

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

Кафедра «Общетранспортные проблемы»

М. А. БОЙКАЧЕВ

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Часть 2

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

Пособие для студентов транспортных специальностей

Одобрено методической комиссией факультета
"Управление процессами перевозок"

Гомель 2004

УДК 621.892 (075.8)
Б 772

Р е ц е н з е н т ы: руководитель НИЦ "Экологическая безопасность и энергосбережение на транспорте" профессор **В. М. Овчинни-ков** УО "БелГУТ"; главный инженер РДАУП АП-6 **Н. Н. Козлов** (г. Гомель).

Бойкачев М. А.
Б 772 Эксплуатационные материалы. Ч. 2: Смазочные материалы и технические жидкости: Пособие для студентов транспортных специальностей. – Гомель: УО "БелГУТ", 2004. – 82 с.

Систематизированы данные о моторных и трансмиссионных маслах, пластичных смазках и технических жидкостях, используемых при эксплуатации автомобилей. Представлены сведения о марках и свойствах данных материалов, а также способах их получения. Уделено внимание вопросам контроля качественных показателей и требованиям безопасности при их применении.

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

УДК 621.892 (075.8)

© УО "БелГУТ", 2004.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1 Смазочные материалы.....	5
1.1 Общая характеристика моторных масел.....	5
1.2 Классификация моторных масел.....	18
1.2.1 Классификация SAE.....	19
1.2.2 Классификация API.....	21
1.2.3 Классификация CCMC.....	25
1.2.4 Классификация ACEA.....	26
1.2.5 Классификация ILSAC.....	29
1.2.6 Классификация MIL.....	29
1.2.7 Классификация по ГОСТ 17479.1-85.....	31
1.3 Общая характеристика трансмиссионных масел.....	36
1.4 Общая характеристика масел для автоматических коробок передач.....	40
1.5 Определение качества масел.....	44
2 Пластичные смазки.....	46
2.1 Производство пластичных смазок. Характеристика эксплуатационных качеств	47
2.2 Определение качества пластичных смазок.....	59
3 Технические жидкости.....	60
3.1 Охлаждающие жидкости.....	60
3.2 Тормозные жидкости	69
3.2.1 Основные свойства.....	70
3.2.2 Характеристика тормозных жидкостей.....	72
3.3 Гидравлические жидкости	75
3.4 Пусковые жидкости.....	78
4 Требования техники безопасности при работе со смазочными материалами и техническими жидкостями.....	80
Список литературы.....	82

ВВЕДЕНИЕ

Автомобиль – неотъемлемый атрибут нашей жизни, который независимо от назначения является потребителем смазочных материалов (моторных и трансмиссионных масел, пластичных смазок) и технических жидкостей (охлаждающих, тормозных, гидравлических и пусковых).

В настоящее время значительно ужесточились требования, предъявляемые к данным материалам, особенно с экологической точки зрения. Это вызвано повсеместным использованием иностранных автомобилей (в т. ч. подержанных), увеличением мощности двигателя и скорости движения автомобиля и др. Как результат – имеет место производство и использование широкого ассортимента смазочных материалов и технических жидкостей. Например, моторных масел насчитывается более 100 наименований. Однако имеющаяся информация в большинстве случаев носит в основном рекламный характер, и пользователю бывает довольно трудно разобраться в обилии представленных материалов. Особенно выбор усугубляется, если недостаточны или отсутствуют профессиональные знания и навыки, а также существуют трудности с пониманием иностранного языка и специфичной системы маркировки материала.

С учетом вышеизложенного знание состава смазочных материалов и технических жидкостей, их свойств, областей применения, эксплуатационных характеристик, токсикологических особенностей необходимо тем специалистам, которые занимаются эксплуатацией автомобильной техники, транспортированием, хранением и реализацией данных материалов.

В предлагаемом пособии осуществлена попытка вооружить пользователя необходимой информацией, касающейся производства, применения и качественной характеристики смазочных материалов и технических жидкостей отечественного и иностранного производства.

1 СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1.1 Общая характеристика моторных масел

Моторные масла – это масла, предназначенные для поршневых двигателей внутреннего сгорания, а их основная функция – уменьшение трения и износа деталей двигателя путем создания прочной тонкой пленки на поверхности трущихся деталей. Однако моторные масла должны обеспечивать выполнение и других функций, не менее важных для работоспособности двигателей в течение заданного ресурса, а именно:

- предотвращение прорыва газов из надпоршневого пространства в картер путем уплотнения зазоров в цилиндропоршневой группе;
- охлаждение поршней, подшипников коленчатого вала и других деталей в результате их нагрева от сгорания топлива и трения;
- защита двигателя от коррозии при работе и длительной стоянке;
- предотвращение образования нагара и лакообразных отложений, нарушающих теплоотвод от поршней и подвижность поршневых колец;
- нейтрализация кислот, образующихся при окислении масла и сгорании топлива;
- обеспечение быстрого увеличения давления в смазываемых узлах при холодном пуске двигателя;
- предотвращение выпадения осадков в картере, маслопроводах, на сетке маслоприемника, под крышкой механизма газораспределения, крышкой привода агрегатов и поддержание продуктов старения и износа в виде стойкой эмульсии с последующим выносом продуктов из зоны трения.

Кроме того, моторные масла должны быть совместимы с материалами уплотнителей (резины) и катализаторами нейтрализатора отработавших газов, не должны оказывать отрицательного влияния на работоспособность свечей зажигания и вызывать преждевременное воспламенение рабочей смеси из-за образования зольных отложений в камерах сгорания.

Выполнение данных функций обусловлено исключительно тяжелыми условиями использования моторных масел, так как одна и та же порция масла длительное время подвергается ежесекундным перепадам тепловых и механических нагрузок, поскольку условия смазки различных узлов двигателя далеко не одинаковы (давление в некоторых узлах достигает 500 МПа, а температура 2500 °С). Кроме того, в картерной части двигателя масло находится в виде мельчайших капель, создавая масляный туман. Большая часть поверхности масла контактирует с кислородом воздуха, масло подвергается воздействию газов, прорывающихся из камеры сгорания в картер, а также контактирует с различными металлами, водой и разбавляется топливными фракциями, не успевшими сгореть. Это вызывает

глубокие химические превращения, подвергает масло окислению и загрязнению.

В зависимости от условий работы масла в двигателе различают три зоны: *высокотемпературную* – камера сгорания, обращенная к ней поверхность днища поршня и верхняя часть цилиндра. Днище поршня нагревается до 400 °С, выпускной клапан – до 800 °С, а температура горящих газов достигает 2500 °С;

среднетемпературную – поршень с поршневыми кольцами и пальцем, верхняя часть шатуна и стенки цилиндра. Максимальная температура в этой зоне наблюдается в области поршневых колец и составляет около 350 °С;

низкотемпературную – коленчатый вал, стенки блока цилиндров, картер. Температура в области коренных и шатунных подшипников достигает 180 °С.

В высокотемпературной зоне за счет попадания в нее части масла оно претерпевает глубокие химические превращения, а часть масла сгорает. Продукты сгорания осаждаются на деталях двигателя в виде нагаров, кокса и лаков. Нагары отлагаются на днище поршня, верхнем поясе его цилиндрической части, т. е. над первым компрессионным кольцом, внутренней поверхности головок цилиндров и клапанах. Они усиливают абразивное действие, а также являются своего рода изолятором, затрудняющим теплопередачу от деталей двигателя, а также способствуют возникновению детонации и калильного зажигания.

Отрываясь от поверхности деталей, частицы нагара загрязняют работающее масло. Нагары классифицируются на твердые, рыхлые и чешуйчатые.

В результате коксования топлива и лака на поверхностях деталей цилиндропоршневой группы, не контактирующих с зоной горения, образуется кокс в виде наростов толщиной до 200 мкм. По внешнему виду и химическому составу он близок к нагарам.

В среднетемпературной зоне высокотемпературные газовые потоки, прорывающиеся через неплотности из камеры сгорания в картерную часть двигателя, вызывают окисление масла. В этих условиях углеводороды масла недостаточно стабильны. В результате происходит образование отложений в виде лаков. На интенсивность лакообразования оказывает влияние степень дисперсности в масле механических примесей органического происхождения. Степень загрязненности деталей лаковыми отложениями определяют по цвету, который изменяется от светло-коричневого до черного.

Наибольшую опасность лаковые отложения представляют для поршневых колец, так как вместе с внедрившимися в них твердыми частичками нагара вызывают пригорание поршневых колец, т. е. полную потерю ими подвижности. В результате усиливается прорыв газов в картерную часть двигателя и ухудшаются условия работы масла.

В средне- и низкотемпературной зонах прогретого двигателя масло способно интенсивно испаряться, т. е. оно недостаточно стабильно при повышенных температурах. В результате испарения количество масла в системе смазки уменьшается, а его качество ухудшается.

Несмотря на довольно мягкий тепловой режим в низкотемпературной зоне, в ней наблюдается процесс образования осадков, которые представляют собой студнеобразную массу, отлагающуюся в поддоне картера, а также на стенках блоков цилиндров и в коробке газораспределительного механизма. Образование осадков связано с прорывом газов в картер, которые содержат сажу, продукты окисления масла, водяные пары, кислоты. Водяные пары, омывая холодные стенки картера, клапанной коробки и других деталей, конденсируются, и жидкая фаза проникает в масло. Окисленные продукты износа или коррозии в присутствии воды образуют мыла, которые плохо растворяются в масле и при низкой температуре выпадают в осадок в виде шлама. Асфальто-смолистые компоненты, которые содержатся в осадке, придают ему липкость. Низкотемпературные отложения способны забивать маслопроводы и сетку маслоприемника, что приводит к выходу двигателей из строя. Интенсивность осадкообразования зависит от степени изношенности двигателя и, следовательно, от объема прорывающихся газов.

Кроме того, при работе двигателя и циркуляции масла образуется масляная пена. Пена появляется в результате работы реактивных масляных центрифуг, а также наличия зон разрежения в подшипниках. Работа масляного насоса с большим запасом производительности при колебаниях двигателя и наклонах автомобиля захватывает не только масло, но и воздух. При большом пенообразовании возможен выход деталей двигателя из строя из-за недостаточной подачи масла к трущимся поверхностям.

По составу базового масла различают три типа моторных масел: минеральные, частично синтетические (гидрокрекинговые и полусинтетические), полностью синтетические.

Минеральные масла изготавливаются из нефти путем очистки соответствующих фракций от нежелательных веществ. Различают дистиллятные и остаточные фракции минеральных масел. Первые получают при вакуумном разделении мазута на фракции, вторые – это остаток от перегонки. Таким образом, минеральные масла состоят из сложных смесей углеводородов, содержащихся в нефти. Известны три химических вида минеральных масел: парафиновые, нафтеновые, ароматические. Дистиллятные фракции служат основой зимних и всесезонных масел, остаточные входят в состав летних масел в смеси с дистиллятными.

Для обеспечения требуемого уровня эксплуатационных характеристик такие масла обычно содержат большое количество различных присадок, которые имеют обыкновение в процессе эксплуатации довольно быстро разрушаться, вследствие чего такие масла требуют более частой замены.

Требования к стойкости против окисления, испаряемости, вязкостно-температурным свойствам моторных масел возросли настолько, что даже из отборных нефтей с применением лучших технологий очистки масляных фракций не представляется возможным вырабатывать минеральные базовые масла, обеспечивающие получение конечного продукта с необходимыми свойствами и сроками службы. Это привело к использованию гидрокрекинговых и полусинтетических базовых масел.

Гидрокрекинговые масла (leichtlauf, extra high performance, extra wigh performance) изготавливают из базовых минеральных масел, получаемых в процессе гидрокрекинга из нефти, и комплекса присадок.

Рассмотрим технологию молекулярного преобразования – Molecularly Converted (MC). В основе этой технологии – принцип каталитического гидрокрекинга, позволяющий получать базовые масла с улучшенной молекулярной структурой. Упрощенная схема получения MC-базового масла представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Схема технологии изготовления гидрокрекинговых базовых масел

MC-базовое масло имеет измененную молекулярную структуру, которая делает его стойким к механическим, термическим и химическим воздействиям и сохраняет заданные свойства на протяжении всего срока эксплуатации.

Далее путем введения в MC-базовое масло специальных присадок получают готовое к использованию MC-моторное масло. Применение MC-технологии позволяет:

- получить минеральные масла с эксплуатационными характеристиками, которые практически равны характеристикам синтетических масел (низкая температура застывания, удлинённый интервал замены, стойкость к высоким температурам, пониженная летучесть и горючесть);

- устранить несовместимость компонентов синтетических масел с материалами резинотехнических деталей (сальников) двигателей, для которых рекомендуется применение минерального моторного масла (отечественные автомобили и иномарки 80-х – начала 90-х годов выпуска);

- снизить стоимость моторных масел по сравнению с синтетическими.

Некоторые производители называют минеральные масла, улучшенные с помощью гидрокрекинга, полусинтетическими или даже синтетическими.

Полусинтетические масла (Synthetic, Semi-Synthetic, Synthetic Based, Synthetic Blend) содержат в базовом продукте смесь продуктов перегонки и полиальфаолефины (ПАО) плюс пакет функциональных присадок, причем синтетический компонент составляет 30–40 %.

Данные масла улучшают условия пуска холодного двигателя, эффективно очищают двигатель и обеспечивают хорошую защиту от износа.

Синтетические масла (Fully Synthetic, 100 % synthetic) имеют нефтяную основу, но производятся другими способами и обладают существенно отличающейся от предыдущих молекулярной структурой. В зависимости от основы различают: дизфирные, полиалкенгликолевые, полисилоксановые и хлорфторуглеродные масла.

Дизфиры, образующиеся при взаимодействии двухосновных кислот с одноатомными спиртами и одноосновных кислот с многоатомными спиртами, применяются при изготовлении масел наиболее часто. Масла, получаемые на основе дизфиров, имеют более высокие индексы вязкости и низкие температуры застывания, меньшие испаряемость и огнеопасность, чем у минеральных масел. Однако они более агрессивны по отношению к деталям из маслостойкой резины, вызывают набухание и размягчение резиновых прокладок, шлангов и др.

Полиалкенгликоли по своей структуре – простые полиэфиры с длинными цепями, получаемые взаимодействием различных гликолей и других спиртов с окисью этилена, окисью пропилена или их смесями. Молекула полигликоля может содержать одну или несколько свободных гидроксильных групп, замена которых на алкильную эфирную группу приводит к получению эфиров полигликолей. Различные радикалы, вводимые в молекулу полигликоля, влияют на свойства получаемых масел.

Получаемые масла обладают лучшими противоизносными свойствами, более пологой вязкостно-температурной характеристикой, выдерживают высокие рабочие температуры (до 300 °С), не провоцируют коррозии металлов в отличие от минеральных и не вызывают набухания и размягчения натуральной и синтетической резины в отличие от эфирных масел.

Полисилоксаны (силиконы) – полимерные кремнийорганические соединения. В их основе лежит цепочка из чередующихся атомов кремния и кислорода. Углеводородные и другие органические радикалы различного строения закрывают боковые цепи атомов кремния. Практическое применение имеют полимеры с метильными радикалами (метилполисилоксаны) и этильными радикалами (этилполисилоксаны).

Масла на их основе имеют низкую температуру застывания, пологую вязкостно-температурную кривую, термостабильны, химически инертны (не корродируют все виды металлов) даже при нагревании до 150 °С. Однако у них низкая смазывающая способность и противоизносные свойства.

Фторуглеродные масла получают путем замены в углеводородах всех атомов водорода фтором, а хлорфторуглеводородные масла – путем замены атомов водорода частично хлором, а частично фтором.

Фторуглеродные масла обладают хорошими смазывающими свойствами, высокой термической и химической стабильностью, инертностью к кислотам и щелочам, минимальной коррозионностью. Однако они имеют низкую температуру кипения и высокую температуру замерзания при очень крутой вязкостно-температурной кривой, что существенно снижает их применение.

Хлорфторуглеводородные масла обладают более высокой температурой кипения, лучшими вязкостно-температурными свойствами и смазывающей способностью, но несколько худшими термической и химической стабильностью.

Таким образом, синтетические компоненты, используемые для производства синтетических и полусинтетических масел, получают двумя путями:

1) молекулу масла получают из "кирпичиков-мономеров";

2) молекулу "переконструируют" таким образом, чтобы она соответствовала "идеальной молекуле" масла.

Производство синтетического масла намного дороже, чем минерального. Однако есть ситуации, когда стоимость отступает на второй план. Это вызвано эксплуатацией автотехники в экстремальных условиях Заполярья, тропиков и, конечно, автомобильного спорта. Именно в таких ситуациях в полной мере проявляются преимущества синтетических масел, так как они сохраняют отличную вязкость и при крепких морозах, и в жару, позволяют свести к минимуму потери на трение и снизить износ деталей, узлов и агрегатов мотора.

