с 1980 года можно частично заменять жидкостями Dexron II. Европейское обозначение – *Ford SQM-2C 9010A*,

Mercon – с 1987 года. Отвечают повышенным требованиям к качеству по сравнению с предыдущими марками.

Mercon V – с 1996 года. Предназначены для автомобилей нового выпуска. Их качество соответствует требованиям к жидкостям ATF по спецификации Dexron III.

Жидкости ATF фирмы Chrysler представлены двумя марками:

- Mopar ATF Plus (MS-7176);
- MS-9602 – разработки и выпуска 1997/98 года, отвечает требованиям для современных автоматических коробок передач.

В Европе жидкости ATF выпускают на основании базовых требований спецификации Dexron II следующие фирмы:

- MB (236.6);
- ZF (TE-ML-11, TE-ML-14);
- Renk;
- Voith;
- Renault;
- MAN.

Наиболее важные показатели качества жидкостей для автоматических коробок передач двух ведущих фирм General Motors (ATF «Dexron») и Ford (ATF «Mercon») показаны в табл. 3.5 [7].

Основные показатели качества ATF Dexron III и Mercon

Показатели качества	Типичное значение для ATF	Значение для Dexron III	Значение для Mercon
Кинематическая вязкость, сСт при температуре 40 °С при температуре 100 °С	37,7 8,1		– мин 6,8
Индекс вязкости	197		
Динамическая вязкость, сР при температуре: –10 °С –20 °С –30 °С –40 °С	448 1280 4250 15800	Макс 1500 Макс 5000 Макс 20 000	Макс 1500 Макс 20 000
Температура вспышки, °С		Мин 170	Мин 177
Коррозия медной пластинки		≤1 балл после выдержки 3 часа при 150 °С	
Испытание на износ, потеря массы в мг		≤15	≤10
Содержание элементов, ppm Бор (В) Кальций (Са) Азот (N) Фосфор (Р) Сера (S)	430 28 960 250 3500		

Примечание. Приведены значения показателей, определённые по единым методам ASTM. Для остальных показателей – индивидуальные GM процедуры или Ford процедуры.

Армейские спецификации (MIL)

Многие автомобильные фирмы Западной Европы полностью или в качестве основы используют армейские спецификации *MIL* (*Military – военный*):

- MIL-L-2105 – эквивалентна API GL-4;
- MIL-L-2105B – эквивалентна API GL-5;
- MIL-L-2105Д – для всесезонных масел GL-5;
- MIL-PRF-2105E – то же, что MIL-L-2105Д плюс требования группы MT-1.

В табл. 3.6 показаны наиболее часто применяемые зарубежные марки трансмиссионных масел и масел для автоматических трансмиссий, фирмы, выпускающие эти масла, основные показатели качества и российские аналоги.

Показатели зарубежных трансмиссионных масел и соответствие российским.

Марка	Класс по SAE	Вязкость при 100 °С, мм ² /с	Индекс вязкости	Температура застывания, °С	Российский аналог
<i>Фирма Agip Petroli (Италия)</i>					
AGIP ROTRA LSX	75W/90	13,8	200	–42	ТАД-12; ТАД-17И; Ангрол Супер Т; Волнез Супер Т
AGIP ROTRA FE	75W/90	13,9	200	–48	ТСз-9 ГИП
AGIP ROTRA ATF	–	7,6	160	–42	А
AGIP ATF IID	–	7,2	183	–42	МГТ
AGIP ROTRA HY DB	80W	11,5	100	–27	ТСп-14 ГИП; ТСз-9 ГИП
AGIP ROTRA MP	85W/140 80W/90	29 15	97 104	–15 –27	Ангрол супер Т; ТАД-17 И; Новоойл-Т
AGIP ROTRA	85W/140 80W/90	28,8 14,0	98 100	–12 –27	Ангрол-Т Тэп-15; ТСП-10; Яр-Марка Т
AGIP PUNIKA 470 AGIP PUNIKA 570	40 50	16 21	100	–10	М-20 Е 70 М-20 Е 60; М-16 Е 60
<i>Масла фирмы BRITISH PETROLEUM (BP)</i>					
Energear Hypo	80W	10,3	95	–30	Нет
	90	16,9	91	–21	ТАД-17 И
	140	30,8	84	–9	Нет
	80W/90	13,9	99	–30	Нет
	85W/140	28,5	90	–15	Нет
Energear EP	75W/90	14	150	–42	Нет
	80W	10,4	97	–24	ТСп-10
	90	16,4	94	–18	ТСп-15к; ТАП-15 В; ТСп-14 ГИП
	140	32,6	87	–9	ТС, ТСгип
	80W/90	13,9	95	–27	ТСз-9 ГИП
Energear SGX	85W/140	28,6	90	–15	Нет
	75W/90	14	197	–45	Нет
Energear Limslip 90	90	15,8	95	–21	Нет

Марка	Класс по SAE	Вязкость при 100 °С, мм ² /с	Индекс вязкости	Температура застывания, °С	Российский аналог
Жидкости для автоматических трансмиссий					
Autrun DX III	Категория	7,1	186	−48	Нет
	DEXRON III MERCON Allison C3				
Autrun LTF	DEXRON II E MERCON Allison C3, C4 Caterpillar TO-2	7,4	205	−51	Нет
Autrun MBX	DEXRON II D MERCON Allison C4	7,5	163	−42	МГТ
Autrun GM-MP	DEXRON I или Type A Suffix A Allison C3	7,4	192	−42	А
Autrun 4 10W 30 50	Allison C4 Caterpillar TO-4	5,8	95	−33	Нет
		11,5	95	−24	
		18,5	95	−15	
Масла фирмы ESSO					
ESSO GEAR OIL GX	75W/90	15	—	<−40	Применение
					Гипоидные передачи
ESSO GEAR OIL GP-D	80W	10	—	−30	Коробки передач, задний мост, рулевой механизм
	85W/90	17	—	−24	
	85W/140	28	—	−21	
ESSO ATFD (21611)	—	7,6	—	−42	Автоматические коробки передач

Марка	Класс по SAE	Вязкость при 100 °С, мм ² /с	Индекс вязкости	Температура застывания, °С	Российский аналог
<i>Масла фирмы Mobil</i>					
Mobilube GX 80W-A	80W	9,2	100	–30	Гипоидные передачи, коробки передач
Mobilube GX 80W-90-A	85W/90	13,9	103	–30	
Mobilube HD 80W-140	80W/140	25,1	128	–33	Трансмиссии легковых и грузовых автомобилей малой грузоподъемности
Mobilube HD 80W-90	80W/90	13,8	104	–30	
Mobilube HD 85W-90-A	85W/90	17,1	97,5	–24	
Mobilube HD 85W-140	85W/140	24,8	99	–21	
Mobilube SHC 75W-140	75W/140	26	173	–51	Для задних мостов (API GL-5)
Mobilube SHC 75W-90 LS	75W/90	15	149	–45	
Mobilube I SHC	75W/90	15,1	156	–54	
Getriebeol TS 100	80W/90	16,2	199	–33	Для пятиступенчатых трансмиссий
Getriebeol VS 200	75W/90	14,5	204	–45	Для Audi, Toyota, Nissan, Mazda, Suzuki, Daihatsu
Getriebeol VS 500	75W/140	25	174	–54	Полностью синтетическое масло для тяжелых условий (API GL-5)
Lubrite V	80W/90	14,5	97	–29	Для грузовых «Volvo»

Марка	Класс по SAE	Вязкость при 100 °С, мм ² /с	Индекс вязкости	Температура застывания, °С	Российский аналог
Mobil ATF 200	—	7,8	149	–40	Для трансмиссий и гидроприводов легковых автомобилей
Mobil ATF 210	—	8,5	192	–45	Для легковых «Volvo»
Mobil ATF SHC	—	7,4	200	–51	Трансмиссии последних марок
<i>Масло фирмы Shell</i>					
Spirax EP Oils	75W 80W 90 140	5,3 9,2 16,9 32,7	90 90 97 90	— –33 –18 –9	Для легконагруженных передач
Spirax HD Oils	80W/90 85W/140	15,8 29,9	105 100	–27 –15	Для высоконагруженных передач
Spirax MB 90	—	16,9	97	–18	Для средненагруженных передач
Donax TA	—	7	140	–45	Для автоматических трансмиссий, РУ с усилителем
Donax TG	—	7	175	–40	

Глава 4

Пластичные смазки

Пластичная смазка представляет собой пространственную структуру, в которой *загустителем* образованы небольшие ячейки, камеры, содержащие капельки жидкого смазочного масла – *основы* смазки. Для придания смазке необходимых свойств или улучшения имеющихся в смазку добавляют *присадки* или *добавки*.

Аналогией пластичной смазки может служить мыльная пена. Вместо воздуха находится масляная основа, а стенки пузырьков (ячеек) образованы загустителем. Так как смазка готовится при нагревании и перемешивании при расплавленном состоянии загустителя, то, естественно, форма ячеек с маслом хаотичная.

Состав пластичных смазок

1. Базовая основа (70–95%)
 - а) минеральные масла:
 - парафиновая;
 - нафтенная;
 - ароматическая;
 - б) синтетические масла:
 - олефиновые полимеры (РАО – полиальфаолефины);
 - акриловые ароматики;
 - сложные эфиры;
 - спирты;
 - простые эфиры;
 - силиконы;
 - фторированные углеводороды;
 - фторированные полиэфиры.
2. Загустители (5–25%)
 - а) мыла (Li, Na, Ca, Ba, Al)
 - стандартные;
 - гидроокисные;
 - комплексные;
 - б) органические загустители (свободные от мыл)
 - поликарбамиды;
 - РТФЕ (тефлон);
 - РЕ (полиэтилен);
 - в) неорганические загустители
 - бентонитовые соединения (оксиды алюминия);
 - вспененная окись кремния (SiO_2);

г) углеводородные загустители:

- парафины;
- церезины;
- пентролатум.

3. Присадки и добавки (5–25%):

- а) для работы в условиях высоких давлений;
- б) для снижения износа;
- в) модификаторы трения (антифрикционные присадки);
- г) улучшающие адгезию (удержание на поверхности);
- д) антиокислительные;
- е) антикоррозионные;
- ж) твердые добавки (дисульфид молибдена MoS_2 и графит).

Такое многообразие компонентов пластичных смазок обусловлено широким спектром требований к ним. В автомобиле до 30 узлов трения, где применяют пластичные смазки, хотя в процессе эксплуатации смазка добавляется или заменяется примерно в пяти. Заложенная в остальные узлы трения при сборке (так называемое «первое наполнение») смазка работает на протяжении всего амортизационного срока узла, агрегата или автомобиля в целом.

Основные требования, предъявляемые к пластичным смазкам:

- необходимые механические свойства, обеспечивающие сохранность структурного каркаса и его восстановления после снятия нагрузки;
- теплостойкость – способность сохранять структурный каркас при нагревании;
- термическая стабильность – противодействие упрочнению структурного каркаса и чрезмерному удержанию жидкой основы;
- испаряемость – должна обеспечить сохранение масляной основы при хранении и работе;
- коллоидная стабильность – противодействие расслоению на масло и загуститель;
- водостойкость;
- хорошие защитные, противокоррозионные свойства и надёжное уплотнение смазываемых узлов и герметизируемых соединений.

Консистентность (густоту) пластичных смазок характеризуют классом пенетрации.

За рубежом класс пенетрации определяют на пенетрометрах по методу ASTM D 217/IP 50. *Класс пенетрации подбирают по числу пенетрации* смазки – глубине погружения стандартного по весу, форме и размером пробного конуса в смазку при температуре 25 °С в течение 5 секунд, выраженной в десятых долях миллиметра. Чем мягче смазка, тем глубже в неё войдёт конус и тем выше её пенетрация, и, наоборот, более твёрдые смазки характеризуются меньшим числом пенетрации. Смазка с наибольшим числом пенетрации напоминает очень густое смазочное масло, а с наименьшим – мыло.

Температура каплепадения – весьма важный показатель качества, определяющий применимость смазок по температурным условиям. Это минимальная температура, при которой из небольшого объёма смазки, нагреваемой в стандартных условиях, отделяется и падает первая капля. Принято, что применять смазку можно при температурах нагрева смазываемого узла на 10...20 °С ниже температуры каплепадения.

В названиях зарубежных смазок применяют аббревиатуру, также характеризующую эти смазки:

EP (Extreme Pressure) – высокие противозадирные свойства;

EPX – помимо противозадирных свойств, смазка имеет в своём составе антиокислительные присадки;

AM – комплексное литиевое мыло, наличие противоизносной присадки на основе дисульфида молибдена (MoS_2);

НД – смешанное литиево-кальциевое мыло в качестве загустителя;

НДХ, НДМ – смешанное литиево-кальциевое мыло, а также наличие противоизносной присадки на основе дисульфида молибдена (MoS_2);

Т – наличие присадки, улучшающей индекс вязкости (как правило, на основе синтетических углеводородов), расширение температурных свойств базового масла;

ТХ – то же, также на применение: присадок, повышающих окислительную стабильность базового масла и пакета присадок;

Х – высокая противоокислительная стабильность.

Классификация NLGI (национальная ассоциация пластичных смазок, США) позволяет не только определить класс пенетрации (класс NLGI), но и даёт краткую характеристику важнейших эксплуатационных свойств.

В табл. 4.1 показано соответствие чисел и классов пенетрации по классификации NLGI.