Синтетические масла обладают множеством достоинств, к которым следует отнести:

- широкий диапазон рабочих температур;

- способность работать при очень высоких температурах и давлении;

- высокую стойкость к полимеризации (образованию лакоподобных пленок);

- высокую моющую способность;
- ровную характеристику вязкости в рабочем диапазоне температур (70–150 °С);

- низкую испарительную способность.

Но есть и недостатки:

- высокая химическая активность (компенсируется большим количеством присадок – не менее 25 %);
- высокая поверхностная активность, помогающая присадкам (антифрикционным, противозадирным, компенсационным) проникать в поверхность металла, замещая материал;
- высокая коррозионная активность, которая также компенсируется добавками;
- низкий уровень совместимости с минеральными маслами, так как не все присадки, используемые в минеральных маслах, растворяются в синтетических. По этой причине не следует доливать синтетическое масло в минеральное, и наоборот;
- сложность производства этих продуктов, а отсюда – высокая цена;
- несовместимость «синтетики» с резинотехническими изделиями.

В таблице 1.1 представлены характеристики минеральных и синтетических масел.

Таблица 1.1 – Характеристики минеральных и синтетических масел

Показатель	Минеральное масло	Синтетическое масло			
		диэфирное	полиалкени-гликолевое	полисилоксановое	фторуглеродное
Кинематическая вязкость, мм ² /с, при 100 °С	2,5	3,2	3,2	3,5	–
Индекс вязкости	70	140–150	135–180	270	500
Температура вспышки, °С	149	232	193	315	–
Температурный предел работоспособности, °С	220	220	260–300	250	400–500
Температура застывания, °С	–40...–73	–43...–63	–53...–63	–63...–100	–3...–23
Потери на испарение при 100 °С за 22 ч, %	8	0,1	0,1	0,1	0

Качество моторных масел определяется составом присадок – химически активных веществ, которые в соответствии с их функциями подразделяются на повышающие индекс вязкости; снижающие температуру застывания; замедляющие окисление и коррозию; моющие; обеспечивающие смазочную способность при высоких контактных напряжениях; модификаторы трения; противопенные [3, 15, 16].

Доля присадок в современных моторных маслах в среднем составляет 15–25 %. Данные присадки обуславливают проявление свойств моторных масел, в качестве которых выступают:

1 *Вязкостно-температурные свойства* – одна из важнейших характеристик моторного масла. От этих свойств зависит способность пуска двигателя без предварительного подогрева, беспрепятственное прокачивание масла насосом по смазочной системе, надежное смазывание и охлаждение деталей двигателя при наибольших допустимых нагрузках и температуре окружающей среды.

Диапазон изменения температуры масла от холодного пуска зимой до максимального прогрева в подшипниках коленчатого вала или в зоне поршневых колец составляет до 180–190 °С. Вязкость минеральных масел в интервале температур от –30 до +150 °С изменяется в тысячи раз.

Летние масла, имеющие достаточную вязкость при высокой температуре, обеспечивают пуск двигателя при температуре окружающей среды около 0 °С. Зимние масла, обеспечивающие холодный пуск при отрицательных температурах, имеют недостаточную вязкость при высокой температуре. Таким образом, сезонные масла независимо от их наработки (пробега автомобиля) необходимо менять дважды в год. Это усложняет и удорожает эксплуатацию двигателей. Проблема решена путем создания всесезонных масел, загущенных полимерными присадками.

Вязкостно-температурные свойства загущенных масел таковы, что при отрицательных температурах они подобны зимним, а в области высоких температур – летним. Вязкостно-температурные присадки относительно мало повышают вязкость базового масла при низкой температуре, но значительно увеличивают ее при высокой температуре, что обусловлено увеличением объема макрополимерных молекул с повышением температуры и рядом иных эффектов.

В отличие от сезонных, загущенные всесезонные масла изменяют вязкость под влиянием не только температуры, но и скорости сдвига, причем это изменение временное. С уменьшением скорости относительного перемещения смазываемых деталей вязкость возрастает, а с увеличением – снижается. Этот эффект больше проявляется при низкой температуре, но сохраняется и при высокой, что имеет два позитивных последствия: снижение вязкости в начале проворачивания холодного двигателя стартером облегчает пуск, а небольшое снижение вязкости масла в зазорах между поверхностями трения деталей прогретого двигателя уменьшает потери энергии на трение и дает экономию топлива.

Для придания маслу хороших вязкостно-температурных свойств в него вводят высокомолекулярные полимеры (загустители): полиизобутилены, полиметакрилаты и др. Механизм их действия основан на изменении формы макромолекул полимеров в зависимости от температуры. В холодном состоянии эти молекулы, будучи свернутыми в спиральки, не влияют на вязкость масла, при нагреве они распрямляются, и масло густеет (не становится слишком жидким). Масла, в состав которых входят вязкостные

присадки (до 10 %), называют загущенными – это зимние и всесезонные сорта.

Характеристиками вязкостно-температурных свойств служат *кинематическая вязкость*, определяемая в капиллярных вискозиметрах, *динамическая вязкость*, измеряемая при различных градиентах скорости сдвига в ротационных вискозиметрах, а также *индекс вязкости* – безразмерный показатель пологости вязкостно-температурной зависимости.

Индекс вязкости можно определить по номограмме, расчетным путем или по специальным таблицам. Для этого необходимо знать кинематическую вязкость масла при 50 и 100 °С. Чем выше индекс вязкости, тем более пологой кривой характеризуется масло и тем лучше его вязкостно-температурные свойства. Для автомобильных масел индекс вязкости должен быть не менее 90. Синтетические базовые компоненты имеют индекс вязкости 120–150, что дает возможность получать на их основе всесезонные масла с очень широким температурным диапазоном работоспособности.

К низкотемпературным характеристикам масел относят *температуру застывания*, при которой масло не течет под действием силы тяжести, т. е. теряет текучесть. Нижний температурный предел применения масла примерно на 8–12 °С выше температуры застывания, т. е.

$$t_{\text{ов}} = t_3 - (8-12),$$

где $t_{\text{ов}}$ – нижний температурный предел окружающего воздуха, °С;

t_3 – температура застывания масла в соответствии с ГОСТ, °С.

В большинстве случаев застывание моторных масел обусловлено образованием в объеме охлаждаемого масла микрокристаллов парафинов, которые образуют пространственную кристаллическую решетку, связывающую все масло в единую неподвижную массу. Требуемая нормативной документацией температура застывания достигается депарафинизацией базовых компонентов и/или введением в состав моторного масла депрессорных присадок.

Температура застывания масла указывает на возможность перелить масло из канистры в картер двигателя, не прибегая к предварительному подогреву. Однозначной взаимосвязи температуры застывания масла с его пусковыми свойствами на холоде не существует.

Для понижения температуры застывания на 20 °С и более в масло вводят *депрессорные присадки* (до 1 %). Они предотвращают образование парафиновых кристаллов при низких температурах. Молекулы депрессора обволакивают зарождающиеся кристаллы и тем самым тормозят образование структурного каркаса в масле в виде кристаллической решетки из микрокристаллов парафина. Понижая температуру застывания масла, депрессоры не влияют на его вязкостные свойства.

Температура вспышки. Если масло нагревать, то его пары образуют с воздухом смесь. Температуру, при которой эти пары способны

воспламениться, называют температурой вспышки. Температура вспышки связана с фракционным составом масла и структурой молекул базовых компонентов. При прочих равных условиях высокая температура вспышки предпочтительна. Она существенно снижается по сравнению с исходным значением, если в процессе работы масло разжижается топливом из-за неисправности двигателя. В сочетании со снижением вязкости масла понижение температуры вспышки служит сигналом для поиска неисправностей системы подачи топлива, системы зажигания или карбюратора.

2 *Антиокислительные свойства* в значительной степени определяют стойкость масла к окислению и полимеризации в процессе работы двигателя, а также разложению при хранении и транспортировке. Условия работы моторных масел в двигателях настолько жестки, что предотвратить их окисление полностью не представляется возможным.

Окисление масла приводит к росту его вязкости и коррозионности, склонности к образованию отложений, загрязнению масляных фильтров и другим неблагоприятным последствиям (затруднение холодного пуска, ухудшение прокачиваемости масла).

На процесс окисления решающее влияние оказывает температура. Масла, хранящиеся при температуре 19–20 °С, сохраняют свои первоначальные свойства в течение 5 лет. Начиная с 50–60 °С, скорость окисления удваивается с увеличением температуры на каждые 10 °С.

Окисление масла в двигателе наиболее интенсивно происходит в тонких пленках масла на поверхностях деталей, нагреваемых до высокой температуры и соприкасающихся с горячими газами (поршень, цилиндр, поршневые кольца, направляющие и стебли клапанов). В объеме масло окисляется менее интенсивно, так как в поддоне картера, радиаторе, маслопроводах температура ниже и поверхность контакта масла с окисляющей газовой средой меньше. Во внутренних полостях двигателя, заполненных масляным туманом, окисление более интенсивно.

На скорость и глубину окислительных процессов значительно влияют попадающие в масло продукты неполного сгорания топлива. Они проникают в масло вместе с газами, прорывающимися из надпоршневого пространства в картер. Ускоряют окисление масла также частицы металлов и загрязнений неорганического происхождения, которые накапливаются в масле в результате изнашивания деталей двигателя, недостаточной очистки всасываемого воздуха, нейтрализации присадками неорганических кислот, а также металлоорганические соединения меди, железа и других металлов, образующиеся в результате коррозии деталей двигателя или взаимодействия частиц изношенного металла с органическими кислотами. Все эти вещества – катализаторы окисления.

Значительно затормозить процессы окисления масла можно соответствующей очисткой базовых масел от нежелательных соединений,

присутствующих в сырье; использованием синтетических базовых компонентов, а также введением эффективных антиокислительных присадок.

Присадки делятся на присадки-ингибиторы, работающие в общем объеме масла; термоокислительные присадки, выполняющие свои функции в рабочем слое на нагретых поверхностях. Наилучший антиокислительный эффект достигается при введении в масло присадок, обладающих различным механизмом действия. В качестве антиокислительных присадок к моторным маслам применяют диалкил- и диарилдитиофосфаты цинка, которые улучшают также антикоррозионные и противоизносные свойства. Их часто комбинируют друг с другом и с беззольными антиокислителями. К числу последних относят: соединения серы и фосфора, фенолы и амины. Содержание в масле – до 3 %. Довольно энергичными антиокислителями являются некоторые моюще-диспергирующие присадки, в частности, алкилсалицилатные и алкилфенольные.

3 Анतिकоррозионные свойства моторных масел зависят от наличия в них органических кислот, перекисей и других продуктов окисления, сернистых соединений, неорганических кислот, щелочей и воды. В процессе старения коррозионность моторных масел возрастает.

Антикоррозионные присадки защищают антифрикционные материалы (свинцовистую бронзу), образуя на их поверхности прочную защитную масляную пленку. Антиокислители препятствуют образованию агрессивных кислот. Иногда необходимо вводить в моторные масла присадки-деактиваторы, образующие хелатные соединения с медью, предохраняющие поверхность от коррозионного разрушения. Их концентрация достигает 1 %.

Антикоррозионные присадки типа дитиофосфатов цинка, применяемые в большинстве моторных масел, не защищают от коррозии сплавы на основе серебра и фосфористые бронзы, а при высокой температуре активно способствуют их коррозии. В двигателях, в которых используют такие антифрикционные материалы, необходимо использовать специальные масла, не содержащие дитиофосфатов цинка.

В стандартах на масла предусмотрены показатели оценки коррозионности: кислотное число, выраженное в миллиграммах КОН, которое требуется для нейтрализации органических кислот, находящихся в 1 г масла; содержание водорастворимых кислот и щелочей (в свежих маслах не выше 0,4 мг).

Для определения коррозионности масел имеется ряд методов. Все они основаны на оценке степени коррозии по потере массы пластинки (чаще всего свинцовой), выраженной в г/м², в результате ее погружения в нагретое масло.

4 Моюще-диспергирующие свойства характеризуют способность масла обеспечивать необходимую чистоту деталей двигателя, поддерживать продукты окисления и загрязнения во взвешенном состоянии. Чем выше моюще-диспергирующие свойства масла, тем больше нерастворимых

веществ – продуктов старения может удерживаться в работающем масле без выпадения в осадок, тем меньше лакообразных отложений и нагаров образуется на горячих деталях, тем выше может быть допустимая температура деталей (степень форсирования двигателя).

В композициях моторных масел в качестве моющих используют зольные и беззольные присадки. Зольные присадки содержат бариевые и кальциевые соли сульфокислот (сульфонаты), а также алкилфеноляты щелочноземельных металлов бария и кальция, алкилсалицилаты и фосфонаты кальция или магния и реже (по экологическим соображениям) бария. Беззольные дисперсанты-присадки снижают, главным образом, склонность масла к образованию низкотемпературных отложений и скорость загрязнения фильтров тонкой очистки масла. Модифицированные термостойкие беззольные дисперсанты способствуют также уменьшению лако- и нагарообразования на поршнях.

Механизм действия моющих присадок заключается в следующем: детергирующие компоненты вымывают продукты окисления масла и износа деталей и несут их к фильтру, а диспергирующие компоненты способствуют дроблению крупных частиц нагара на мелкие (не больше микрона). Тем самым они удерживают грязь в мелкодисперсном состоянии, не дают ей слиться в большие комки и пригореть к металлу.

Моющие присадки добавляют в масла очень солидными дозами – до 15–20 % общего объема. Содержатся во всех сортах высококачественных моторных масел.

При работе двигателей на топливах с повышенным содержанием серы моющие присадки, придающие маслу щелочность, препятствуют образованию отложений на деталях двигателей также путем нейтрализации кислот, образующихся из продуктов сгорания топлива. Количественно данная способность характеризуется *щелочным числом*. Чем оно больше, тем большее количество кислот, образующихся при окислении масла и сгорании топлива, может быть переведено в нейтральные соединения. В противном случае эти кислоты вызвали бы коррозионный износ деталей двигателя и усилили процессы образования различных углеродистых отложений на них. При работе масла в двигателе щелочное число неизбежно снижается, нейтрализующие присадки срабатываются. Такое снижение имеет допустимые пределы, по достижении которых масло считается утратившим работоспособность. Поэтому при прочих равных условиях предпочтительнее масло, у которого щелочное число выше.

Металлсодержащие моющие присадки (зольные) повышают зольность масла, что может привести к образованию зольных отложений в камере сгорания, замыканию электродов свечей зажигания, преждевременному воспламенению рабочей смеси, прогару выпускных клапанов, снижению детонационной стойкости топлива, абразивному изнашиванию. Поэтому сульфатную зольность моторных масел ограничивают верхним пределом. Ее

допустимое значение зависит от типа и конструкции двигателя, расхода масла на угар, условий эксплуатации, в частности, от вида применяемого топлива. Наименее зольные масла необходимы для смазывания двухтактных бензиновых двигателей и двигателей, работающих на газе. Наибольшую зольность имеют высокощелочные цилиндрические масла.

Моющие свойства определяют методами на установках ПЗВ или «скользящее кольцо», в основе которых лежит определение степени лакообразования в баллах от 0 до 6 на боковой поверхности поршня и сопоставление ее с эталонной цветной шкалой.

Численные значения показателя моющих свойств масел для бензиновых двигателей составляют 0,5–1,0 балл.

5 *Противоизносные свойства* моторного масла характеризуют его способность препятствовать износу поверхностей трения, образованию на трущихся поверхностях прочной пленки, исключающей непосредственный контакт деталей. Высокие противоизносные свойства масла особенно востребованы при небольших частотах вращения коленчатого вала, когда высоки удельные нагрузки, а также когда геометрические формы или размеры деталей имеют существенные отклонения, что чревато задирами, схватыванием и разрушением трущихся поверхностей. Они зависят от химического состава и полярности базового масла, состава композиции присадок и вязкостно-температурной характеристики масла с присадками, которая в основном предопределяет температурные пределы его применимости (защита деталей от износа при пуске двигателя, при максимальных нагрузках и температурах окружающей среды).

Для снижения потерь на трение в моторные масла вводят антифрикционные присадки, основой которых служат беззольные органические соединения, содержащие благородные элементы: никель, кобальт, хром, молибден. Малорастворимые поверхностно-активные вещества такого типа образуют в узлах трения многослойные защитные пленки с внедрением легирующих компонентов в зону трения. Особое место при этом принадлежит молибдену, атомы которого способны связывать атомы железа и образовывать структуры, стойкие к питтингу (местному выкрашиванию металла), фреттинг-коррозии и др. Более того, только этот металл образует в результате окисления поверхностных слоев оксиды, температура плавления и твердость которых на порядок ниже, чем у металла поверхности трения. Содержание противоизносных компонентов составляет до 2 %.