Таблица 4.1

Классификация пластичных смазок NLGI

Класс NLGI	Число пенетрации при 25 °С, 0,1 мм
000	445–475
00	400–430
0	355–385
1	310–340
2	265–295
3	220–250
4	175–205
5	130–160
6	85–115

Классификация пластичных смазок по NLGI (основные эксплуатационные свойства):

NLGI 000...0 – пластичные смазки с загустителями на литиевой основе; водостойкие; температура каплепадения до 180 °С; удовлетворяет требованиям EP.

NLGI 1 – пластичные смазки с загустителями на литиевой, литиево-кальциевой, комплексной литиевой, микрогельной, кальциевой и полиуревой основах; имеют температуру каплепадения от 80 до 280 °С; удовлетворяют требованиям EP, содержат дисульфид молибдена MoS_2 , полимерное базовое масло.

NLGI 2 – пластичные смазки на всём спектре загустителей, в том числе и неорганических; температура каплепадения от 80 до 600 °С; удовлетворяет всем предыдущим требованиям, но может содержать и графит.

NLGI 3 – смазки с литиевыми и литиево-кальциевыми загустителями; температура каплепадения 180 °С; специальные свойства EP; содержит дисульфид молибдена MoS_2 .

Смазки классов пенетрации NLGI 4; 5 и 6 для смазки узлов трения в автомобилях применяют гораздо реже.

Зарубежные фирмы выпускают разнообразнейшие смазки для любых условий работы. Например, американская фирма WYNN'S производит смазку GRAC на основе солей металлов и графита, сохраняющую свои свойства при температуре до 1000 °С.

Твёрдые смазочные материалы и покрытия

Высокая нагруженность, огромные частоты вращения и скорости перемещения деталей в узлах трения приводят к работе в условиях граничной смазки. При граничной смазке слой смазочного материала ниже отдельных выступов на поверхности, легко разрушается и может наступить режим сухого трения.

Обеспечить постоянный и достаточный слой смазки между трущимися поверхностями иногда невозможно по техническим или экологическим соображениям.

За рубежом всё возрастающее внимание уделяют специальному покрытию деталей, значительно снижающему трение и износ, предотвращающему задиры и заедания (твёрдые смазочные материалы и покрытия).

В автомобилестроении наибольшее применение находят покрытия деталей на основе дисульфида молибдена MoS_2 , графита мягких металлов (солей олова, кадмия, цинка, серебра), полимерных материалов (политетрафторэтилена) и др. Прочно сцепляющиеся с деталями плёнки покрытий создают условия трения, аналогичные трению при наличии между деталями жидкой смазки. Эти покрытия необходимо периодически восстанавливать – использовать составы их содержащие, например продукты известной немецкой фирмы «Molicot», представляющие собой дисперсию MoS_2 в органической

смоле со специальным растворителем. Образующиеся плёнки толщиной 5–15 мкм работоспособны при температурах до 380 °С, коррозионно устойчивы.

Высокой эффективностью обладают и полимерные покрытия. Так, политетрафторэтилен (например, Slick-50 производства американской компании Petrolon) добавляют в горячее, вновь залитое моторное масло работающего двигателя в соотношении 1:5. При этом возникает суспензия, которая за пробег 4000–6000 км обволакивает все детали двигателя проникает в микронеровности и образует прочно сцепляющееся полимерное покрытие толщиной 1–2 мкм, работающее весь амортизаторный срок службы двигателя.

Восстанавливающие изношенные поверхности препараты действуют аналогично напылению. Содержащиеся в препаратах (например, Metal-5, Франция) микрочастицы цинка, меди, серебра оседают в местах с повышенной температурой, т. е. в местах наибольшего трения и износа, восстанавливая геометрическую форму.

Присадок и добавок к смазочным материалам разработано и изготавливается огромное количество. При условии покупки качественного препарата (к сожалению, нередко подделки) реально возможно снижение потерь энергии на трение, увеличение срока службы деталей и амортизационного срока автомобиля в целом, а также значительной экономии топлива.

В табл. 4.2 представлены основные марки пластичных смазок зарубежных фирм и их российские аналоги.

Таблица 4.2

Зарубежные аналоги отечественных пластических смазок

Тип смазки, фирма	Тип смазки				
	Солидол, ГОСТ 4366-76	Пресс–солидол, ГОСТ 4336-76	Графитная смазка УСсА, ГОСТ 3333-80	«ЦИАТИМ– 201» ГОСТ 6267-74	«Литол–24», ГОСТ 21150- 75
Shell	Unedo 1–3 Livona 3 Blameta 1–3 RetinaxC	Unedo 1,2,3 Livona 3 Blameta 1 RetinaxC	Barbatia 2–4	Retinax A,G Alvania EP2 Acroshell G,GB	Alvania 3,R3 Cyprina 3,RA
Mobil	Mobilgrease AA, N1, N2 Greasrex D60 Gargoil B60	Mobilgrease AA, N1, N2 Greasrex D60 Gargoil B60	Grafited N3	Mobilgrease BRB Zero	Mobilux 3
BP	Energrease C1, C2, C3, CA, GP1, GP2, GP3	Energrease C1, C2, C3, CA, GP1, GP2	Energrease C-3G, GP-2G, GP-3G	–	Energrease L2 Multypurpose
Exxon (Esse)	Chassis XX Cazar K2	Chassis L, H Cazar K1	Van Estan 2	Beacon 325 P-290	Beacon 3
Castrol	Helveum 1–3 Spheerol L Castrollease WP, T, CL Impervia GS	Helveum 1–3 Spheerol L Castrollease WP, T, CL Impervia GS	Spheerol LG Castrollease Grufited/lime	Spheerol EPL1	Spheerol AP3

Тип смазки, фирма	Тип смазки					
	«Фиол-2М», ТУ 38.101233- 75	ШРУС-4, ТУ 38.201312- 81	«ЦИАТИМ- 221», ГОСТ 9433-80	«Лита», ОСТ 38.01295- 83	«Зимол», ТУ 38.201285- 82	Смазка № 158, ТУ 38.101320- 77
Shell	Retinax AM2	Alvania 2c MoS ₂ Alvania EP2 Retinax EPX2 Darina R2	Aeroshell 15, 15A, 22C	Aeroshell 6 Band B	Aeroshell 6	Alvania Rletimax J
Mobil	Litium Special	Mobilgrease Special	Mobilgrease 24, 25, 28	Mobilgrease BRB Zero	Mobilgrease BRB Zero	Lithium Special
BP	Energrease 21-M	Energrease L21- M	–	Energrease LC	Energrease LT2	Energrease L2-M
Exxon (Esse)	Beacon Q2	Nebula EP2	Araren BC290	Lowtemp Moly	Beacon P-230	Beacon Q2
Castrol	Spheerol LMM Castrollease LMM, MS3	Spheerol LMM Castrollease LMM	–	Spheerol AP1	Spheerol AP1	Spheerol LMM Castrollease LMM, MS3

Глава 5

Охлаждающие жидкости

Климатические условия за рубежом несколько мягче, чем в России. Естественно, это оказывает влияние и на состав, и на показатели низкотемпературных охлаждающих жидкостей. Сильные морозы реальны лишь на севере Канады, где наблюдается активное влияние Арктики.

В качестве низкотемпературных охлаждающих жидкостей (НЗОЖ) наиболее широко используется смесь простейших двух- и трёхатомных спиртов (этиленгликоля и глицерина) с водой. Чистый этиленгликоль замерзает при температуре минус 12,3 °С, температура плавления глицерина плюс 17,9 °С. Однако если к спиртам добавляют воду, то температура плавления начинает резко (нелинейно) понижаться. Так как глицерин обладает повышенной вязкостью, что снижает прокачиваемость, то в системах охлаждения в основном, используют смесь этиленгликоля (ЭГ) и воды. Кроме того, глицерин относительно дорог и его ограниченное применение встречается в местах некоторых крупных химических производств, в которых глицерин является побочным продуктом технологического процесса.

Процентному соотношению воды и этиленгликоля уделяется большое внимание. Чем больше в смеси ЭГ, тем выше вязкость и хуже прокачиваемость, особенно через трубки радиатора с небольшим проходным сечением. Кроме того, вода имеет значительно лучшие показатели теплопередачи, что определяет её высокую эффективность в поддержании теплового режима двигателя. Соотношение ЭГ и воды в охлаждающей жидкости должно быть оптимальным: содержание воды в смеси менее 50% приводит к недостаточному уносу тепла и риску перегрева двигателя, если воды более 70%, то возникает риск замерзания смеси и увеличения вероятности коррозионных реакций. Таким образом, в охлаждающей жидкости содержится 50–70% воды в зависимости от климатических условий, при которых эксплуатируется двигатель. На оставшиеся 30–50% приходится не чистый этиленгликоль, а смесь из 90–95% ЭГ и 5–10% ингибиторов: ингибиторов-коррозии; стабилизаторов; пассиваторов и противопенного агента.

Ингибиторы (присадки) в охлаждающих жидкостях зарубежного производства, как и российских, выполняют три основных функции:

- предохранение конструкционных материалов системы охлаждения (особенно цветных металлов) от коррозии (силикаты, нитраты, нитриты, соединения молибдена, производные бензотиазола);
- снижение фрикционного износа узла уплотнения водяного насоса (бораты);
- снижение пенообразования (силиконы).

Общим недостатком всех охлаждающих жидкостей на основе спиртов является большой коэффициент теплового расширения при нагревании.

Поэтому если система охлаждения не оборудована расширительным бачком, то её недоливают на 6–8%. На расширительном бачке указан уровень залива.

За рубежом антифризы выпускаются как в виде готовых продуктов, которые сразу можно заливать в систему охлаждения, так и в виде концентратов, используемых после разбавления водой. Повторимся, в странах Европы, особенно Западной Европы, и США климатические условия гораздо мягче и температура замерзания минус 40 °С часто является чрезмерно заниженной.

Смешивать зарубежные низкотемпературные охлаждающие жидкости, даже имеющие одну основу, не следует. Присадки могут быть несовместимыми.

По мере «старения» (выработки присадок) НЗОЖ изменяют свой цвет, мутнеют, в них появляется осадок. Так, например, антифриз из голубого, через зелёный, становится жёлтого цвета. Это сигнал к замене. Срок службы антифризов 2–3 года или до 100 000 км пробега при активной эксплуатации автомобиля. Американская компания Техасо производит низкотемпературную охлаждающую жидкость, работоспособную в течение 5 лет или 250 000 км пробега автомобиля.

Охлаждающие жидкости основных зарубежных фирм и их краткая характеристика

Концентрат Mannol Antifreeze (SCT, Германия) на этиленгликолевой основе предназначен для круглогодичного использования в любых системах охлаждения. Жидкость предохраняет систему охлаждения от замерзания до температуры минус 75°С, не образует накипи, коррозии, не вспенивается, нейтральна к металлам и резиновым уплотнениям. Хорошо работает в системах охлаждения автомобилей, оснащенных кондиционерами. *Интервал разбавления концентрата – 40–70%.*

Антифриз Kuhlerfrostschutz (JB German Oil, Германия) на основе этиленгликоля обладает морозостойкостью до минус 53 °С и содержит ингибиторы коррозии, обеспечивающие защиту всех конструктивных материалов, применяемых в двигателе. Антифриз удовлетворяет требованиям производителей автомобилей BMW, Mercedes Benz, Porsche, General Motors, MAN и др.

Концентрат охлаждающей жидкости Anti-frost (BP, Великобритания) на основе моноэтиленгликоля предназначен для круглогодичного применения в бензиновых и дизельных двигателях легковых и грузовых автомобилей. Состав не содержит нитритов, аминов или фосфатов. При содержании концентрата от 25 до 50% (по объему) диапазон температур замерзания НЗОЖ соответственно составляет от минус 12 до минус 38 °С. Концентрация препарата 25% является минимальной, так как при меньшем количестве препарата не обеспечивается должная защита системы охлаждения от коррозии защитными присадками ввиду малой концентрации. В качестве оптимального рекомендуется

соотношение концентрата и воды 1:1, т. е. по 50%. Состав имеет спецификации и одобрения: SAE J-1034 (USA), ASTM D-3306 (USA), NF R 15-601 (France), ONORM V5123 (Austria), BMW, MB 325.2, Opel, JIS K 2224 (Japan).

Состав рекомендуется регулярно менять в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей автомобилей.

Антифриз Texaco Havoline Extended Life Antifreeze/Coolant (Texaco Havoline, США) эффективно предохраняет системы охлаждения от замерзания зимой и закипания летом.

Свойства антифриза:

- температура кипения 108 °С в открытой системе охлаждения и 129 °С в герметичных системах, работающих под давлением;
- устойчивость к преобразованию в гель и образованию абразивных частиц в системе охлаждения;
- обеспечение долговременной противокоррозионной защиты всех конструктивных материалов системы охлаждения, в том числе и высоко-температурной защиты алюминия;
- гарантийный срок эксплуатации без замены состава – 5 лет или 250 тыс. км пробега при интенсивной эксплуатации автомобиля.

Антифриз при разбавлении водой образует низкотемпературную жидкость следующих показателей:

Объемный процент антифриза в смеси	Температура замерзания смеси
35	–22 °С
40	–27 °С
45	–34 °С
50	–40 °С
60	–50 °С
70	–69 °С

Состав имеет одобрение и рекомендован производителями автомобилей Caterpillar, Chrysler, Ford, General Motors, MAN B&W, Mercedes Benz 325.3, Mark, Renault 41-01-001 и др.