6 *Антипенные свойства*. При работе двигателя масло непрерывно взбалтывается и разбрызгивается, в результате чего в масло попадают воздух, пары топлива и отработавшие газы. Выходя из масла, пузырьки воздуха образуют на поверхностях деталей двигателя обильную пену. Появление пены в масле – явление крайне нежелательное, так как при этом ухудшается процесс смазывания трущихся поверхностей. Из-за пузырьков воздуха в

масле увеличивается его расход вследствие потерь через сапун или масляный бак, снижается надежность подачи к трущимся поверхностям необходимого количества масла, так как при пенообразовании вместе с маслом подается большое количество воздуха. На образование пены в масле оказывает влияние попадание воды. Способность масла противостоять образованию пены носит название антипенного свойства масла. Одним из наиболее эффективных путей снижения пенообразования в системе является введение в масло специальных противопенных присадок.

Противопенные присадки (обычно это силиконы или полилоксаны) не растворяются в моторных маслах, а присутствуют в виде мельчайших капелек. Их действие основано на разрушении пузырьков воздуха. Обойтись без этих присадок практически невозможно, но их присутствие не должно превышать тысячных долей процента – при термическом разложении силикона образуется оксид кремния, который является сильным абразивом.

Присадки вводятся «пакетом», и в зависимости от того, чего в нем больше, меняются свойства масла. Естественно, каждая присадка, подобно лекарству, оказывает не только прямое действие, но дает и побочные эффекты. Некоторые присадки сильно влияют друг на друга, причем иногда с взаимоуничтожающим результатом. Их подбор – дело исключительной тонкости.

Самостоятельное использование присадок нежелательно, так как может привести к непредсказуемым последствиям. Добавление даже самого хорошего компонента неизбежно нарушает баланс. В результате какой-либо показатель может быть улучшен, но другие при этом, почти наверняка, пострадают. В совокупности эффект будет в лучшем случае нулевым, в худшем – отрицательным.

Если вы все же рискнете добавить присадки самостоятельно, то не рекомендуется добавлять больше 250 мл на 4 л масла, иначе масло потеряет характеристики как чистый продукт. В современных же маслах производители доводят содержание присадок иногда до 28 % и более. Но их количество, комплексность, сбалансированность и совместимость были достигнуты в лабораторных условиях.

Способность моторного масла выполнять многочисленные функции проверяется в основном путем испытаний в двигателях на стендах по стандартным процедурам классификационных испытаний, а также методами лабораторных испытаний ряда физико-химических свойств. Некоторые фирменные спецификации включают как обязательный этап эксплуатационные испытания.

1.2 Классификация моторных масел

В связи с многообразием типов, конструкций двигателей и условий их работы применяется ряд классификаций моторных масел:

- SAE (Society of Automotive Engineers – Американское общество автомобильных инженеров);
- API (American Petroleum Institute – Американский институт нефти);
- ACEA (Association des Constructeurs Europeen des Automobiles – Ассоциация европейских производителей автомобилей). С 1996 г. заменила CCMC (Committee of Common Market automobil Constructors – Комитет производителей автомобилей европейского Общего рынка);
- ILSAC (Международный комитет по стандартизации и одобрению смазочных материалов – совместная американско-японская классификация);
- MIL-L (Military Specifications – спецификации Военного ведомства США);
- ГОСТ 17479.1-85 (Российская классификация).

Дополнительно ведущие производители автомобилей подвергают масла испытаниям по собственным программам, после чего допускают масла, выдерживающие такие испытания, в качестве масел первой заправки для всех или определенных типов техники своего производства. Такие спецификации называют допусками.

Важнейшие, наиболее часто упоминаемые фирменные спецификации (допуски) моторных масел имеют следующие обозначения:

- Volvo VDS, Volvo VDS-2;
- Volkswagen: VW 500.00, VW 501.00, VW 502.00, VW 505.00;
- Rover: RES 22 OL G-4, RES 22 OL PD-2, RES 22 OL D-5;
- BMW «Special Oils»;
- Mercedes-Benz: MB 229.1, MB 228.5, MB 228.2/3, MB 228.0/1, MB 227.0/1;
- MAN 270, MAN 271, MAN QC 13017, MAN M 3275, MAN M 3277;
- MTU Type 1, MTU Type 2;
- MACK EO-K, MACK EO-L;
- Ford: E3E-M2C 153-E (в США), WSE-M2C 903 (в Европе);
- General Motors: GM 6094 M, GM 4718 M, GM 4717 M.

Пример информации, заложенной в фирменные спецификации, представлен в таблице 1.2 [12, 15, 16].

Таблица 1.2 – Допуски фирм-производителей автомобилей

Фирма-производитель	Характеристика масла
BMW	Только для всесезонных масел (на основе испытаний)
Mercedes-Benz	MB 226.0 – сезонное масло для легковых автомобилей; MB 226.1 – всесезонное масло для легковых автомобилей; MB 226.3 – всесезонное масло с увеличенным интервалом замен для легковых автомобилей; MB 226.5 – всесезонное масло с еще более увеличенным интервалом замен для легковых автомобилей; MB

	229.1 – масло для новых двигателей легковых автомобилей с 1997 г. выпуска (замена через 30 тыс. км)
Volkswagen–Audi	VW 500.00 – всесезонное; VW 501.01 – всесезонное; VW 505.00 – для двигателей с турбонаддувом; VW T4 – спецификация, характеризующая увеличение интервала замены

1.2.1 Классификация SAE

Данная классификация подразделяет масла по вязкости с учетом способности масла течь и одновременно "прилипать" к поверхности металла. Она действует в Европе, США, Японии и других странах.

Класс SAE сообщает потребителю диапазон температуры окружающей среды, в котором масло обеспечит проворачивание коленчатого вала двигателя стартером, прокачивание масла масляным насосом по смазочной системе под давлением при холодном пуске в режиме, не допускающем сухого трения в узлах трения (минимальная температура), и надежное смазывание летом при длительной работе в максимальном скоростном и нагруженном режиме (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Классификация SAE J 300 APR 97

Класс по SAE	Низкотемпературная вязкость		Высокотемпературная вязкость		
	Проворачивание*	Прокачиваемость**	Вязкость***, мм ² /с, при 100 °С		Вязкость****, мПа·с, при температуре 150 °С и скорости сдвига 10 ⁶ с ⁻¹ , не менее
			min	max	
0W	3250 при –30 °С	60000 при –35 °С	3,8	-	-
5W	3500 при –25 °С	60000 при –30 °С	3,8	-	-
10W	3500 при –20 °С	60000 при –25 °С	4,1	-	-
15W	3500 при –15 °С	60000 при –20 °С	5,6	-	-
20W	4500 при –10 °С	60000 при –15 °С	5,6	-	-
25W	6000 при –5 °С	60000 при –10 °С	9,3	-	-
20	-	-	5,6	9,3	2,6
30	-	-	9,3	12,5	2,9
40	-	-	12,5	16,3	2,9 ^а
40	-	-	12,5	16,3	3,7 ^б
50	-	-	16,3	21,9	3,7
60	-	-	21,9	26,1	3,7

* Динамическая вязкость определяется по методу ASTM D 2602 "Метод определения кажущейся вязкости моторного масла в диапазоне температур от –40 до 0 °С на имитаторе холодного пуска (CCS)".

** Для определения предельной температуры прокачивания моторного масла SAE 0W, 20W, 25W используется метод ASTM D 3829 или CEC L-32-T-82. Для моторного масла SAE 5W, 10W, 15W используется метод ASTM D 4684 (миниротационный вискозиметр).

*** Кинематическая вязкость определяется в капиллярном вискозиметре по методу ASTM D 445.

**** Некоторые изготовители двигателей рекомендуют пределы вязкости, измеренной при температуре 150 °С и скорости сдвига 10⁶ с⁻¹ (на коническом имитаторе подшипника).
 2,9*^а Это значение для классов SAE 0W-40, 5W-40, 10W-40.
 3,7*^б Это значение для классов SAE 40, 15W-40, 20W-40, 25W-40.

В соответствии с этим классификация подразделяет моторные масла на шесть зимних (Winter) классов (0W, 5W, 10W, 15W, 20W и 25W) и пять летних (20, 30, 40, 50 и 60). Каждая цифра означает вязкость в секундах Сейболта, которая для зимних классов измерена при температуре –17,8 °С; летних – при +98,8 °С. Таким образом, чем больше число, тем больше вязкость масла. Всесезонные масла, пригодные для круглогодичного применения, обозначают двукратным номером, один из которых указывает зимний, а другой – летний класс (например SAE 10W, SAE 50, SAE 5W-30).

Классификация SAE J 300 распространяется только на вязкостно-температурные свойства моторных масел и не сообщает никакой информации об их эксплуатационных качествах.

Для выбора температурного диапазона использования масла по системе SAE (приблизительно) можно предложить следующие рекомендации.

Минимальная температура в градусах Цельсия, при которой возможно использование масла, определяется по формуле

$$t_{\min} = - (35 - X),$$

где X – первые цифры маркировки.

Максимальную температуру можно принять приблизительно по последним цифрам маркировки. Для точного определения температурного диапазона, в котором можно применять масло, следует использовать данные, приведенные в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Температурные диапазоны работоспособности моторных масел

Класс SAE	Интервал температур	Класс SAE	Интервал температур	Класс SAE	Интервал температур
0W	–30...–10	30	–5...+45	5W-40	–25...+35
5W	–25...–10	40	0...+45	10W-40	–20...+35
10W	–20...0	50	+10...+50	15W-40	–15...+45
15W	–15...+5	0W-30	–30...+20	15W-50	–15...+50
20W	–10...+15	0W-40	–30...+35	20W-40	–10...+45
–	–	5W-30	–25...+20	–	–

1.2.2 Классификация API

Классификация API подразделяет масла по уровню эксплуатационных свойств, разделяя их на две категории: «S» (Service) и «C» (Commercial). К первой относятся масла, предназначенные для применения в бензиновых двигателях, а ко второй – в дизельных двигателях. Универсальные масла, которые могут использоваться для смазывания как бензиновых двигателей,

так и дизелей, имеют обозначения обеих категорий (через дробь). Например: SF, CD, SJ/CF-4.

Обозначение состоит из двух букв, первая из которых определяет принадлежность к одной из двух категорий, а вторая обозначает уровень эксплуатационных свойств. Чем ближе находится вторая буква к началу латинского алфавита, тем ниже эксплуатационные свойства данного масла. Чем дальше по алфавиту эта буква, тем для более современных моделей автомобилей предназначено масло. При этом спецификация, идущая первой, говорит о предпочтении использования, т.е. SG/CD – «более бензиновое», а CD/SG – «более дизельное».

Некоторые классы дизельных масел подразделяются на масла для 2- и 4-тактных дизелей, обозначаемых дополнительной цифрой, например, CF-2.

Уровни эксплуатационных свойств в категории «S» подразделяются на девять классов (SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH и SJ), а в категории «C» – на одиннадцать классов (CA, CB, CC, CD, CD-II, CE, CF, CF-2, CF-4, CG-4, CH-4) в порядке возрастания. Характеристика каждой категории представлена в таблице 1.5.

В настоящее время классы масел SA–SG – для бензиновых и CA–CE – для дизельных двигателей являются устаревшими. Однако эти классы не сняты с производства, так как применяются автомобили с двигателями, требующими этих масел.

Таблица 1.5 – Современная классификация моторных масел по API

Класс	Область и условия применения масел
Категория Service	
SA	Для двигателей, работающих в легких условиях. Без присадок. Не стоит применять без рекомендации изготовителя двигателя.
SB	Для двигателей, работающих в легких условиях при умеренных нагрузках. Содержат присадки против старения и коррозии. Не стоит применять без рекомендации изготовителя двигателя.
SC	Для двигателей, работающих с повышенными нагрузками (модели 1964 – 1967 гг. выпуска). Содержат дополнительные присадки против старения, загрязнения и износа.
SD	Для двигателей, работающих в тяжелых условиях (модели 1968 – 1971 гг. выпуска). Содержат усовершенствованные присадки против износа.
SE	Для двигателей, работающих в тяжелых условиях (модели 1972 – 1979 гг. выпуска). Содержат усовершенствованные присадки против износа и защиты от коррозии.
SF	Для двигателей иностранного производства выпуска 1980 – 1989 гг., работающих в тяжелых условиях; все отечественные автомобили. Содержат усовершенствованные присадки против износа, защиты от коррозии, загрязнений, старения и отложений в двигателе. Заменяют классы SC, SD, SE.

Класс	Область и условия применения масел
SG	Для двигателей европейских и американских легковых автомобилей и грузовиков малой мощности выпуска 1989 – 1993 гг., японских с 1985 – 1995 гг. Лучшее по склонности к осадкообразованию и износу двигателя. Могут быть использованы вместо классов SE, SF, SE/CC, SF/CC, CC и CD.
SH	Для двигателей европейских и американских автомобилей, выпущенных в 1993 – 1996 гг., японских с 1995 г. Заменяют класс SG. Топливосберегающие.
SJ	Для двигателей, выпускаемых с 1996 г. Содержат меньше фосфора (экологически вредная примесь), введены дополнительные требования в отношении расхода масла в двигателе, энергосберегающих свойств и способности выдерживать нагрев, не образуя отложения. Заменяют все низшие категории, в том числе класс SH.
SL	Стабильность, пониженная летучесть, увеличение пробега. Класс SL – энергосберегающие масла для двигателей легковых автомобилей с улучшенными антиокислительными и противоизносными свойствами, хорошо совмещающиеся с катализаторами и нейтрализаторами выхлопных газов.

Продолжение таблицы 1.5

Класс	Область и условия применения масел
Категория Commercial	
CA	Для двигателей без наддува, небольшой мощности, работающих при умеренных нагрузках на высококачественном малосернистом топливе. Без присадок. Для щадящего режима эксплуатации.
CB	Для двигателей без наддува, небольшой мощности, работающих при умеренных нагрузках на сернистом топливе. Для ненагруженных двигателей, работающих в условиях щадящего и среднего режимов эксплуатации.
CC	Для легко нагруженных двигателей выпуска 1961 г. с умеренным наддувом и без наддува, работающих в условиях среднего и тяжелого режимов эксплуатации. Содержат присадки, снижающие высокотемпературные отложения, осадки, коррозию.
CD	Для двигателей выпуска с 1970 г. с наддувом и без наддува при работе на высокосернистом топливе, содержат присадки для снижения высокотемпературных отложений и коррозии. Для нагруженных, высокооборотистых дизельных двигателей, работающих в тяжелых условиях (легковые автомобили с одним турбонаддувом выпуска до 1993 г.).
CD II	То же, для 2-тактных дизельных двигателей.
CE	Для мощных форсированных дизелей с турбонаддувом выпуска с 1983 г. при работе на малых и больших скоростях движения.

CF	Для двигателей без наддува и с газотурбинным наддувом выпуска с 1994 г., внедорожной техники, строительных и грузовых машин, имеющих отдельную камеру сгорания и работающих на топливе с повышенным (до 0,5 %) содержанием серы, дизелей легковых автомобилей с одним или двумя турбонаддувами выпуска с 1993 г. Имеют хорошие антикоррозионные и антинагарные свойства. Особенно подходят для грузовых автомобилей, работающих на дальних трассах.
CF-4	Для 4-тактных двигателей выпуска с 1990 г. с турбонаддувом и без него. Обладают меньшим расходом на угар и меньшей склонностью к нагарообразованию. Возможно применение для двигателей группы SG. Отвечают повышенным требованиям по токсичности отработанных газов. Для высоконагруженных высокооборотистых 4-тактных дизелей грузовых автомобилей и автопоездов, работающих в условиях автострад, выпуска с 1990 г. Обладают улучшенными моющими свойствами по сравнению с маслами класса CE и заменяют их в дизелях, выпущенных до 1990 г.
CF-2	Для 2-тактных дизелей. Заменяют класс CD-2, так как обладают лучшими моющими и противоизносными свойствами. Для высоконагруженных двигателей выпуска с 1990 г. Противодействуют износу цилиндров и закоксованию поршневых колец.
CG-4	Для 4-тактных дизелей внедорожных машин и грузовых автомобилей, выполняющих по токсичным выбросам нормы, установленные в США с 1994 г. Обладают лучшими моющими, противоизносными, антикоррозионными свойствами, меньшей вспениваемостью при высокой температуре и хорошо сочетаются с малосернистыми дизельными топливами (серы менее 0,05 %). Заменяют масла CF-4 в ранее выпущенных двигателях.

Продолжение таблицы 1.5

Класс	Область и условия применения масел
Категория Commercial	
CH-4	Для длительной работы без смены в 4-тактных дизелях в условиях интенсивного загрязнения масла частицами сажи. Выполняют экологические нормы по содержанию твердых частиц и оксида азота в отработавших газах, введенные в США с 1998 г. Заменяют класс CF-4 и CG-4 в ранее выпущенных двигателях. Допускают применение дизельного топлива с содержанием серы более 0,5 %. Удовлетворяют требованиям по уменьшению износа клапанов и уменьшению образования нагара.