Antifreeze ETX 6024 Radiator Fluid (Texaco, США) – высокотехнологичный охладитель на основе этиленгликоля. Обеспечивает низкую температуру замерзания и высокую температуру кипения, а также увеличенные интервалы замены. Содержит эффективные антикоррозионные присадки. Представляет собой готовый тосол для использования в системе охлаждения двигателей при температурах окружающего воздуха до минус 40 °С.

Допущен к применению: MAN, Ford, Jaguar, DAF, Porsche, Opel, GM, Rover, Saab, VW/Audi, BMW.

Сертифицирован SGS – Европейским институтом сертификации качества, Росстандартом.

Антифризы фирмы Mobil – высококачественные гликолевые жидкости с ингибиторами коррозии. Предотвращают образование шлама и отложений.

Совместимы с материалами, обычно используемыми в качестве прокладок и шлангов. Способствуют увеличению сроков службы двигателей и снижению расходов на обслуживание.

Антифризы предназначены для круглогодичного использования в системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания. Антифриз *Frostschutz 991* разработан специально для двигателей VW Audi, однако с успехом используется и в двигателях других марок. Показатели качества антифризов фирмы Mobill приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Характеристики антифризов Frostschutz

Марка	Цвет	Плотность при 15 °С, кг/м ³	Температу- ра вспышки, °С	Соотношение для смешивания		
				Темпер. Замерз., °С	Frost- schutz, %	Во- да, %
Frost- schutz 500	Зелёный	1130	>120	-20	33	67
Frost- schutz 500+	Голубовато- зелёный	1128	125	-25	37	63
Frost- schutz 911	Темно- зелёный	1130	>186	-30 -35	41 45	59 55

Антифризы *Frostschutz* соответствуют: VW TL 774B; MB 325.0; MTU-MTL 5048/1189.

Антифриз *Frostschutz 500* отвечает требованиям Mercedes Benz 325.2; MAN 324; VW TL 774A.

Антифриз *Frostschutz 500+* одобрен к применению BMW, Opel, Ford, SAAB, DAF, MAN.

Синтетический антифриз Glacelf Supra (Elf Lubrifiants, Франция) разработан благодаря последним достижениям органической химии. Жидкость не замерзает при самых низких эксплуатационных температурах, имеет отличные антикоррозионные свойства. После пробега в 100 000 км система охлаждения и жидкость не претерпевают изменений.

Соответствует AFNOR NFR 15601; SAE J 1034.

Охлаждающие жидкости компании Agip Petroli (Италия) предназначены для двигателей внутреннего сгорания транспортных средств всех типов. Основные показатели качества охлаждающих жидкостей фирмы Agip Petroli приведены в табл. 5.2.

Характеристики антифризов фирмы Agip Petroli

Марка антифриза	Объём, %	Температура, °С			Цвет	Плотность при 15 °С, кг/м ³
		Кипения в чистом виде	Кипения в смеси с водой	Замерзан. в смеси с водой		
Agip antifreeze	100	170	–	–	Бирюзовый	1130
	50		106	-38		
	34		105	-20		
Agip antifreeze Extra	100	170	–	–	Бирюзовый	1130
	60		112	–45		
	50		110	–38		
	33		105	–18		
	25		103	–12		
Agip Eco permanent	–	–	106	–40	Бирюзовый	1050

Антифризы *Agip antifreeze Extra* не содержат нитритов, аминов и фосфатов. Отвечают требованиям: ASTM 3306, D 2570, D 4340. Допущены к применению автопроизводителями: BMW, Rover, General Motors Europe; cat. 002/132.

Антифриз *Agip Eco permanent* – высококачественная биоразлагаемая охлаждающая жидкость. Обладает хорошими антипенными свойствами. Используется в чистом виде (без добавления воды). Экологически чистый продукт.

Отвечает требованиям: АСТМ 3306, Д 2570, Д 28090.

Допущена к применению: BMW 291-A; GUNA 956-10.

Разумеется, перечисленные марки – это далеко неполный перечень охлаждающих жидкостей, используемых в системах охлаждения двигателей внутреннего сгорания при отрицательных температурах окружающего воздуха. Зарубежные фирмы выпускают новые жидкости, руководствуясь требованиями экологии, техники безопасности, продления сроков службы двигателей и др. Перечисленные марки – те, которые можно встретить в литературе и рекламной информации [1, 3, 4].

Общие показатели качества, которые необходимо проверить перед использованием новой марки антифриза:

- экологичность;
- токсичность;
- пожароопасность;
- концентрация при поставке и применении;
- температуры замерзания и кипения;
- коэффициент теплового расширения;
- совместимость с конструкционными материалами и лакокрасочными покрытиями;
- срок службы;
- одобрение и допуск к применению фирмами – производителями автомобилей.

Тормозные жидкости

Разработанная в 1917 году шотландцем М. Локхидом тормозная система с гидравлическим приводом впервые была применена в 1921 году на автомобиле «Бугатти». Запатентовала это изобретение в 1926 г. фирма «Вакефилд».

С тех пор тормозная система с жидкостью в качестве рабочего тела получила широчайшее распространение на автомобилях с небольшой протяжённостью тормозных магистралей, в основном легковых, обеспечивая устойчивую, надёжную, с высоким быстродействием работу тормозов.

Технические требования к тормозным жидкостям определяются нормативными документами – стандартами SAE J 1703, FMVSS 116 (Federal Motor Vehicle Safety Standard), ISO 4925. Эксплуатационные характеристики тормозных жидкостей содержатся в широко известных Федеральных требованиях безопасности автомобильного транспорта в США (FMVSS 116), а также в других национальных нормативных документах. Основные свойства тормозных жидкостей соответствуют требованиям министерства транспорта США (ДОТ).

Широкий спектр материалов, применяемых при изготовлении деталей, узлов и агрегатов тормозных систем, вынуждает производителей автомобилей рекомендовать для них определённые тормозные жидкости. Например, немецкие автомобильные компании вводят дополнительные ограничения по коррозионному воздействию тормозной жидкости на детали системы, что соответствует спецификации ISO 4925. В то же время фирмы Citroen и Rolls-Royce, решив конструктивные проблемы герметизации тормозной системы, применяют негигроскопичные жидкости. Эти жидкости на минеральной основе несовместимы с жидкостями на гликолевой основе, применяемыми в большинстве тормозных систем.

Ассортимент тормозных жидкостей

Тормозные жидкости в зависимости от состава основных компонентов подразделяют:

- на минеральные,
- силиконовые,
- гликолевые.

Минеральные жидкости представляют собой смеси касторового масла, получаемого из маслянистой культуры клещевины и спирта. Смесь с бутиловым спиртом образует тормозную жидкость БСК, а с этиловым спиртом – ЭСК. Эти жидкости обладают хорошими смазывающими свойствами, но имеют низкую температуру кипения. Поэтому их нельзя использовать в системах с дисковыми тормозами, так как жидкость в них может нагреваться до 150 °С и более. При отрицательных температурах вязкость жидкостей на

минеральной основе резко возрастает, ухудшая, а то и делая невозможной прокачиваемость (при минус 40 °С жидкость застывает).

Жидкости на основе минеральных масел (ISO 7308) практически негигроскопичны, поэтому температура их кипения (при отсутствии абсорбции влаги) не снижается. Специальные присадки снижают температурную зависимость жидкостей в холодное время года.

Минеральные тормозные жидкости нельзя смешивать с другими жидкостями, в которых в качестве основы применяются гликоли, чтобы не допустить набухания резиновых уплотнительных элементов гидропривода тормозов. Кроме того, при снижении температуры из раствора будут выпадать сгустки касторового масла, которые могут препятствовать прохождению жидкости по тормозной системе.

Силиконовые тормозные жидкости (SAE J 1705), как и минеральные масла, не абсорбируют влагу, вследствие чего для предотвращения образования скоплений воды в свободном виде необходима герметизация системы. Кроме того, тормозные жидкости на основе силиконов имеют худшие смазывающие свойства, что существенно ограничивает их применение.

Гликолевые тормозные жидкости изготавливают на основе различных соединений гликолей. Эти жидкости применяются на подавляющем большинстве автомобилей. Их свойства противоположны свойствам касторовых жидкостей. При удовлетворительных смазывающих свойствах эти жидкости имеют высокую начальную температуру кипения и низкую температуру застывания, однако, будучи гигроскопичными, активно поглощают влагу, вследствие чего температура кипения снижается, и значительно.

Различают два вида установившейся температуры кипения гликолевых жидкостей:

- начальная температура кипения «неувлажнённой» жидкости, т. е. при отсутствии абсорбированной воды;
- температура кипения увлажнённой жидкости при содержании в ней приблизительно 3,5% абсорбированной воды.

Вследствие попадания в тормозную жидкость воды температура точки кипения снижается. Абсорбция влаги происходит, в основном за счёт диффузии воды через гибкие трубопроводы тормозной системы. Вследствие этого гибкие соединительные трубки заменяют через 1–2 года.

Насыщение тормозных гликолевых жидкостей водой происходит примерно 1% (по объёму) за 6 месяцев эксплуатации [5].

Снижение температуры кипения тормозных жидкостей, насыщаемых водой показано на рис. 6.1 (данные кампании BP).

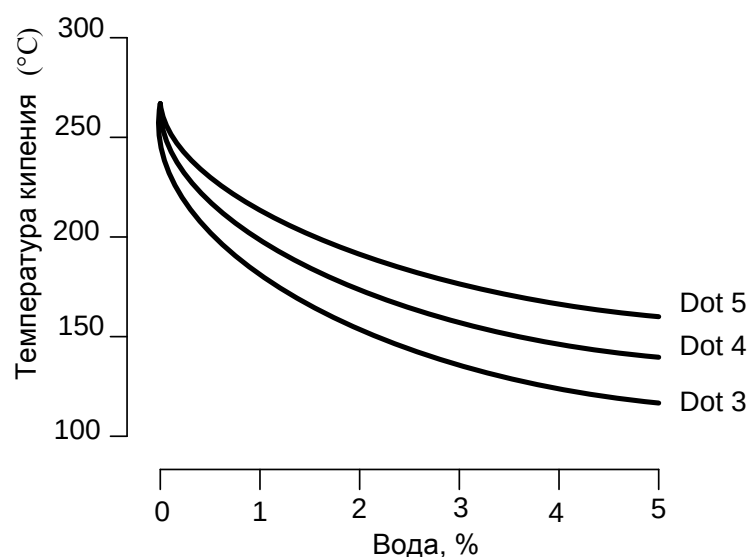


Рис. 6.1. Тормозные жидкости. Влияние насыщения водой

Требования к тормозным жидкостям на гликолевой основе, определяемые стандартом FMVSS 116 показаны в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Основные требования к гликолевым тормозным жидкостям

Наименование показателей	Нормативные документы и тип жидкости			
	SAE J 1703	FMVSS 116		
		ДОТ 3	ДОТ 4	ДОТ 5
Температура кипения неувлажненной жидкости, °C мин	205	205	230	260
Температура кипения увлажненной жидкости, °C мин	140	140	155	180
Вязкость кинематическая при минус 40 °C, сСт, не более	1800	1500	1800	900
Вязкость кинематическая при минус 100 °C, сСт, не менее	1,5	1,5	1,5	1,5

Тормозные жидкости подкрашиваются для их отличия от моторного масла в случае подтеканий.

Смешиваемость тормозных жидкостей

1. Стандарт SAE J 1703 определяет, что все тормозные жидкости на гликолевой основе должны быть совместимы: ДОТ 3, ДОТ 4, ДОТ 5.1

2. Тормозные жидкости на гликолевой основе ни в коем случае нельзя смешивать с жидкостями на минеральной основе (ISO 7308), с минеральными маслами, а также с тормозными жидкостями, содержащими силикон (ДОТ-5).

Рекомендованные к применению на некоторых автомобилях зарубежного производства тормозные жидкости, а также сроки их эксплуатации показаны в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Применение тормозных жидкостей по рекомендации производителей

Марка машины	Период замены, мес.	Пробег машины		Рекомендуемая жидкость
		км	миль	
Saab	–	40.000	25.000	SAE J 1703 или ДОТ 3 или 4
Skoda	24–36	–	–	SAE J 1703
Toyota	12	20.000	12.400 дисковые	FMVSS 116 ДОТ 3 или 4
	24	40.000	25.000 барабанные	SAE J 1703
Opel/Vauxhall	36		36.000	FMVSS 116 ДОТ 3
Volkswagen	24			FMVSS 116 ДОТ 3
Volvo	36		50.000	SAE J 1703 или ДОТ 3 или 4

Тормозные жидкости некоторых зарубежных фирм

Тормозная жидкость Step Up Brake Fluid ДОТ 3 (США) предназначена для автомобилей с дисковыми и барабанными тормозными механизмами. Она совместима с другими жидкостями типа ДОТ 3 и ДОТ 4 на гликолевой основе.

Температура кипения свежей жидкости составляет 232 °С, а увлажненной – не менее 140 °С. В своём составе жидкость содержит ингибиторы коррозии, которые предохраняют детали тормозной системы от коррозии.

Жидкость соответствует требованиям международных стандартов FMVSS 116, спецификаций SAE J 1703 и WB-B-680B.

Тормозная жидкость Step Up Brake Fluid ДОТ 4 (США) предназначена для автомобилей с дисковыми и барабанными тормозными механизмами. Она совместима с другими жидкостями типа ДОТ 4 на гликолевой основе.

Температура кипения свежей жидкости составляет 232 °С, а увлажненной – не менее 155 °С. В своём составе жидкость содержит ингибиторы коррозии, которые предохраняют детали тормозной системы от коррозии.