Моторные масла, сертифицированные на соответствие тем или иным классам API, маркируются стандартным символом (рисунок 1.2), наносимым на бочки, канистры, контейнеры и другую тару. В центре круга указывают класс вязкости по SAE. Категорию и класс по уровню эксплуатационных свойств указывают в верхнем полукольце, а наличие или отсутствие энергосберегающих свойств у данного масла указывают в нижнем полукольце. В описаниях способность масла обеспечивать экономию топлива часто обозначают аббревиатурой после класса по API (например, API SJ/CF-4, EC II, где EC означает Energy Conserving –

энергосберегающее). Отсутствие надписи в нижнем полукольце указывает на то, что в сравнении с эталонным маслом данный продукт не дает экономии топлива. Градация ЕС I означает наличие умеренных энергосберегающих свойств – экономию топлива не менее 1,5 %, ЕС II – не менее 2,5 %, ЕС III – не менее 3 %. Цифры экономии получены в лабораторных условиях. Если последнее не заполнено, то данное масло не относится к энергосберегающим.



Рисунок 1.2 – Символ маркировки

Требования к моторным маслам со стороны европейских производителей автомобилей существенно отличаются от требований классификации API. Отличия обусловлены особенностями эксплуатационных условий и конструкционных решений в США и странах Западной Европы. Еще одно существенное отличие европейских требований к моторным маслам обусловлено значительной долей машин с дизельным приводом в парке легковых автомобилей европейских стран. Дизели с малым рабочим объемом и, следовательно, с малым диаметром цилиндра необходимо смазывать специальными маслами с высокими диспергирующими и противоизносными свойствами, сохраняющимися при значительном накоплении в масле сажи от неполного сгорания дизельного топлива, что и привело к созданию своих систем классификации.

1.2.3 Классификация ССМС

В 1975 г. были опубликованы требования к качеству моторных масел для двигателей европейской сборки в соответствии с ССМС. В 1991 г. спецификация была переработана с учетом новых требований по продлению интервалов замены масла и требований по увеличению термической и окислительной стабильности.

Классификация ССМС включает все испытания API и предписывает дополнительное, более строгое тестирование на европейских испытательных двигателях, что отражено в таблицах 1.6–1.8.

Комитет ССМС прекратил свою деятельность в 1996 г., но обозначения этой классификации все еще встречаются на этикетках моторных масел.

- ССМС разделяет моторные масла на три категории:
- G (Gasoline – бензин) – для бензиновых двигателей;
 - D (Diesel) – для дизельных двигателей грузовиков;
 - PD – для дизельных двигателей легковых автомобилей.

Цифра, стоящая за категорией, указывает на уровень качества масла. Чем выше номер, тем качественнее масло.

Таблица 1.6 – Классификация ССМС для бензиновых двигателей

Класс	Описание масла
G1	Для двигателей, выпущенных до 1989 г. Примерно соответствует API SE.
G2	Для двигателей, выпущенных до 1990 г. Примерно соответствует API SF.
G3	Для двигателей, выпущенных до 1990 г. Примерно соответствует API SF. Отвечает требованиям по стабильности смазывающих свойств, устойчивости к процессам окисления и старения.
G4	Примерно соответствует API SG. По вязкости соответствует маслам по SAE 10W-XX и 20W-XX. Дополнительно были проведены испытания по предупреждению образования осадка и процесса износа. По степени износа клапанных коромысел, по склонности к образованию высокотемпературных отложений, по стабильности к окислению, шламообразованию и износу деталей двигателей выше, чем по спецификации API SG.
G5	Примерно соответствует API SG. Легкотекучее с низкой вязкостью. Отличается от G4 более жесткими общими требованиями к качеству масла. Обладает хорошими антифрикционными свойствами. Универсальное. По вязкости соответствует маслам по SAE 5W-XX и 10-XX. Превышает требования API SG по степени износа клапанных коромысел, по склонности к образованию высокотемпературных отложений, по стабильности к окислению, по моющим и противоизносным свойствам.

Таблица 1.7 – Классификация ССМС для дизельных двигателей грузовых автомобилей

Класс	Описание масла
D1	Для двигателей, выпущенных до 1989 г. Примерно соответствует API CE.
D2	Для двигателей, выпущенных до 1990 г. Примерно соответствует API CE.
D3	Для двигателей, выпущенных до 1990 г. Примерно соответствует API CE.
D4	Примерно соответствует API CE. Усовершенствованы свойства по износостойкости и предотвращению сгущения масла. Для двигателей грузовых автомобилей без наддува и с наддувом.
D5	Легкотекучее низкой вязкости, применяется при тяжелых нагрузках и удлиненных интервалах замены масла в двигателях с турбонаддувом. Для двигателей грузовых автомобилей без наддува и с наддувом при удлиненных интервалах смены масла, SHPD-уровень (Super High Performance Diesel) – сверхвысокие эксплуатационные свойства.

Таблица 1.8 – Классификация ССМС для дизельных двигателей легковых автомобилей

Класс	Описание масла
PD1	Для двигателей, выпущенных до 1989 г. Примерно соответствует API CD и CCMC D2. Применяется в быстро-оборотных европейских двигателях с турбонаддувом и без него. Отличается высоким требованием по качеству.
PD2	Для двигателей, выпущенных до 1990 г. Применяется в мощных двигателях и отличается от PD1 особо жесткими требованиями по качеству. Ужесточены требования по закоксуванию поршневых колец и степени износа коромысел клапанов. Для дизельных двигателей без наддува и с наддувом.

1.2.4 Классификация ACEA

С 1 января 1996 г. введена в действие классификация моторных масел ACEA, которая базируется на европейских методах испытания, а также использует некоторые общепризнанные американские моторные и физико-химические методы испытания по API, SAE и ASTM.

Классификация ACEA заменила еще иногда упоминаемую в документации и описаниях масел отмененную классификацию CCMC и установила новую, более жесткую, по сравнению с CCMC, европейскую классификацию моторных масел по эксплуатационным свойствам.

С 1 марта 1999 г. все новые масла должны соответствовать новым требованиям – требованиям ACEA-98. Имеются три различные ACEA-категории:

- А (для бензиновых двигателей легковых автомобилей);
- В (класс масел для дизельных двигателей малой мощности (Light Duty), устанавливаемых на легковые и грузовые автомобили малой грузоподъемности);
- Е (класс масел для мощных дизельных двигателей (Heavy Duty) тяжелых грузовых автомобилей, автобусов, тракторов и т. п.).

Цифра, стоящая за буквой, отражает уровень качества масла. В каждой группе моторное масло делится на категории (1–5). Чем больше порядковый номер в группе, тем качественнее моторное масло и тем в более тяжелых условиях может работать двигатель. При дальнейшем видоизменении классификации ACEA изменяют код года и этим определяют новый класс, например, А1-96 меняют на А1-98, А3-96 на А3-98 (таблица 1.9).

Таблица 1.9 – Современная классификация моторного масла по ACEA

Класс	Область и условия применения масел
А1-96	Для двигателей, допускающих применение масел с низкой вязкостью в условиях высоких температур и высоких скоростей сдвига. Обладают достаточно высокими противоизносными свойствами. Не допускается применение этих масел для двигателей, требующих скорость сдвига 3,5 мПа•с. Топливосберегающее масло, у которого хорошая термостабильность, минимальное образование отложений.

Класс	Область и условия применения масел
А1-98	Отвечают более высоким требованиям по эксплуатационным параметрам и используются в двигателях, допускающих скорость сдвига более 3,5 мПа•с с удлиненными интервалами замены. Обеспечивают высокую степень энергосбережения, защиту от изнашивания.
А2-96	Универсальные, допускаются к применению в большинстве двигателей при нормальных интервалах замены. Не обеспечивают достаточной степени защиты высокофорсированных двигателей.
А3-96	Универсальные, с высочайшими эксплуатационными свойствами для мощных высокоэффективных двигателей. Допускают удлиненные интервалы замены, круглогодичное использование и применение в тяжелых режимах эксплуатации. Ограничено увеличение вязкости в жестких пределах, обеспечивают чистоту поршней и более высокую производительность двигателя, чем бывшее моторное масло CCMC G5.
А3-98	В дополнение к А3-96 обладает лучшей стойкостью к пенообразованию и высокотемпературному окислению.
В1-96	Для двигателей, допускающих применение масел с низкой вязкостью в условиях высоких температур и высоких скоростей сдвига. Обладают достаточно высокими противоизносными свойствами. Не допускаются к применению в двигателях, требующих скорость сдвига 3,5 мПа•с. Топливосберегающее масло, предотвращающее образование осадков, загущение масла и износ клапанного механизма.
В1-98	По сравнению с В1-96 отвечают более высоким требованиям по приросту вязкости и образованию шлама.
В2-96	Универсальные масла для большинства дизельных двигателей легковых автомобилей и фургонов при нормальных интервалах замены. Не обеспечивают достаточной степени защиты высокофорсированных двигателей. То же, что и В1, плюс улучшенная защита подшипников, более высокая производительность двигателя, чем бывшее моторное масло CCMC PD2.
В2-98	По сравнению с В1-98 отвечают более высоким требованиям по приросту вязкости и образованию шлама.

Продолжение таблицы 1.9

Класс	Область и условия применения масел
В3-96	Обладают высокой стабильностью свойств и предназначены для двигателей с высокой производительностью легковых автомобилей и легких фургонов. Допускают удлиненные интервалы замены и круглогодичное использование, применение в тяжелых режимах эксплуатации. Наилучшим образом подходит для европейских легковых автомобилей и джипов с дизелями.
В3-98	По сравнению с В3-96 отвечают более высоким требованиям по приросту вязкости и образованию шлама.
В4-96	Для двигателей с непосредственным впрыском топлива легковых автомобилей и фургонов.

E1-96	Заменяют масла CCMC D4, но более высокого качества (большая защита от износа). Для мощных двигателей без турбонаддува. Всесезонные. Допускают продление интервала замены для более старых двигателей, хорошая стойкость к термоокислению, минимальное образование шлама, великолепная защита клапанного механизма и зеркала цилиндра от износа.
E2-96	Всесезонные с улучшенными противоизносными свойствами, уменьшают образование нагара и отложений. С удлиненным интервалом замены двигателей грузовых автомобилей с турбонаддувом от 20 до 45 тыс. км. Для тяжелых дизелей, в том числе и с турбонаддувом.
E3-96	Заменяют масла CCMC D5, но более высокого качества (производительность двигателя увеличивается на 20 %). Всесезонные с удлиненным интервалом замены в обычных дизельных двигателях и дизелях с турбонаддувом, для двигателей грузовых автомобилей выпуска 1988 г. Обеспечивают чистоту поршней, уменьшают износ деталей и резерв мощности двигателей, проверяются на совместимость с эластомерными прокладками.
E4-99	Для мощных и быстроходных дизелей Euro 1-3 с турбонаддувом и непосредственным впрыском топлива. Рассчитаны на замену через 80 тыс. км пробега при магистральных режимах или через 45 – 60 тыс. км при отсутствии специального промежуточного фильтра масла.
E5-99	Для мощных и быстроходных двигателей Euro 1-3. Отвечает требованиям европейских и американских производителей автомобилей. Отличается стабильностью свойств, продленным интервалом замены, обеспечивает чистоту двигателя, лучше предохраняет детали от износа.

Требования европейских стандартов к качеству моторных масел являются более строгими, чем американских. В Европе условия эксплуатации и конструкция двигателей отличаются от американских:

- более высокой степенью форсирования и максимальными оборотами;
- меньшей массой двигателей;
- большей удельной мощностью;
- большими допустимыми скоростями передвижения;
- более тяжелыми городскими режимами.

В 2002 г была принята новая классификация моторных масел по ACEA.

В таблице 1.10 современная классификация ACEA представлена в сопоставлении с классификациями моторных масел по API, ILSAC, CCMC. Важно отметить, что речь идет не об идентичности или взаимозаменяемости, а лишь о примерном соответствии классов ACEA и других классификаций.

Таблица 1.10 – Сопоставление классификаций моторных масел

Классификация	Масла для бензиновых двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов, фургон			Масла для дизелей легковых автомобилей, микроавтобусов, фургонов			Масла для дизелей тяжелых грузовиков, автопоездов, коммерческих автомобилей				
	A1-96	A2-96	A3-96	B1-96	B2-96	B3-96	E1-96	E2-96	E3-96	-	-
ACAE 96	A1-96	A2-96	A3-96	B1-96	B2-96	B3-96	E1-96	E2-96	E3-96	-	-

ACAE 98-99	A1-98	A2-98	A3-98	B1-98	B2-98	B3-98	B4-98	E1-96 issue2	E2-96 issue2	E3-96 issue2	E4-99	E5-99
API	-	SH	SJ	-	-	-	-	CD	CD+	CF-4	CG-4	CH-4
CCMC	-	G-4	G-5	-	PD-2	-	-	D-4	D-4+	D-5 SHPD	-	-
ILSAC	GF-1 GF-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1.2.5 Классификация ILSAC

Американская ассоциация производителей автомобилей AAMA и Японская ассоциация производителей автомобилей SAMA совместно создали Международный комитет по стандартизации качества масел для бензиновых двигателей легковых автомобилей и сформулировали единые минимальные требования к моторным маслам для 4-тактных бензиновых двигателей в классификации ILSAC, которая содержит три класса масел, обозначаемых GF-1, GF-2 и GF-3. Они практически идентичны классам API SH, SJ и SL соответственно. Основное отличие состоит в том, что масла классов GF обязательно энергосберегающие (экономия топлива до 6 %) и всесезонные.

Категория ILSAC GF-1 (устарела) соответствовала требованиям качества категории API SH, вязкости SAE 0W-XX, 5W-XX, 10W-XX, где XX – 30, 40, 50, 60.

Категория ILSAC GF-2 – принята в 1996 г., соответствует требованиям качества категории API SJ, вязкости SAE 0W-20, 5W-20.

Категория ILSAC GF-3 – соответствует новой категории API SL.

1.2.6 Классификация MIL

Наряду со спецификациями качества API используются спецификации Военного ведомства США, обозначаемые индексом MIL:

- MIL-L – для смазочных масел;
- MIL-G – для смазочных жидкостей;
- MIL-H – для гидравлических жидкостей.

Спецификация MIL-L принята в США одновременно со спецификацией API. Разделяет моторные масла на две категории: MIL-L-46152 – для бензиновых двигателей и MIL-L-2104 – для дизельных двигателей (примерное соответствие классификации API и MIL-L представлено в таблице 1.11).

Спецификация создана для классификации масел для грузовых автомобилей и другой крупной автотехники.

Таблица 1.11 – Соответствие спецификаций API и MIL-L

	Для дизельных двигателей	
	Класс API	Класс MIL-L

Для бензиновых двигателей		CA	MIL-L-2104A
		CB	MIL-L-2104A und Zusatz 1
Класс API	Класс MIL-L	CC	MIL-L-2104B
SE	MIL-L-46152A	CD	MIL-L-2104C
SF	MIL-L-46152B	CE	MIL-L-2104C
SG	MIL-L-46152C	CF-2	MIL-L-2104D
SH	MIL-L-46152D	CF-4	MIL-L-2104E
SJ	NATO-CODE	CG-4	NATO-CODE

Буквы (в алфавитном порядке), следующие за номером спецификации MIL, указывают на более новую модификацию стандарта:

- MIL-L-46152 – спецификация на моторные масла для бензиновых и дизельных двигателей средней мощности транспортных средств штабов и снабжения Вооруженных Сил;

- MIL-L-2104 – спецификация на моторные масла, чаще всего для дизельных двигателей с наддувом тактических транспортных средств; при необходимости допускается использование в бензиновых двигателях;

- MIL-L-2104A (Supplement 1), употребляется шире, чем MIL-L-2104A; характеризует сезонные (single-grade) масла с большим количеством присадок и предусматривает достаточное качество для работы с топливом, содержащим до 1 % серы;

- MIL-L-2104B – спецификация, характеризующая сезонные и всесезонные масла для двигателей, работающих в режиме «стоп – старт», который присущ большинству военных автомобилей, используемых в мирное время;

- MIL-L-2104C – спецификация характеризует сезонные масла для всех типов двигателей внутреннего сгорания, используемых в военное время, а также для быстроходных дизельных двигателей с наддувом, используемых во всех наземных машинах. Спецификация модифицирована путем введения новых методов испытаний, включая требования вязкости SAE J 300 (Sept 80) при низких температурах и ограничения по степени износа системы клапанов;

- MIL-L-2104D – спецификация реализована в 1983 г., согласована с 2104C и ее дополнениями. Согласно дополнениям проводилось испытание в двухтактном дизельном двигателе, а также определялись показатели трения и износа, на соответствие требованиям трансмиссий «Caterpillar» и «Detroit Diesel Allison». Впервые было включено всесезонное масло SAE 15W-40;

- MIL-L-2104E и F – модификации новой спецификации, которая характеризует смазочные масла с учетом новых требований, включающих оценку степени износа системы клапанов, образования шлама, лака и загущения масла при эксплуатации;

- MIL-PRF-2104G – спецификация, выдвигающая требования к маслам для дизельных двигателей. Требования превышают проходные критерии

класса API CG-4. Введены дополнительные испытания CAT IM-PC, Detroit Diesel 6V92TA, Cat TO-4, в основном характеризующие показатели износа.

Для бензиновых и дизельных двигателей NATO- CODE является высшим классом.

Рассмотренные классификации содержат базовые, фундаментальные требования к моторным маслам, согласованные и принятые ведущими производителями техники. Многие фирмы, однако, пользуются своим правом дополнять базовые требования классификаций собственными требованиями, которые бывают обусловлены спецификой конструкции двигателей, использованием редко применяемых конструкционных материалов и др. Такие дополнительные требования излагаются в фирменных спецификациях моторных масел, а выполнение их проверяется специальными фирменными методами испытаний в двигателях, выпускаемых данной фирмой.

В связи с этим в маркировку входит также "одобрение" заводоизготовителей автомобилей. Оно изображается фирменным знаком или кодом и означает одобрение применения данного масла на автомобилях этого изготовителя.

Маркировка моторного масла для европейского рынка содержит 4 параметра: вязкость (по SAE), эксплуатационные свойства (по API и ACEA), одобрение фирм-изготовителей автомобилей.

1.2.7 Классификация по ГОСТ 17479.1-85

В основу действующего стандарта России 17479.1 - 85 на маркировку автомобильных масел, который применяется и в других странах постсоветского пространства (в том числе и Республике Беларусь), положены эксплуатационные свойства и кинематическая вязкость.

В зависимости от эксплуатационных свойств установлено шесть групп масел по степени форсирования и типу двигателей: А, Б, В, Г, Д и Е. При этом каждая группа масел дополнительно подразделяется на бензиновые (индекс 1) и дизельные (индекс 2). Отсутствие индекса говорит о том, что масло предназначено как для дизельных, так и для бензиновых двигателей (таблица 1.12).

Другим показателем, положенным в основу этой классификации, является вязкость масла в мм²/с или сантистоксах (сСт) при рабочей температуре, принятой за 100 °С и низкой температуре (-18 °С). В результате по вязкости масла делят на три класса: летние, зимние и всесезонные, у которых указываются оба показателя – сначала вязкость при низкой температуре, а затем через дробь – вязкость при рабочей температуре (таблица 1.13).

Таблица 1.12 – Ориентировочное соответствие групп моторных масел

Группа эксплуатационных свойств		Группа API	Рекомендуемая область применения
A SB		SB	Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели.
Б SC/CA	B1	SC	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников.
	B2	CA	Малофорсированные дизели.
B SD/CB	B1	SD	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию отложений всех видов.
	B2	CB	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений.
Г SE/CC	G1	SE	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию отложений всех видов и коррозии.
	G2	CC	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений.
Д CD/SF	D1	SF	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел группы G1.
	D2	CD	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений.
E CF-4/SG	E1	SG	Высокофорсированные бензиновые двигатели и дизели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел групп D1 и D2.
	E2	CF-4	Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами. Для двигателей, работающих на топливе с высоким содержанием серы.

Принято считать, что зимние масла применяют при температуре окружающего воздуха ниже -5°C , летние – выше 20°C . Всесезонные масла работают во всем интервале температур: от отрицательных при пуске двигателя до рабочей.

В необходимых случаях применяют дополнительные индексы: "з" –

масло, содержащее загущающую присадку; "к" – масло для автомобилей КамАЗ; "цл" – для циркуляционных и лубрикаторных систем; "рк" – рабочие-консервационные масла; "20", "30" – значение щелочного числа.

Таблица 1.13 – Классы вязкости моторных масел по ГОСТ 17479-1-85

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм ² /с (сСт), при температуре		Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм ² /с (сСт), при температуре	
	100 °C	-18 °C *		100 °C	-18 °C
3з	3,8	1250	24	21,9–26,1	–
4з	4,1	2600	3з/8	7,0–9,3	1250
5з	5,6	6000	4з/6	5,6–7,0	2600
6з	5,6	10400	4з/8	7,0–9,3	2600
6	5,6–7,0	–	4з/10	9,3–11,5	2600
8	7,0–9,3	–	5з/10	9,3–11,5	6000
10	9,3–11,5	–	5з/12	11,5–15,5	6000
12	11,5–12,5	–	5з/14	12,5–14,5	6000
14	12,5–14,5	–	6з/10	9,3–11,5	10400
16	14,5–16,3	–	6з/14	12,5–14,5	10400
20	16,3–21,9	–	6з/16	14,5–16,3	10400

* Определяется по номограмме до введения в действие стандарта на определение динамической вязкости при температуре ниже 0°C .

Ниже приведен пример обозначения моторного масла:

M-6з/10-G1 – моторное масло, имеющее при температуре -18°C вязкость в пределах 2600–10400 сСт, содержит загущающие присадки и предназначено для применения в качестве зимнего или всесезонного масла; при 100°C имеет вязкость 10 сСт, по эксплуатационным свойствам относится к группе Г и предназначено для высокофорсированных бензиновых двигателей.

В России разработан стандарт «Масла моторные для автомобильной техники. Классификация, обозначение и технические требования». Указанный стандарт не заменяет существующих стандартов России, а дополняет их. Он разделяет масла по вязкостно-температурным свойствам и по группам качества масел. Таких групп семь: четыре (B1, B2, B3 и B4) для масел бензиновых двигателей и три (D1, D2 и D3) для дизельных двигателей. При этом B1 означает, что масло предназначено для двигателей грузовых автомобилей, B2 – легковых автомобилей выпуска до 1996 г., B3 – легковых автомобилей выпуска после 1996 г., B4 – перспективных двигателей с улучшенными экологическими характеристиками. Маркировка D1 означает, что масло предназначено для безнаддувных двигателей грузовых автомобилей, D2 – для двигателей с наддувом и без него, работающих в тяжелых условиях, D3 – для двигателей с наддувом, работающих в тяжелых условиях, и перспективных экологически чистых двигателей.

При обозначении масел перед характеристиками вязкостно-температурных свойств и уровня эксплуатационных свойств (качества) указывается торговая марка завода-изготовителя («Mobil», «Лукойл», «Нафтан» и т. д.). Если масло синтетическое, то наносится соответствующее обозначение.

Для бензиновых двигателей используются в основном масла, относящиеся к классификационным группам В и Г, к дизельным маслам могут относиться масла всех классификационных групп. Характеристики данных масел представлены в таблицах 1.14 и 1.15 [1–3, 5–7, 11–13, 15, 16].

Таблица 1.14 – Характеристика бензиновых масел

Показатель	Марка масла							
	М-8-В ₁	М-8-В	М-12-Г ₁	М-6/10-Г ₁	М-4/6-Г ₁	М-6/10-В	М-6/12-Г ₁	М-4/6-В ₁
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 100 °С при 0 °С	7,5–8,5 1200	9,5–10,5 1200	11,5–12,5 Не норм.	9,5–10,5 1000	Не менее 6 –	9,5–10,5 6000 (–18 °С)	Не менее 12 –	5,5–6,5 –
Индекс вязкости, не менее	90	93	95	125	140	110	115	125
Щелочное число, мг КОН на 1 г масла, не менее	3,4	4,2	8,5	10,5	5,5	5,5	7,5	5,5
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	200	207	220	210	165	190	210	165
Температура застывания, °С, не выше	–25	–25	–20	–32	–42	–40	–30	–42
Зольность сульфатная, %, не более	1,0	0,95	1,3	1,65	–	–	1,3	1,3
Массовая доля механических примесей, %, не более	–	0,015	–	0,015	–	–	0,015	0,02
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	900	900	900	–	–	–	–	–

Таблица 1.15 – Характеристика бензиновых масел

Показатель	Марка масла							
	М-8-В ₂	М-10-В ₂	М-8-Г ₂	М-10-Г ₂	М-8-Г ₂ К	М-10-Г ₂ К	М-8-Дм ₁	М-10-Дм ₁
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 100 °С при 0 °С	7,5–8,5 1200	10,5–11,5 –	7,5–8,5 1200	10,5–11,5 –	7,5–8,5 1200	10,5–11,5 –	8,0–8,5 –	Не менее 1,1 –
Индекс вязкости, не менее	90	85	85	85	95	95	102	90
Щелочное число, мг КОН на 1 г масла, не менее	3,5	3,5	6,0	6,0	6,0	6,0	8,5	8,2
Температура вспышки в открытом тигле, °С, не ниже	200	205	200	205	210	220	195	220
Температура застывания, °С, не выше	–25	–15	–25	–15	–30	–18	–30	–18
Зольность сульфатная, %, не более	–	1,3	1,65	1,65	1,15	1,15	1,5	1,5
Массовая доля механических примесей, %, не более	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,02	0,025

Примерное соответствие российской (ГОСТ 17479.1-85) и SAE классификаций приведено в таблице 1.16.

Таблица 1.16 – Соответствие вязкости по ГОСТ 17479.1-85 и SAE классификаций

Класс SAE	Россия	Назначение	Класс SAE	Россия	Назначение	Класс SAE	Россия	Назначение
0W	–	Зимние	20	6	Летние	5W/20	3з/8	Всесезонные
5W	3з		20	8		10W/20	4з/6	
10W	4з		30	10		10W/20	4з/8	
15W	5з		30	12		10W/30	4з/10	
20W	6з		40	14		15W/30	5з/10	
25W	–		40	16		15W/30	5з/12	
		50	20	20W/30	6з/10			
		60	–	20W/30	6з/12			
				20W/40	6з/14			
				20W/40	6з/16			

1.3 Общая характеристика трансмиссионных масел

Трансмиссионные масла применяются для смазки таких высоконагруженных узлов автомобиля, как коробка передач и ведущий мост, раздаточная коробка, рулевое управление, с целью уменьшения потерь на трение, отвода тепла от зоны контакта, предохранения деталей трансмиссии от коррозии.

Для обеспечения надежной и длительной работы агрегатов трансмиссий смазочные масла должны:

- обладать противозадирными, противоизносными, противопиттинговыми, вязкостно-температурными, антипенными свойствами;

- иметь высокую антиокислительную стабильность;
- не оказывать коррозионного воздействия на детали трансмиссии;
- иметь хорошие защитные свойства при контакте с водой;
- обладать достаточной совместимостью с резиновыми уплотнителями;
- иметь хорошую физическую стабильность в условиях длительного хранения.

Доля трансмиссионных масел в общем объеме смазочных материалов, потребляемых автомобилем за весь срок эксплуатации, всего лишь 0,3–0,5 %, потому что масло необходимо заменять через 60–150 тыс. км пробега (при нерегулярной эксплуатации замена через 3–7 лет независимо от пробега).

Несмотря на то, что трансмиссионные масла используются в более легких условиях, чем моторные, они испытывают высокие нагрузки. Давление в зонах контакта цилиндрических, конических и червячных передач может составлять от 0,5 до 2 ГПа, а гипоидных – до 4 ГПа. Скорость скольжения зубьев относительно друг друга на входе в зацепление изменяется в диапазоне 1,5–25 м/с в зависимости от вида передачи. Рабочая температура масла в агрегатах трансмиссий изменяется от температуры окружающего воздуха до 200 °С, а в точках контакта зубьев – до 300 °С. В результате этого могут происходить усиленный износ, задиры, питтинг (точечное выкрашивание зубьев шестерен) и др.

В основном трансмиссионные масла имеют минеральную (нефтяную) основу. Однако в последнее время появляется все большее количество масел на синтетической и полусинтетической основах. Для придания маслам функциональных и специфических свойств в их основу вводят присадки: противозадирные, защищающие, антикоррозионные и др.

Вязкостно-температурные свойства оказывают большое влияние на КПД агрегатов трансмиссии. Например, при изменении вязкости масла с 5 мм²/с при температуре 100 °С до 30 мм²/с в условиях городского режима движения автомобиля КПД трансмиссии снижается почти на 2 %, кроме того, по мере снижения температуры масла резко возрастает сила сопротивления вращению деталей трансмиссии. Поэтому с точки зрения

снижения трения при трогании автомобиля с места желательно иметь минимальную вязкость. Минимально допустимая вязкость трансмиссионных масел должна обеспечить работу агрегатов трансмиссии без утечек и повышения трения и равна 5 мм²/с. В то же время при работе агрегатов трансмиссии вязкость должна быть достаточной для предотвращения износа при больших контактных нагрузках, что обеспечивает возможность трогания автомобиля без разогрева масла в агрегатах. При самой низкой рабочей температуре максимально допустимая вязкость составляет 300–600 Па•с. Для улучшения вязкостно-температурных свойств к базовым маслам добавляют вязкостные присадки, в качестве которых используют полиизобутилен или полиметакрилат.

Применение масел с оптимальными температурными значениями вязкости снижает гидравлические потери, повышает КПД трансмиссии автомобилей, что обеспечивает меньший расход топлива. В случаях, когда вязкость несколько больше, возможны повреждения деталей сцепления, коробки передач при трогании автомобиля, а при значительном превышении неизбежны поломки деталей и агрегатов.

Иногда при особой необходимости в северных условиях, а иногда и в отдельных случаях зимой, для снижения вязкости трансмиссионных масел их разбавляют дизельным топливом. Благодаря наличию в трансмиссионном масле большого количества противоизносных, противозадирных и других присадок при добавлении в него 20 % дизельного топлива эксплуатационные свойства масла (в том числе и смазывающие) практически не ухудшаются.

Смазочные свойства трансмиссионных масел должны обеспечить долговечную и надежную работу агрегатов трансмиссии при больших нагрузках и скоростях перемещения трущихся поверхностей. Поверхности трения в агрегатах трансмиссии, кроме естественного процесса изнашивания, могут быть повреждены вследствие заклинивания, процесса контактной усталости (питтинга), коррозионно-химического воздействия и т. п. Смазочные свойства трансмиссионных масел зависят как от компонентного состава масел, так и от количества и эффективности добавляемых к маслу антифрикционных, противозадирных и противоизносных присадок.

В качестве присадок добавляют различные органические соединения, содержащие серу, фосфор, азотосодержащие соединения; металлоорганические соединения, содержащие свинец, цинк, алюминий, молибден, вольфрам; сложные соединения, содержащие одновременно несколько активных элементов, например, серу, хлор, фосфор.

Механизм действия присадок заключается в том, что продукты их разложения вступают в реакцию с металлическими поверхностями. В результате реакций образуются пленки, которые покрывают микротрещины на поверхностях трения и предотвращают их дальнейшее образование.

Для оценки смазочных свойств трансмиссионных масел определяют: критическую нагрузку, нагрузку сваривания, показатель износа и индекс задира.

В процессе эксплуатации трансмиссионное масло обводняется за счет конденсации паров воды и попадания ее через неплотные соединения в уплотнениях. С увеличением концентрации воды в трансмиссионном масле ухудшается ряд его свойств, в том числе и противопиттинговые.

Кроме того, вместе с водой могут попадать коррозионно-агрессивные компоненты, в результате возникает электрохимическая коррозия.

Для снижения вредного действия воды, а также защиты поверхностей трения в трансмиссионные масла вводят наряду с противокоррозионными присадками ингибиторы коррозии.

Способность масла исключать (или предотвращать) контакт металла с агрессивной средой принято называть *защитными свойствами*.

В состав трансмиссионных масел входят также антиокислительные, моющие, противокоррозионные, антипенные и другие присадки, механизм действия которых аналогичен механизму их действия в моторных маслах.

Международная классификация по вязкости SAE делит масла на семь классов: четыре зимних и три летних (таблица 1.17). Если масло всесезонное, применяется двойная маркировка, например SAE 80W-90.

Таблица 1.17 – Классификация в соответствии с SAE

Класс вязкости	Минимальная температура достижения динамической вязкости 150 мПа·с, °С	Кинематическая вязкость при 99 °С, мм ² /с	
		не менее	не более
70W	-55	4,2	-
75W	-40	4,2	-
80W	-26	7,0	-
85W	-12	11,0	-
90	-	13,5	24,0
140	-	24,0	41,0
250	-	41,0	-

Классификация API по эксплуатационным свойствам предусматривает деление масел на шесть групп в зависимости от области применения, которая определяется типом зубчатой передачи, удельными контактными нагрузками в зонах зацепления и рабочей температурой (таблица 1.18).

Обозначение трансмиссионных масел в соответствии с ГОСТ 17479.2-85 включает в себя буквы ТМ, цифры, характеризующие принадлежность к группе масел по эксплуатационным свойствам, и цифры, обозначающие класс кинематической вязкости (при температуре 100 °С).

Характеристики классов вязкости трансмиссионных масел приведены в таблице 1.19. Соответствие отечественных и иностранных групп

трансмиссионных масел по эксплуатационным свойствам показано в таблице 1.18.

Физико-химические и эксплуатационные свойства трансмиссионных масел отечественного производства приведены в таблице 1.20 [3, 12, 15, 16].