Жидкость соответствует требованиям международных стандартов FMVSS 116, спецификации SAE J 1703 и W-B-680B.

Тормозная жидкость JB German Oil Brake Fluid Racing DOT 4 (Германия) с высокими эксплуатационными свойствами широко используется в спортивных и гоночных автомобилях, а также в автомобилях, оснащённых антиблокировочной системой тормозов (АБС).

Температура кипения свежей тормозной жидкости составляет 300 °С, через год – не ниже 200 °С. Однако, на спортивных и гоночных автомобилях по соображениям безопасности тормозную жидкость заменяют после каждого участия автомобиля в соревнованиях.

Тормозная жидкость JB German Oil Brake Fluid DOT 4 и DOT 5.1 (Германия) предназначены для гидравлических приводов тормозных систем автомобилей и мотоциклов.

Жидкости соответствуют требованиям всех производителей автомобилей, включая самые современные, типа DOT 5.1.

Превосходит требования международного стандарта США FMVSS 116, международных стандартов SAE J 1703F, ISO 4925.

Тормозная жидкость BP Super Disk Brake Fluid (BP, Великобритания) изготавливается на синтетической основе. Высокие значения точек кипения: «сухой» жидкости составляет 270 °С, увлажненной – не ниже 170 °С, гарантируют безопасность в конце срока службы жидкости или в условиях высокой влажности. Предназначена для тормозных систем и гидроприводов сцепления, работающих в интенсивных режимах. Пригодна для всех тормозных механизмов барабанного или дискового типа.

Жидкость обладает очень высокой сопротивляемостью к снижению точки кипения при поглощении влаги. Совместима с резиновыми уплотнениями и всеми деталями тормозных систем, а также с жидкостями, отвечающими требованиям аналогичных спецификаций.

Жидкость не должна использоваться в гидравлических системах, для которых рекомендуется применять тормозные жидкости на минеральной основе.

Жидкость соответствует требованиям международных стандартов SAE J 1703, FMVSS 116 типа DOT 4, NFR 12-640, ISO 4925.

Тормозная жидкость Texaco Universal Brake Fluid (Texaco Havoline, США) предназначена для использования в гидравлических приводах тормозов и сцеплений. Она совместима с любыми тормозными жидкостями на гликолевой основе.

Жидкость с температурой кипения 260 °С отвечает требованиям ведущих производителей автомобилей, в том числе Ford и Rover в качестве заправляемой в новые автомобили (жидкость первой заправки). Жидкость не следует использовать в автомобилях Citroen или Rolls-Royce, для которых требуются жидкости на минеральной основе.

Жидкость соответствует требованиям международных стандартов FMVSS 116 DOT 4, Росстандарта.

Тормозные жидкости фирмы Shell

Тормозная жидкость Donax B – качественная тормозная жидкость красного цвета, изготовленная из полиэтилен-гликоль-эфира, производных эфиров и присадок. Температура кипения свежей жидкости (равновесная точка кипения) 225 °С, увлажненной 146 °С. Кинематическая вязкость при 100 °С – 1,8 сСт; плотность при 15 °С – 1025 кг/м³; температура вспышки в закрытом тигле 232 °С. Совместима с гликолевыми тормозными жидкостями.

Жидкость предназначена для гидравлических тормозных систем с дисковыми и барабанными тормозными механизмами, а также для гидравлического привода сцеплений.

Жидкость соответствует требованиям, предъявляемым SAE J 1703; FMVSS 116 DOT 3.

Тормозная жидкость Donax YB – тормозная жидкость янтарного цвета, разработанная на основе полиэтилен-гликоль-эфиров, производных эфиров и эффективных присадок. Предназначена тормозных гидравлических систем с тормозными механизмами дискового и барабанного типа, а также для гидроприводов сцеплений. Совместима с другими тормозными жидкостями, отвечающими требованиям SAE J 1703 и DOT.

Свежая жидкость кипит при температуре 275 °С, а увлажненная при 175 °С. Плотность 1075 кг/м³ при 15 °С; кинематическая вязкость при 100 °С – 2,3 сСт; температура вспышки в закрытом тигле составляет 270 °С.

Жидкость соответствует требованиям: SAE J 1703, FMVSS 116 DOT 3 и DOT 4.

Тормозная жидкость Universal Brake Fluid DOT-4 (Mobil, США) предназначена для всех гидравлических тормозных систем. Синтетическая основа, отличные антикоррозионные свойства даже при низких температурах. Температура закипания не ниже 230 °С, а увлажненной не ниже 155 °С. Плотность при 15 °С – 1070 кг/м³; кинематическая вязкость при 40 °С равна 7,63 сСт; температура застывания минус 60 °С.

Отвечает требованиям FMVSS 571 116 DOT 4+3; SAE J 1713.

Тормозная жидкость ELF FRELUB 550 DOT 4 (Elf Lubrifiants, Франция) предназначена для применения в гидравлических тормозных системах с барабанными и с дисковыми тормозными механизмами. Температура кипения свежей жидкости не ниже 230 °С, а увлажненной – не ниже 155 °С.

Отвечает требованиям: SAE J 1703F, FMVSS 116 DOT 4.

Тормозная жидкость Agip Brake Fluid DOT 4 (Agip Petroli, Италия) – жёлтого цвета, плотность при 15 °С – 1070 кг/м³, температура кипения в чистом виде 265 °С, в смеси с водой (увлажненная) жидкость кипит при 170 °С.

Соответствует требованиям: SAE J 1703, ISO 4925; Cuna NC 956 DOT 4; Ford ESEA-MCC-1002-A; General Motors 4653 Type 550; BMW QV 34001; Daimler Benz DBL 7760.

Тормозная жидкость Mannol DOT 3 Hydraulic Brake Fluid (SCT, Германия) соответствует требованиям международных стандартов SAE J 1703, FMVSS 116 и предназначена для использования в гидравлических системах с барабанными тормозами.

Температура кипения сухой жидкости не ниже 205 °С, увлажненной – не ниже 140 °С. жидкость имеет высокую химическую стабильность состава, устойчива к образованию осадков и отложений, нейтральна к конструкционным материалам используемым в тормозной системе.

Тормозная жидкость Mannol DOT 4 Synthetic (SCT, Германия) на синтетической основе предназначена для любых гидравлических тормозных систем автомобилей. Жидкость имеет повышенную надёжность благодаря высокой температуре кипения (чистая – не ниже 230 °С, увлажнённая – не ниже 155 °С), химически нейтральна к деталям тормозной системы, смешивается с тормозными жидкостями на аналогичной основе в соответствии с указанием фирм-производителей автомобилей.

Жидкость соответствует требованиям: SAE J 1703, ISO 4925.

Тормозная жидкость Mannol SUPER DOT 4 Synthetic (SCT, Германия) на синтетической основе, рекомендуется для гидравлических тормозных систем и приводов сцеплений автомобилей.