Таблица 1.18 – Классификация API трансмиссионных масел по уровню эксплуатационных свойств

Группа по API	Группа по ГОСТ	Свойства и область применения масла
GL-1	ТМ-1	Минеральные, без присадок или с антиокислительными и противопенными присадками без противозадирных компонентов. Цилиндрические, червячные и спирально-конические зубчатые передачи, работающие при низких скоростях и нагрузках (0,9–1,6 ГПа и температуре масла в объеме до 90 °С).
GL-2	ТМ-2	Червячные передачи, работающие в условиях GL-1 при низких скоростях и нагрузках (до 2,1 ГПа и температуре масла в объеме до 130 °С), но с более высокими требованиями к антифрикционным свойствам.
GL-3	ТМ-3	С высоким содержанием присадок (противозадирные с умеренной эффективностью). Применяются предпочтительно в ступенчатых коробках передач и рулевых механизмах, в главных передачах и гипоидных передачах с малым смещением. Обычные трансмиссии со спирально-коническими шестернями, работающие в умеренно жестких условиях по скоростям и нагрузкам (до 2,5 ГПа и температуре масла в объеме до 150 °С).
GL-4	ТМ-4	С высоким содержанием присадок (противозадирные с высокой эффективностью). Применяются предпочтительно в ступенчатых коробках передач и рулевых механизмах, в главных передачах и гипоидных передачах с малым смещением. Гипоидные передачи, работающие в условиях высоких скоростей при малых крутящих моментах и малых скоростей при больших крутящих моментах (до 3,0 ГПа и температуре масла в объеме до 150 °С).
GL-5	ТМ-5	Для гипоидных передач с высоким смещением оси, работающих в условиях высоких скоростей при малых крутящих моментах и ударных нагрузках на зубья шестерен. Для самых тяжелых условий эксплуатации с ударной и знакопеременной нагрузкой (выше 3,0 ГПа и температуре масла в объеме до 150 °С). Имеют большое количество серофосфорсодержащей противозадирной присадки.
GL-6	ТМ-6	Гипоидные передачи с увеличенным смещением, работающие в условиях высоких скоростей, больших крутящих моментов и ударных нагрузок. Имеют большее количество серофосфорсодержащей противозадирной присадки, чем масла GL-5.

Таблица 1.19 – Классы вязкости трансмиссионных масел

Класс вязкости (соответствие SAE)	Вязкость кинематическая при 100 °С, мм ² /с	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 мПа·с, °С
9 (75W)	6,00–10,99	–45
12 (80W/85W)	11,00–13,99	–35
18 (90)	14,00–24,99	–18
34 (140)	25,00–41,00	–

Таблица 1.20 – Характеристика трансмиссионных масел

Показатель	Марка масла							
	TM-2-18	TM-3-9	TM-3-18	TM-3-18	TM-5-18	TM-5-12	TM-4-18	TM-4-9
Вязкость кинематическая, мм ² /с: при 100 °С при 50 °С	Не менее 15	Не менее 10	14–16	Не менее 15	Не менее 17,5	Не менее 17,5	Не менее 14	9
	130–140	–	130–140	95–105	110–120	–	95–105	35–40
Индекс вязкости, не менее	80	90	80	90	100	140	90	120
Температура вспышки, °С, не ниже	180	128	180	180	200	–	180	160
Температура застывания, °С, не выше	–18	–40	–20	–25	–25	–40	–50	–20
Эксплуатация при температуре, °С, не ниже	–25	–	–25	–	–30	–	–30	–50
Содержание активных элементов, %:								
кальций	–	–	–	–	–	–	–	–
фосфор	0,06	–	–	–	0,1	0,1	–	–
цинк	0,05	–	–	–	–	–	–	–
хлор	–	–	–	–	–	–	0,5	2,8
сера	–	–	–	1,2–1,9	2,7–3,0	2,4–3,0	–	–
Суммарное	0,11	–	–	1,2–1,9	2,8–3,1	2,5–3,1	0,5	2,8

1.4 Общая характеристика масел для автоматических коробок передач

Масла для автоматических коробок передач являются самыми специфическими продуктами нефтехимии. Это можно объяснить тем, что автоматические коробки передач включают в себя абсолютно разные узлы:

гидротрансформатор, шестеренчатую коробку передач, сложную систему автоматического управления. Это приводит к тому, что масло одновременно смазывает узлы и детали коробки переключения передач, охлаждает детали этих узлов и механизмов, защищает их от коррозии и износа, передает крутящий момент от двигателя к ходовой части автомобиля и обеспечивает фрикционное сцепление.

Средняя рабочая температура масла в картере автоматической коробки составляет 80–95 °С, а в жаркую же погоду при городском цикле движения она может подниматься до 150 °С. Помимо того, конструкция автоматической коробки такова, что если с двигателя снимается мощность большая, чем нужно для преодоления дорожного сопротивления, то ее избыток расходуется на внутреннее трение масла, которое еще больше нагревается. Высокие скорости движения масла в гидротрансформаторе и температура вызывают интенсивную аэрацию, приводящую к вспениванию, что создает благоприятные условия для окисления масла и коррозии металлов.

Разнообразие материалов в парах трения (сталь, бронза, металлокерамика) затрудняет подбор антифрикционных присадок, а также создает электрохимические пары, в которых при наличии кислорода и воды активизируется коррозионный износ. В связи с этим к маслам, применяемым в автоматических коробках передач, предъявляются более высокие требования по вязкости, антифрикционным, антиокислительным, противоизносным и противопенным свойствам, а так как оно передает крутящий момент, то должно обеспечивать высокий КПД трансмиссии.

Для обеспечения нормальной работы гидротрансформатора и осуществления смазки узлов и деталей масла должны иметь оптимальную вязкость, которая при 100 °С должна находиться в пределах 4–9 мм²/с, хотя меняющийся температурный режим работы вносит противоречивые требования по вязкости.

Масла для автоматических коробок передач, являясь разновидностью трансмиссионного масла, не соответствуют требованиям API. В связи с тем, что к ним предъявляются особые требования, крупнейшие производители этих коробок разработали отдельные спецификации для автоматических трансмиссионных жидкостей – ATF (Automatic Transmission Fluids).

Исторически сложилось так, что "законодателем мод" в области стандартов на масла для автоматических трансмиссий являются корпорации "General Motors" (GM) и "Ford". Европейские производители как автомобильной техники, так и трансмиссионных масел не имеют своих собственных спецификаций и руководствуются списками масел, одобренных ими к применению. Аналогичным образом поступают и японские автомобильные концерны. Однако в последнее время кроме требований General Motors и Ford при оценке качества масел для автоматических

коробок передач часто используются заводские спецификации фирм – Chrysler, Mercedes Benz, MAN, Toyota, Allison, Renk, Voith, ZF и др.

В настоящее время действуют следующие спецификации:

1) для коробок передач производства «Дженерал моторс» – Dexron, Dexron II и III и Allison;

2) для коробок передач производства «Форд» – Mercon (V2C 138 CJ или M2C 166H).

Эти спецификации указываются на банках и канистрах, в которых расфасовано масло.

Перепутать масла для автоматических коробок передач с обычными трансмиссионными довольно трудно – первые, как правило, окрашивают в красный цвет. Красным маслом (стандарт ATF) заправляют системы большинства автомобилей российских и мировых производителей.

Внутри этого стандарта – несколько категорий, определяющих качество жидкости. Первый, самый низший уровень, ATF A Suffix A – только минеральные масла. Второй – Dexron II D и Dexron II E – и минеральные, и синтетические. Третий – Dexron III и Dexron III Plus – как правило, «синтетика».

В 1949 г. компания General Motors разработала специальную жидкость для автоматических трансмиссий – ATF-A, которая применялась во всех АКП, выпускаемых в мире. В 1957 г. спецификация была пересмотрена и получала название TYPE A Suffix (ATF TASA). Одним из компонентов при производстве этих жидкостей является продукт животного происхождения, получаемый в результате переработки китов. В связи с возросшими объемами потребления масел и запретом охоты на китов были разработаны ATF полностью на минеральной, а позднее и на синтетической основах. В конце 1967 года General Motors ввело новую спецификацию Dexron V, позднее Dexron II, Dexron III и Dexron IV. Спецификации Dexron III и Dexron IV созданы с учетом требований к маслам для электронно-контролируемого сцепления автотрансформатора. Корпорацией General Motors также разработана и внедрена спецификация Allison C-4 (Allison – отделение General Motors по производству трансмиссий), определяющая требования к маслам, работающим в тяжелых условиях эксплуатации в грузовых автомобилях и внедорожной технике. Долгое время у компании Ford не было собственной ATF-спецификации, и фордовские инженеры использовали стандарт ATF-A. Только в 1959 г. компания разработала и внедрила фирменный стандарт M2C33-A/B. Наибольшее распространение получили жидкости стандарта ESW-M2C33-F(ATF-F). В 1961 г. Ford принял спецификацию M2C33-D, учитывающую новые требования по фрикционным свойствам, а в 80-х годах – спецификацию Mercon. Масла, соответствующие спецификации Mercon, максимально приближаются к маслам Dexron II, Dexron III и совместимы с ними. Основные различия между спецификациями компаний General Motors и Ford – разные

требования к фрикционным характеристикам масел (у General Motors на первом месте плавность переключения передач, а у Ford – скорость их переключения). Развитие данных спецификаций представлено в таблице 1.21.

Масла устаревших спецификаций до сих пор используются во многих европейских автомобилях, причем очень часто в качестве масел для механических коробок передач.

Большую часть требований современного парка АКПП для легковых автомобилей выполняют масла класса Dexron III. Масла этого класса совместимы между собой и зачастую применяются и в гидроусилителях руля. Кроме того, они применимы и в большинстве случаев, когда производитель АКПП требует применения жидкости Dexron II. Однако случается и такое, когда производитель АКПП требует только специальное масло либо только определенную жидкость и никакую другую (например, Dexron II-D), что указывается в сервисной книжке на автомобиль.

Таблица 1.21 – Развитие спецификаций масел

Компания General Motors		Компания Ford	
Год введения	Наименование спецификации	Год введения	Наименование спецификации
1940	TYPE A	1959	M2C33-B
1957	ATF TASA	1961	M2C33-D
1967	Dexron B	1967	M2C33-F
1973	Dexron II C	1972	SQM-2C9007A
1981	Dexron II D	1975	TYPE CJ
1991	Dexron II E	1987	TYPE M
1994	Dexron III	1987	Mercon
1999	Dexron IV	1998	Mercon V

В автоматических трансмиссиях большинством производителей современных автомобилей рекомендованы масла, отвечающие требованиям спецификаций Dexron II, Dexron III и Mercon, которые, как правило, взаимозаменяемы и совместимы. Масла, отвечающие требованиям последних спецификаций, например Dexron III, могут быть использованы для доливки или замены в механизмах, где ранее применялись масла, соответствующие спецификации Dexron II, а в некоторых случаях и ATF-A. Обратная замена масел не допустима. Характеристики данных масел представлены в таблице 1.22.

Таблица 1.22 – Типичные характеристики масел для АКП

Свойства	Dexron II	Dexron III	Allison C-4	Mercon
Кинематическая вязкость, мм ² /с, не менее:				
при 40 °С	37,7	Не нормир.	Не нормир.	–
при 100 °С	8,1	–	–	–
Температура вспышки, °С, не ниже	190	179	160	177
Температура воспламенения, °С, не выше	190	185	175	–

Коррозия медной пластины, баллы, не более	1	1	Отсутствие потемнения отслаиванием	1
Защита от ржавления	Отсутствие видимого ржавления на испытываемых поверхностях			
Испытания на износ (80 °С; 6,9 МПа): потеря массы, мг, не более	15	15	–	10

Для обеспечения качественных показателей масел и увеличения срока службы в их состав вводят соответствующие присадки.

Основные физико-химические и эксплуатационные свойства масел отечественного производства, используемых в гидромеханических передачах, представлены в таблице 1.23 [15–17].

Таблица 1.23 – Характеристика отечественных масел

Показатель	Марка масла (ОСТ 38.01434-87)	
	А (для гидромеханических и автоматических коробок передач)	Р (для гидроусилителя руля и гидрообъемных передач)
Вязкость кинематическая, мм ² /с, при температуре		
100 °С	7,8	3,8
50 °С	20–30	12–14
Температура вспышки, °С, не ниже	175	163
Температура застывания, °С, не выше	–40	–45
Эксплуатация при температуре, °С, не ниже	–30	–40
Содержание активных элементов, %:		
кальций	0,15–0,18	0,15–0,18
фосфор	–	–
цинк	0,08–0,11	0,08–0,11
хлор	–	–
сера	–	–
Суммарное	0,23–0,29	0,23–0,29
Класс вязкости по SAE	75W	–
Группа свойств по API	GL-2	GL-2

В состав масла марки А входят нефтяная основа селективной очистки и загуститель. Масло марки Р готовят на базе веретенного масла АУ, без загустителя и депрессорной присадки.

1.5 Определение качества масел

В автохозяйствах чаще возникает потребность в определении качества не свежего, а работавшего масла. К простейшим способам, не требующим лабораторных условий, относится способ определения содержания в масле

нерастворимых и растворимых примесей по масляному пятну. Для этого нужно иметь фильтровальную бумагу и глазную пипетку.

На белую фильтровальную бумагу наносится капля масла, которая, растекаясь, образует пятно. В отличие от пятна капли свежего масла пятно отработавшего масла имеет цвет темнее и не сплошное, а состоит из ядра и пояска. В ядре собираются нерастворимые в масле частицы (механические примеси), поэтому оно имеет более темный цвет, чем поясок. Чем ядро темнее, тем больше содержание механических примесей.

Растворимые примеси (органические кислоты, смолы и др.) распределяются по всему пятну и также в зависимости от их количества придают разную окраску пояску, поэтому о степени окисления масла судят по цвету пояска.

Масляное пятно со временем меняет свой цвет, поэтому делать по нему заключение необходимо сразу после того, как капля расплывется.

Рекомендуют оценивать качество масла по пятну его капли следующим образом. Если ядро имеет черный цвет (как капля туши на обычной бумаге) и его цвет не становится светлее после замены фильтра, то такое масло содержит большое количество механических примесей и его нужно менять. Масло с цветом ядра от светло-коричневого до темно-серого пригодно для дальнейшей эксплуатации.

Если поясок имеет коричневый или темно-коричневый цвет, то масло нужно менять, так как оно слишком окислилось. Масло с таким же цветом пояска, как у свежего, т. е. от белого до светло-желтого, а также со светло-коричневым пояском пригодно для дальнейшего использования.

По отношению диаметра всего пятна к диаметру ядра можно судить о моющей способности масла. Масла без моющих присадок имеют это отношение 3 и более, а самая высокая моющая способность у масел, имеющих отношение диаметров, равное 1, т.е. пятно не имеет ядра.

С известной условностью о загрязненности масла примесями можно судить по меткам на конце маслоуказателя. Для этого из картера прогретого двигателя быстро вынимают маслоуказатель и рассматривают на нем метки, покрытые слоем масла. Если метки хорошо видны, то на таком масле можно продолжать работу. Если же метки не видны, а фильтры исправны, то масло нужно менять.

Вода в масле может быть обнаружена отстаиванием в течение 2–3 ч залитого в прозрачную посуду прогретого масла, по пузырькам водной эмульсии при сливе масла и нагревании масла в пробирке до 100–105 °С. В последнем случае при наличии влаги масло будет вспениваться. Кроме того, пары воды, охлаждаясь, будут осаждаться мельчайшими капельками на холодных стенках верхней части пробирки.

Представление о количестве образовавшихся в двигателе осадков и необходимости промывки картера можно получить по их наличию на стенках клапанной коробки.

Качество свежих масел, поступающих в автохозяйство, контролируется, прежде всего, по паспорту. На основании данных последнего можно установить соответствие показателей физико-химических свойств масла, предусмотренных стандартом или техническими условиями.

Различить масла разных марок по таким их внешним признакам, как цвет и запах, – задача трудная, так как эти признаки не являются достаточно характерными. Поэтому необходимо внимательно следить, чтобы на таре были бы четко нанесены наименования хранящихся в ней масел.

Следует отметить, что трансмиссионные масла имеют черный цвет, кроме гиппоидного, имеющего коричневую окраску.

Масла для двигателей, как правило, более светлые и их цвет в проходящем свете бывает от светлого до темно-коричневого [2–6].

Контрольные вопросы

1 Какие свойства смазочных материалов обеспечивают надежную работу механизмов?

2 Какие зоны при работе двигателя можно выделить и что происходит с маслом в данных зонах?

3 Какие системы классифицируют моторные масла и по каким признакам?

4 Какие марки моторных масел выпускают для бензиновых и дизельных двигателей?

5 Какими свойствами должны обладать трансмиссионные масла и чем они отличаются от моторных?

6 Дайте характеристику маслам, применяемым в автоматических коробках передач.

7 Какие марки масел выпускают для трансмиссий автомобилей?

2 ПЛАСТИЧНЫЕ СМАЗКИ

Пластичные (консистентные) смазки являются основным эксплуатационным материалом как при изготовлении автомобиля, так и при его техническом обслуживании. Это вызвано тем, что число механизмов, узлов и деталей смазываемых пластичными смазками (ступицы колес, подшипники, точки смазки шасси, рулевого управления, генераторы, системы зажигания, серводвигатели, кузова и др.), значительно больше, чем смазываемых маслами (двигатель, коробка передач, задний мост, картер руля). Таким образом, их применяют в узлах автомобиля, где трудно создать герметичность для жидкого масла и трудно защитить поверхности деталей от проникновения влаги, пыли и грязи.

Пластичные смазки по своим свойствам занимают промежуточное положение между маслами и твердыми смазками, т. е. они сочетают в себе свойства твердого тела и жидкости (при увеличении нагрузки или под действием температуры смазки деформируются и начинают течь, как обычные смазочные масла, но этот процесс является обратимым, т. е. после

снятия нагрузки течение смазки прекращается и она вновь приобретает свойства твердого тела). Данные процессы обусловлены условиями работы пластичных смазок:

- открытые и негерметизированные узлы трения;
- узлы трения, где невозможна частая смена смазочных материалов, причем узлы трения труднодоступны;
- переменный скоростной режим эксплуатации автомобилей;
- резко изменяющийся температурный режим;
- вынужденный контакт узла трения (или поверхности) с влагой, пылью либо агрессивными средствами;
- герметизация подвижных уплотнений, сальников и резьбовых соединений;
- консервация автотранспортной техники и оборудования.

Исходя их назначения и условий работы пластичных смазок вытекает ряд предъявляемых к ним требований:

- разделять трущиеся детали прочной смазочной пленкой для уменьшения износов и потерь на трение;
- удерживаться в узлах трения, не вытекая из них;
- защищать трущиеся детали от попадания пыли, влаги и грязи;
- не вызывать коррозионного износа деталей;
- легко прокачиваться по смазочным каналам, не требуя для этого слишком больших давлений;
- не изменять длительное время своих свойств в процессе работы и хранения;
- обладать экономичностью и не дефицитностью.

2.1 Производство пластичных смазок.

Характеристика эксплуатационных качеств

Производство пластичных смазок существенно отличается от производства жидких масел и в основном сводится к смешиванию (варке) в определенных пропорциях входящих в них трех основных компонентов: базовой основы, загустителя и присадок. Состав пластичных смазок представлен на рисунке 2.1.

Для получения автомобильных пластичных смазок в качестве базовой основы используют главным образом обычное нефтяное (минеральное) мало- и средневязкое масло, а именно: индустриальное (ГОСТ 20799-88), трансформаторное (ГОСТ 982-80) и веретенное марки АУ (ТУ 38.1011232-89) в количестве 75–90 %. Но в последнее время расширяется использование синтетических масел в связи с ужесточением требований к сопротивлению старению, вязкостно-температурным характеристикам, применению в условиях низких температур.

Загустители используются в качестве связующего вещества для масляной основы, т. е. они связывают масло в коллоидно-губчатую структуру (образуют структурный каркас) посредством окклюзии и молекулярных сил сцепления Ван-дер-Ваальса, а их количество составляет 5–30 %. Обычно в качестве загустителя выступает кальциевое, натриевое или литиевое мыло.

Присадки к пластичным смазкам предназначены для улучшения физических характеристик и химических свойств смазок (консервационных, противоизносных, химической стабильности и т. д.) и их вводят в количестве 0,001–5 %. Применяются, как правило, те же присадки, что и в производстве масел. Кроме того, вводится незначительное количество наполнителей (1–20 %) и стабилизаторов (0,1–1 %), что характерно только для отдельных видов смазок.

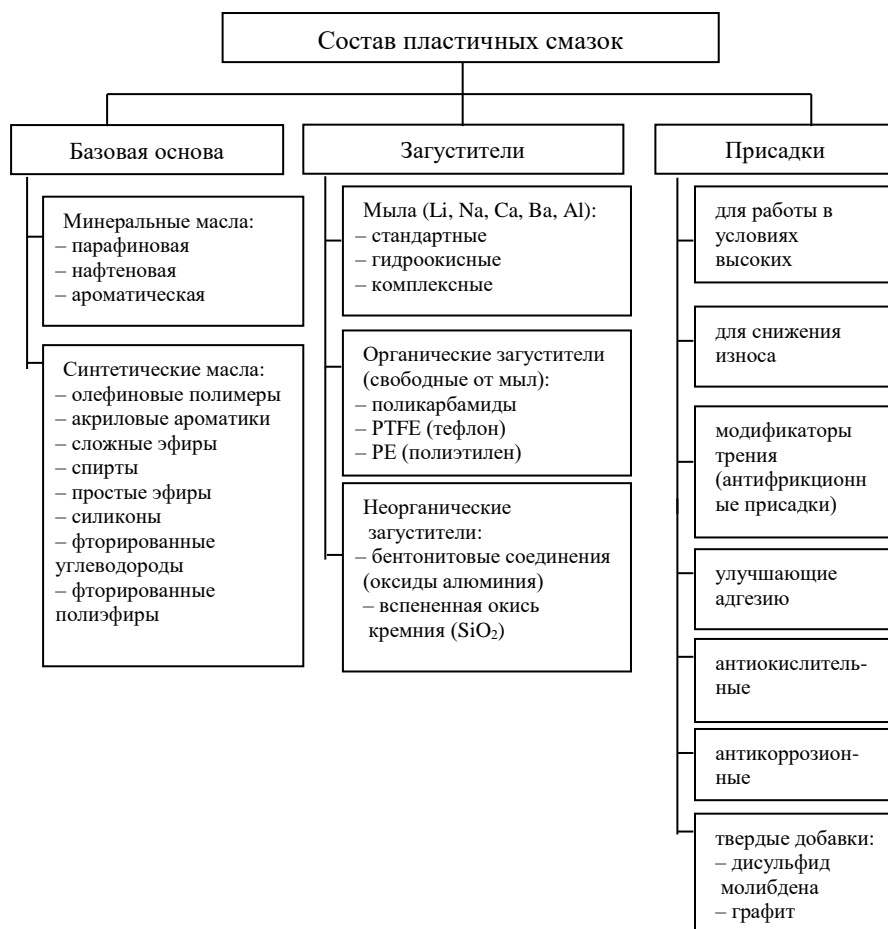


Рисунок 2.1 – Состав пластичных смазок

Наполнители служат для улучшения антифрикционных и герметизирующих свойств. Как правило, это вещества неорганического происхождения: дисульфид молибдена, графит, слюда и т. д.

Стабилизаторы необходимы для формирования более прочной и эластичной структуры смазки. В качестве их выступают кислоты, спирты, т. е. поверхностно активные вещества.

Таким образом, базовая основа влияет на смазывающие свойства смазки, а от вида загустителя зависят эксплуатационные свойства.

Основные эксплуатационные свойства определяются типом загустителя, поэтому смазки классифицируют по типу используемого загустителя и функциональному назначению. В зависимости от типа загустителя выделяют четыре основные группы смазок: мыльные, углеводородные, неорганические и органические.

Наибольшее распространение получили мыльные смазки (80 % от объема выпуска всех смазок), загущенные солями жирных кислот. При производстве смазок мыла получают нейтрализацией высших жирных кислот гидроксидами металлов (щелочами). В частности, наиболее распространены кальциевые, литиевые, натриевые, бариевые и алюминиевые смазки (используют около 10 различных мыл, а также их смеси), загущенные мылами соответствующих металлов. При этом мыльные смазки, полученные на синтетических жирных кислотах, называют синтетическими, а на натуральных жирах – жировыми. Так различают солидолы – синтетические и жировые.

Углеводородные смазки – для их получения в качестве загустителя используют твердые углеводороды: парафин и битум, содержащиеся в нефти.

Неорганические смазки – для их получения в качестве загустителя используют продукты неорганического происхождения: силикагель, бентонитовые глины и технический углерод.

Органические смазки – для их получения в качестве загустителя используют сажу, полимочевину, полимеры и др.

В соответствии с ГОСТ 23258-78 по функциональному назначению различают следующие группы смазок: *антифрикционные*, снижающие трение и износ в узлах и механизмах; *консервационные* (защитные), защищающие металлические изделия от коррозии при хранении, транспортировании и эксплуатации (их применяют для металлических изделий и механизмов всех видов, за исключением случаев, требующих использования консервационных масел или твердых покрытий); *уплотнительные*, герметизирующие зазоры в узлах и механизмах, облегчающие сборку и разборку арматуры, сальниковых устройств, резьбовых соединений и любых подвижных соединений, в том числе

вакуумных систем; *канатные*, применяемые для смазки стальных канатов и тросов.

Каждая группа пластичной смазки подразделяется на подгруппы с присвоением соответствующего индекса.

Классификация пластичных смазок и область их применения представлена в таблице 2.1.

В классификационном обозначении смазок указывают:

- тип загустителя (обозначают первыми двумя буквами входящего в состав мыла металла: Ка – кальциевое; На – натриевое; Ли – литиевое и т. д.);
- рекомендуемый температурный диапазон применения (указывается через дробь: в числителе – уменьшенная в 10 раз без знака минус минимальная температура применения, в знаменателе – уменьшенная в 10 раз максимальная температура применения);
- дисперсионную среду (тип жидкого масла и присутствие твердых добавок обозначают строчными буквами: у – синтетические углеводороды; к – кремнийорганические жидкости; г – добавка графита; д – добавка дисульфида молибдена. Смазки на нефтяной основе индекса не имеют);
- консистенцию (густоту) смазки (обозначают условным числом – таблица 2.2, причем пластичные смазки для легковых автомобилей относятся как правило ко 2 классу).

За рубежом фирмы-производители смазок маркируют их произвольно из-за отсутствия единой для всех классификации смазок по эксплуатационным показателям, с учетом классификации по консистенции NLGI, которая была разработана Национальным институтом смазочных материалов США и соответствует европейскому стандарту на смазки DIN 51 818.

Так, классификационное обозначение смазки Литол-24 – МЛи 4/13-3 следует расшифровать следующим образом: М – многоцелевая антифрикционная; Ли – загущена литиевыми мылами; 4/13 – работоспособна в интервале от –40 до 130 °С; отсутствие индекса дисперсионной среды – приготовлена на нефтяном масле; 3 – условная группа густоты смазки [1, 3, 7, 12, 16].

Самыми распространенными смазками общего назначения являются солидолы, достоинствами которых являются водостойкость, высокие защитные от коррозии и противозадирные свойства, а недостатками – низкая температура плавления и плохая механическая стабильность.

Достаточно широко в грубых механизмах – рессорах автомобилей, зубчатых передачах лебедок – применяется графитная смазка, т. е. солидолы, в состав которых введено 5–15 % графита.

Многоцелевые смазки иногда называют универсальными. Их можно применять во всех основных узлах трения разнообразных механизмов. Эти смазки водостойки и работоспособны в широком интервале скоростей, температур и нагрузок. Однако они непригодны для замены антифрикционных смазок всех типов.

Термостойкие смазки имеют максимальную температуру работоспособности от 150 до 250 °С и выше в течение 10–100 часов. При таких температурах работает ограниченное число механизмов, поэтому термостойкие смазки вырабатывают в небольших количествах. Изготавливают их из дефицитных синтетических масел с добавлением специальных загустителей.

Низкотемпературные смазки, предназначенные для использования при температурах до –50 °С, а в некоторых механизмах и при более низких температурах, изготавливают на литиевых мылах и твердых углеводородах.

Канатные смазки служат для предотвращения трения между отдельными проволоками и прядями стальных канатов. Все канатные смазки характеризуются хорошей влагостойкостью, высокой адгезией к металлам и отличными консервационными свойствами.

Автомобильные смазки применяют в основных узлах трения автомобилей (ступиц колес, подвеске, рулевом управлении и др.).

Таблица 2.1 – Классификация пластичных смазок в соответствии с ГОСТ 23258-78

Подгруппа	Индекс	Область применения
<i>Антифрикционные</i>		
Общего назначения для обычных температур	С	Узлы трения с рабочей температурой до 70 °С
Общего назначения для повышенных температур	О	Узлы трения с рабочей температурой до 110 °С
Многоцелевые	М	Узлы трения с рабочей температурой –30...+130 °С в условиях повышенной влажности среды; в достаточно мощных механизмах сохраняют работоспособность до –40 °С
Термостойкие	Ж	Узлы трения с рабочей температурой ≥150 °С
Морозостойкие	Н	Узлы трения с рабочей температурой ≤–40 °С
Противозадирные и противозносные	И	Подшипники качения при контактных напряжениях более 250 кПа и подшипники скольжения при удельных нагрузках ≥15 кПа
Химически стойкие	Х	Узлы трения, имеющие контакт с агрессивными средами
Приборные	П	Узлы трения приборов и точных механизмов
Редукторные	Т	Зубчатые и винтовые передачи всех видов
Прирабочные пасты	Д	Сопряжение поверхности с целью облегчения сборки, предотвращения задиров и ускорения приработки

Узкоспециализированные (отраслевые)	У	Узлы трения, смазки для которых должны удовлетворять дополнительным требованиям, не предусмотренным в вышеперечисленных подгруппах (прокачиваемость, эмульгируемость, искрогашение и т.д.)
Брикетные	Б	Узлы и поверхности скольжения с устройствами для использования смазки в виде брикетов
<i>Консервационные</i>		
Консервационные	З	Металлические изделия и механизмы всех видов, за исключением стальных канатов и случаев, требующих использования консервационных масел или твердых покрытий
<i>Уплотнительные</i>		
Арматурные	А	Запорная арматура и сальниковые устройства
Резьбовые	Р	Резьбовые соединения
Вакуумные	В	Подвижные и разъемные соединения и уплотнения вакуумных систем
<i>Канатные</i>		
Канатные	К	Стальные канаты, органические сердечники канатов

Таблица 2.2 – Разделение пластичных смазок по классам

Пенетрация при 25 °С DIN ISO 2137, в десятых долях миллиметра	Индекс класса консистенции по системе NLGI	Визуальная оценка консистенции
445–475	000	Очень мягкая, аналогичная очень вязкому маслу
400–430	00	Очень мягкая, аналогичная очень вязкому маслу
355–385	0	Мягкая
310–340	1	Мягкая
265–295	2	Вазелинообразная
220–250	3	Почти твердая
175–205	4	Твердая
130–160	5	Твердая
85–115	6	Очень твердая, мылообразная

Основными физико-химическими свойствами пластичных смазок, определяющими их эксплуатационные качества, являются: вязкость (пенетрация), предел прочности, температура каплепадения, водостойкость, коллоидная и механическая стабильность. При этом все показатели физико-химических свойств пластичных смазок с некоторой условностью можно разделить на две группы.

К первой группе показателей, характеризующих прокачиваемость, температурные условия применения смазки, смазывающие и защитные ее свойства, относятся: пенетрация, температура каплепадения, эффективная вязкость, предел прочности, коллоидная стабильность.

Ко второй группе, характеризующей предельное содержание примесей, относятся: содержание щелочей, кислот, механических примесей, воды, золы.

Характеристики антифрикционных пластичных смазок приведены в таблице 2.3.

Пенетрация характеризует густоту (консистентность) смазки и выражается в градусах, соответствующих числу десятых долей миллиметра глубины погружения в смазку конуса иглы под действием собственного веса (150 г) за 5 с при температуре +25 °С. Для определения пенетрации используется пенетрометр.

Температура каплепадения – это температура, при которой упадет первая капля смазки, помещенной в капсюле специального прибора, нагреваемого в стандартных условиях.

Температура каплепадения позволяет установить, при какой температуре смазка расплавляется и превращается в жидкость, теряя свои смазывающие свойства. Для надежной смазки рабочая температура механизма должна быть на 10–20 °С меньше температуры каплепадения смазки. Смазка с низкой температурой каплепадения не будет удерживаться в механизме и ее придется часто пополнять, а смазка с чрезмерно высокой температурой каплепадения вызовет усиленный нагрев трущихся деталей.