Жидкость имеет высокую температуру кипения (чистая жидкость – не менее 230 °С, увлажнённая – не ниже 155 °С), химически нейтральна к конструкционным материалам деталей тормозной системы. Смешивается с другими полностью синтетическими тормозными жидкостями в соответствии с указаниями заводов-производителей автомобилей.

Жидкость соответствует требованиям стандартов: SAE J 1703, ISO 4925.

Рекомендации по применению тормозных жидкостей

1. При смешивании различных жидкостей необходимо чётко выполнять правило: жидкости на гликолевой основе, стандарт FMVSS 116 DOT 3, DOT 4 и DOT 5.1 нельзя смешивать с жидкостями на минеральной основе (ISO 7308) и с силиконовыми (SAE J 1705, DOT 5).

2. При добавлении к жидкостям DOT 3 или DOT 4 жидкости DOT 5.1 температура кипения повысится, а если к жидкости DOT-5.1 добавить жидкости DOT 4 или DOT 3, температура кипения смеси понизится.

3. Тормозные жидкости ядовиты, поэтому при работе с ними необходимо соблюдать меры предосторожности.

4. Хранить тормозные жидкости следует только в герметичной таре.

5. Смену жидкостей необходимо производить в сроки, указанные в руководстве по эксплуатации автомобиля, обычно через 2, редко через 3 года.

Амортизаторные жидкости

Амортизаторы предназначены для гашения колебаний подвески при передвижении автомобиля по неровной дороге. Энергия, накапливаемая в пружинах (рессорах) при сжатии или отдаче расходуется на преодоление сопротивления протеканию жидкости через небольшие отверстия в клапанах, и превращается в тепло, нагревающее жидкость и амортизатор.

Жидкость при интенсивной работе подвески нагревается летом до 140 °С, а у большегрузных многоосных машин и до 200 °С. Давление в амортизаторах при резких колебаниях подвески может достигать 10 МПа, при этом необходимо обеспечить герметичность.

Отсюда основные требования к амортизаторным жидкостям:

- вязкость, обеспечивающая перетекание жидкости через отверстия клапанов во всём диапазоне эксплуатационных температур (–50....+200 °С) и создание сопротивления при перетекании с целью гашения колебаний;
- коррозионная нейтральность к конструкционным материалам;
- антифрикционные свойства;
- высокая термоокислительная стабильность.

В гидравлических амортизаторах (телескопических амортизаторных стойках) применяют маловязкие минеральные масла или их смеси.

В качестве примеров зарубежных гидравлических жидкостей для амортизаторов можно привести жидкости фирмы SCT, Германия:

Гидравлическая жидкость Mannol Hydraulik LHM Fluid изготавливается на минеральной основе. Жидкость обладает высокой стабильностью и индексом вязкости, обеспечивающим сохранение текучести при понижении температуры окружающей среды до минус 62 °С. Согласно рекомендациям изготовителя жидкость может быть использована в гидравлических системах автомобилей, усилителях рулевого управления и приводах тормозов, а также в гидропневматических подвесках автомобилей, выпускаемых с 1967 года. Наличие специальных добавок в жидкости предотвращают разрушение резиновых уплотнений.

Универсальная гидравлическая жидкость Mannol hydraulik central на минеральной основе специально разработана для использования в любых гидравлических системах, амортизаторах, подвесках, гидравлических усилителях руля и других автомобильных системах, работающих в диапазоне рабочих температур от минус 40 °С до 130 °С. Жидкость соответствует требованиям стандартов VW TL 521 46 и Volvo STD 1273.36 и применяется на автомобилях Audi, BMW, Peugeot, Citroen, Volkswagen и Volvo.

Гидравлическое масло Mobil Aero HFA (Mobil, США) имеет высокую стабильность против окисления, прекрасную вязкостно-температурную характеристику, хорошо сохраняет текучесть при низких температурах. Кине-

матическая вязкость при 40 °С – 13,9 сСт, при 100 °С – 4,5 сСт. Плотность при 15 °С составляет 868 кг/м³. Температура застывания минус 59 °С.

Кроме перечисленных, хорошо зарекомендовали себя следующие гидравлические масла, применяемые в амортизаторах и амортизаторных стойках:

1. Фирма Shell – масло Aeroshell Fluid 1.
2. Фирма BP – масло BP Aero Hydraulic 2.
3. Фирма ESSO – масло Aviation Oil DEF 2901A.

Основным критерием при выборе амортизаторных жидкостей являются рекомендации фирм-производителей автомобилей, где различные эксплуатационные жидкости проходят всестороннюю проверку и испытания во вновь разрабатываемых конструкциях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильный справочник (BOSCH): Перевод с англ. Первое русское издание. М.: За рулём, 2002. 896 с.
2. Смазочные масла и специальные жидкости ОАО ЛУКОЙЛ: Каталог-справочник продукции. М., 2001. 128 с.
3. Зарубежные масла, смазки, присадки и их отечественные аналоги: Международный каталог / *И. Н. Якунина, Н. В. Орлова*. М.: Международная академия информатизации при ООН. Отделение «Оптимизация и Информационное обеспечение Динамических Систем», 1996. 152 с.
4. *А. Ф. Синедбников, В. И. Балабаков*. Автомобильные топлива, масла и эксплуатационные жидкости: Краткий справочник. М.: За рулём, 2003. 176 с.
5. За рулём. 2000. № 5; 1998. № 4.
6. *Гнатченко И. И.* Автомобильные масла, смазки, присадки: Справочн. пособие. М.: АСТ; СПб.: Полигон, 2000. 360 с.
7. Зарубежные автомобильные масла / *А. С. Сафонов*. СПб.: Гидрометеиздат, 1999. 124 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Топливо для двигателей внутреннего сгорания.....	4
1.1. Топливо для бензиновых двигателей.....	4
1.2. Дизельные топлива.....	7
1.3. Альтернативные виды топлив.....	10
Глава 2. Моторные масла.....	14
Глава Трансмиссионные масла.....	29
Глава 4. Пластичные смазки.....	44
Глава 5. Охлаждающие жидкости.....	51
Глава 6. Тормозные жидкости.....	57
Глава 7. Амортизаторные жидкости.....	64
Литература.....	66
Содержание.....	67

Учебное издание

Смирнов
Антон Васильевич

Автомобильные эксплуатационные материалы

Часть III **Зарубежные горючесмазочные материалы**

Учебное пособие

Редактор Л. Н. Яковлева

Лицензия ЛР № 020815 от 21.09.98

Подписано в печать. Бумага офсетная. Формат 60×84 1/16.

Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.

Усл. печ. 3,7 л. Уч.-изд. 4,1 л. Тираж

Заказ №

Издательско-полиграфический центр Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 173003, Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41. Отпечатано в ИПЦ НовГУ. 173003, Великий Новгород, ул. Б. Санкт-Петербургская, 41.