Таблица 2.3 – Характеристика антифрикционных

Вязкость при 0 °С и скорости деформации 10 с ⁻¹ . Па·с, не более	Коллоидная стабильность, %, не более	Температурный предел работоспособности, °С	Возможные заменители	Смазки общего назначения		Для повышенных температур						
				Солидол Ж, Литол-24, Зимол	Солидол С и 10 % графита	Литол-24, Зимол	Литол-24	Литол-24	Литол-24, Зимол	Литол-24		
200	1–5	-20...+65										
250	7–13	-25...+65										
150–400	0,5–4,0	-20...+60										
600	10–20	-25...+90										
250–500	8–20	-20...+120										
250–500	–	-20...+120										
2000	2–5	-30...+100										
300–600	10–15	-20...+120										

Продолжение таблицы 2.3

Вязкость при 0 °С и скорости деформации 10 с ⁻¹ , Па·с, не более	Коллоидная стабильность, %, не более	Температурный предел работоспособности, °С	Возможные заменители
≤400	8–15	-40...+120	Литол-24, Фиол-2У, Фиол-2М
<i>Многоцелевые</i>			
≤280	15–20	-40...+130	Фиол-3, Зимол
≤200	15–20	-40...+120	Литол-24, Фиол-2
≤250	10–15	-40...+120	Литол-24, Фиол-2М
≤250	10–15	-40...+130	Фиол-2У
≤150	7–11	-40...+130	Литол-24, Смазка №158
≤280	8–12	-40...+130	Литол-24
≤280	10–15	-40...+140	Литол-24, ШРБ-4

Товарное наименование	Цвет	Температура каплепадения, °С, не менее	Пенетрация при 25 °С, 10 ⁻⁴ мм	Предел прочности при 20 °С, Па, не менее
Солидол С	От светло-желтого до темно-коричневого	85–105	250–310	300–700
Солидол Ж		75–87	250–310	300–600
Смазка графитовая УссА	Черный с серебристым отливом	77–90	250–270	300–700
<i>Смазки</i>				
Смазка 1-13, жировая	От светло- до темно-желтого	≥130	250–290	500–1000
Консталин-1	От желтого до светло-коричневого	≥130	225–275	150–300
Косталин-2	От желтого до светло-коричневого	≥150	175–225	–
Автомобильная, ЯНЗ-2	Коричневый или желтый	160–170	250	170
Смазка АМ-карданная	Светло- или темно-коричневый	130–150	220–270	500–700

4–10	-40...+130	Литол-24, ЛСЦ-15
<i>Термостойкие</i>		
5–12	-60...+120	Лита, Зимол
–	-60...+150	–
<i>Морозостойкие</i>		
16–30	-60...+90	Лита, Зимол, ЦИАТИМ-203
7–12	-50...+100	Литол-24, ЦИАТИМ-203
16–20	-40...+130	–

Товарное наименование	Цвет	Температура каплепадения, °С, не менее	Пенетрация при 25 °С, 10 ⁻⁴ мм	Предел прочности при 20 °С, Па, не менее
Смазка №158	Синий	140–160	305	150–500
<i>Литолы</i>				
Литол-24	Коричневый	185–195	240–265	500–1000
Фиол-1	От светло- до темно-коричневого	185–200	310–340	250
Фиол-2	Коричневый	188–220	265–295	300
Фиол-2М	Серебристо-черный	180–195	265–295	300
Фиол-2У	Серебристо-черный	185–195	265–295	300
Фиол-3	Зеленый	190–200	220–260	300
Смазка ЛСЦ-15	Светло-желтый	185–200	250–280	500

Смазка ШРБ-4	Темно-коричневый	185–240	265–295	200	80–160
Униол-3	Серебристо-черный	220–260	290–320	500	70–90
ЦИАТИМ-221	Белый или светло-серый	200–220	280–360	250–450	80–200
ЦИАТИМ-201	Желтый или светло-коричневый	175–190	290–320	350–500	80–170
Лита	От светло- до темно-коричневого	185–200	220–250	550–750	160–350
Зимол	Коричневый	190–200	240–290	300–1000	100–260

Таким образом, по температуре каплепадения смазки разделяют на низкоплавкие – Н (температура каплепадения до 65 °С), среднеплавкие – С (65–100 °С) и тугоплавкие – Т (свыше 100 °С).

Эффективная вязкость – это вязкость смазки, соответствующая истинной вязкости такой ньютоновской жидкости, которая при заданном напряжении сдвига имеет ту же среднюю скорость деформации (средний градиент скорости). Эффективная вязкость характеризует прокачиваемость пластических смазок по шлангам и трубкам к узлам трения под определенным давлением, зависящим от размеров шлангов и трубок, и минимальную температуру, при которой смазка способна прокачиваться. Эффективная вязкость характеризует также пусковые свойства механизмов. Ее определяют автоматическими капиллярными вискозиметрами АКВ (смазка при помощи пружины продавливается с переменной скоростью

через капилляр), при этом в условиях минимальной рабочей температуры и скорости деформации 10 с^{-1} она не должна превышать $(15–20) \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Предел прочности (предельное напряжение сдвига) показывает, какое минимальное усилие надо приложить к смазке, чтобы при определенной температуре изменить ее форму и сдвинуть один слой смазки относительно другого. Тем самым он характеризует способность смазки удерживаться на негерметизированных поверхностях трения и невозможность ее сползания с вертикальных поверхностей. Предел прочности смазок определяют пластометром. Предел прочности нормируется при 20 °С и составляет 300–1500 Па. В случае превышения напряжения сдвига предела прочности пластичная смазка начинает течь.

Стабильность смазок определяет их работоспособность в узлах трения при эксплуатации автомобилей, удобство заправки и надежность прокачиваемости при проведении технического обслуживания автомобилей, а также неизменность первоначальных свойств при длительном хранении и воздействии окружающей среды.

Определение механической стабильности смазок основано на свойстве их разрушения в ротационном приборе – тиксометре, т. е. механическая стабильность характеризует тиксотропные свойства – способность смазок практически мгновенно восстанавливать свою структуру после выхода ее из зоны непосредственного контакта трущихся деталей. Ее оценка проводится по специальным коэффициентам: K_p – индекс разрушения, K_v – индекс тиксотропного восстановления.

Коллоидная стабильность характеризует способность пластичной смазки сопротивляться выделению из нее масла. Она оценивается количеством масла, % по массе, перешедшего из смазки к слою фильтровальной бумаги под действием постоянного груза или сжатого воздуха. Интенсивность выделения масла из смазки возрастает при повышении температуры, под воздействием центробежных сил и т. д.

Сильное выделение масла, а тем более распад смазки недопустимы.

Химическая стабильность характеризует стойкость смазок против окисления. С понижением химической стабильности в смазках образуются и накапливаются кислородсодержащие поверхностно активные вещества (ПАВ), увеличивается концентрация кислот, альдегидов, эфиров и гидроокислородсодержащих соединений (спиртов), что приводит к ухудшению антикоррозионных и защитных свойств смазок. Оценка химической стабильности основана на определении кислотного числа. Для этого смазку толщиной слоя 1 мм окисляют на медной пластине при температуре 120 °С.

Термическая стабильность (термоупрочнение) смазок характеризует их способность не упрочняться при кратковременном воздействии высоких температур. Термоупрочнение затрудняет поступление смазки к узлу трения, ухудшает ее адгезионные свойства (способность прилипания к поверхности).

Склонность смазки к термоупрочнению определяют на приборе – прочномере СК путем измерения ее пределов прочности до и после выдержки при повышенных температурах.

Микробиологическая и радиационная стабильность характеризуют изменение свойств смазок под воздействием микроорганизмов (грибков, бактерий) и излучений высоких энергий (γ -лучи, α -и β -частицы). Для повышения микробиологической стойкости вводят антисептики (бензойную и силициловую кислоты и т.п.).

Испытание на коррозию металлических пластинок характеризует коррозионность пластичных смазок вследствие наличия свободных (не омыленных) органических кислот или щелочей и продуктов окисления смазки. Для испытания в смазку, подогретую до 100 °С, погружают на 3 часа отшлифованные и обезжиренные медные и стальные пластинки. Смазка считается выдержавшей испытания, если после промывки на медных пластинках не обнаруживается зелени, побежалости или оттенков какого-либо цвета, а на стальных пластинках нет точек коррозии.

Содержание свободных органических кислот в смазках не допускается, а содержание свободных щелочей жестко ограничивается. Они вызывают коррозию деталей, а также ухудшают коллоидную стабильность, предел прочности. Определение содержания свободных органических кислот и щелочей производится путем титрования растворов смазки соляной кислоты (при определении щелочей) или едким калием (при определении кислот).

Содержание механических примесей, вызывающих усиленный износ деталей в пластических смазках, недопустимо. Механические примеси нельзя удалить из смазки путем отстоя или фильтрации, как это делается при очистке жидких масел или топлив.

Содержание воды в пластичных смазках сказывается различно в зависимости от типа смазки. Смазки на немых загустителях разрушаются водой, и поэтому ее присутствие не допускается. В натриевых и кальциево-натриевых смазках допускается ограниченное содержание воды. В кальциевых смазках вода входит в их структуру, она служит стабилизатором, без нее смазка распадается на масло и кальциевое мыло, но количественное содержание воды должно быть ограничено 1,5–3,0 %. Содержание воды в смазке определяется аналогично определению воды в масле и топливе, а растворимость смазок определяют только качественно по изменению внешнего вида комка смазки в холодной (при 20 °С в течение 24 ч) и кипящей (в течение 1 ч) воде. Если температура плавления смазки ниже 100 °С, то испытания в кипящей воде не проводят.

Рекомендуемые зоны применения пластичных смазок представлены в таблице 2.4, а совместимость с зарубежными аналогами – в таблице 2.5.

Таблица 2.4 – Применение пластичных смазок в узлах автомобилей

Наименование узла трения	Смазка
--------------------------	--------

Регулируемые подшипники ступицы, нерегулируемые подшипники полуоси	Литол-24, ЛСЦ-15, Зимол, Лита
Подшипники промежуточной опоры карданного вала	Литол-24, ЛСЦ-15
Игольчатые подшипники карданных шарниров	Фиол-2У, ШРУС-4, №158
Шарниры равных угловых скоростей	ШРУС-4
Шарниры подвески и рулевого управления, имеющие пресс-масленки	ШРБ-4, ШРУС-4, Литол-24
Герметизированные разборные и неразборные шарниры подвески	ШРБ-4
Шлицевые соединения	ЛСЦ-15, Литол-24
Шарниры и оси привода педалей газа, выключения сцепления	ЛСЦ-15
Герметизированные шарниры рулевого управления	ЛСЦ-15
Шарниры подвески и рулевого управления легковых автомобилей ГАЗ	Фиол-2У
Рессоры	Графитная, Лимол, ВНИИ НП-242
Оси, валики, подшипники скольжения, петли, тросы в оболочках	ЛСЦ-15, Литол-24, ЦИАТИМ-201
Подшипники генератора, стартера, оси октан-корректора распределителя зажигания	Фиол-2М, Литол-24, Зимол, №158, ЦИАТИМ-201
Гибкий вал спидометра	ЦИАТИМ-201
Переключатель указателя поворотов	КСБ
Стеклоподъемники, замки, стопорные механизмы дверей	ЛСЦ-15
Монтаж деталей, работающих в контакте резина–металл	ДТ-1
Наконечники проводов, полюсные выводы аккумуляторов, торсионы крышки багажника, упоры капота, ограничители открывания дверей, шарниры и пружины крышки топливного бака	ВТВ-1

Таблица 2.5 – Совместимость отечественных и иностранных смазок

Отечественная смазка	Фирма-производитель иностранной смазки			
	Shell	Mobil	BP	Esso
Солидол С	Uneda 2, 3; Livona 3	Mobilgrease AA №2; Greasrex D60	Energrease C2, C3; Energrease GP2, GP3	Chassis XX; Cazar K2
Пресс-солидол	Uneda 1; Retinax C	Mobilgrease AA №1	Energrease C1, CA	Chassis L, H; Cazar K1
УссА	Barbatia 2, 3, 4	Graphited №3	Energrease C3G, C36; Energrease GP-2G	Van Estan 2
ЦИАТИМ-201	Aeroshell Grease 6	Mobilgrease BRB Zero	–	Beacon 325
Смазка 1-13, ЯНЗ-2	Nerita 2, 3; Retinax H	Mobilgrease BRB №3	Energrease №2, №3	Andok M275;

				Andok B
Литол-24	Retinax A, Alvania 3, R3	Mobilgrease 22, Mobilgrease BRB	Energrease L2, Multi-Purpose	Beacon 3, Unerex 3
Фиол-1	Alvania 1	Mobilux 1	Energrease L2	Multi-Purpose
Фиол-2М	Retinax AM	Mobilgrease Special	Energrease L21-M	Beacon Q2
ВНИИ НП-242	Alvania grease 3; Retinax AM; Alvania EP2	Mobilgrease Special; Mobilux EP2, EP3	Energrease L21-M	Beacon EP2, Q330, 3
ЦИАТИМ-221	Aeroshell 22C	Mobilgrease 28	–	Araren BC 290
Лита	Band B	Mobilgrease BRB Xero	Energrease LC	Lotemp Moly
Зимол	Aeroshell 6	Mobilgrease BRB Xero	Energrease LT2	Beacon P230
№158	Retinax J	Litnium Special	Energrease L2-M	Beacon Q2
ШРУС	Alvania 2C	Mobilgrease Special	Energrease L21-M	Nebula EP2

2.2 Определение качества пластичных смазок

Необходимость определения в автохозяйстве марки пластичной смазки встречается довольно часто, так как номенклатура используемых смазок велика, а по внешнему виду они мало отличаются. Пользуясь такими признаками, как цвет, влагостойкость, растворимость в бензине и жировое пятно, можно установить вид пластичной смазки, а в некоторых случаях ориентировочно и конкретную ее марку.

Цвет может служить хорошим признаком для графитной смазки, имеющей темный цвет от темно-коричневого до черного, и до некоторой степени для технического вазелина, имеющего цвет от светло-коричневого до темно-коричневого и прозрачного в тонком слое. Остальные же пластичные смазки могут иметь цвет от светло-желтого до темно-коричневого и различить их по этому признаку нельзя.

Влагостойкость дает возможность отличить солидолы и технический вазелин от других смазок и, прежде всего, от консталинов. При растирании пальцами смазки с небольшим количеством воды солидолы и технический вазелин (влагостойкие смазки не намыливаются и не смываются).

Растворимость в бензине позволяет различить смазку на немьльном загустителе (защитные смазки) от смазок на мыльном загустителе (антифрикционные смазки). Смазка на немьльном загустителе, смешанная с четырехкратным количеством бензина и подогретая до 60 °С, растворяется и превращается в прозрачный раствор, а смазка на мыльном загустителе не растворяется.

Жировое пятно, образовавшееся на фильтровальной бумаге от нанесения на нее комочка пластичной смазки, может послужить признаком для

определения ее вида. Фильтровальная бумага с пластичной смазкой подогревается над каким-либо источником тепла, от чего смазка полностью или частично расплавляется, образуя масляное пятно. При этом:

- технический вазелин расплавляется полностью, оставляя равномерное желтое пятно;
- графитная смазка образует темное пятно с четко видимыми включениями графита;
- солидолы оставляют пятно с мягким остатком в центре обычно того же цвета, что и пятно;
- консталины и кальциево-натриевые смазки образуют пятно меньшего диаметра и остаются частично на бумаге в нерасплавленном виде и при интенсивном нагреве до обугливания бумаги.

Поступающие в автохозяйства пластинчатые смазки по физико-химическим свойствам должны полностью отвечать соответствующим стандартам или техническим условиям. По внешнему виду пластичная смазка должна представлять собой однородную массу без наличия комков, посторонних включений, примесей или выделившегося масла. Смазка, не отвечающая этим условиям, должна быть забракована.

Для проверки наличия абразивных примесей комок смазки растирается между двумя стеклами или же между пальцами. Механические примеси обнаруживаются также путем расплавления комка смазки на фильтровальной бумаге [1–4].

3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИДКОСТИ

3.1 Охлаждающие жидкости

В процессе сгорания топлива выделяется большое количество теплоты, часть которой не преобразуется в механическую энергию. Данный избыток ухудшает наполнение цилиндров горючей смесью, повышает механические потери, увеличивает вероятность возникновения калильного зажигания и детонации от деталей двигателя. В связи с этим в конструкции двигателя предусмотрена система охлаждения, а циркулирующая по ней охлаждающая жидкость переносит поглощенное в рубашке цилиндров двигателя тепло в теплообменник (радиатор), где происходит рассеивание тепловой энергии либо она идет на прогрев салона кузова при низких температурах.

Эффективность и надежность работы системы охлаждения двигателя в значительной степени зависят от качества применяемой охлаждающей жидкости. Таким образом, охлаждающие жидкости должны удовлетворять следующим требованиям:

- обладать высокой теплоемкостью, теплопроводностью и определенной вязкостью;
- иметь высокую температуру кипения и низкую температуру замерзания;

- не образовывать отложений на омываемых стенках и не загрязнять систему охлаждения;

- не вызывать коррозии металлических деталей и не разрушать резиновые детали;

- иметь хорошую химическую и физическую стабильность при эксплуатации и хранении;

- не вызывать поломок деталей системы охлаждения при застывании, возможно меньше изменять объем при нагревании и не вспениваться при попадании нефтепродуктов;

- не обладать токсичностью и не повышать пожарную опасность;

- быть дешевой и недефицитной.

В наибольшей степени этим требованиям отвечают вода и водные растворы некоторых веществ. Вода имеет ряд положительных свойств: доступность, высокую теплоемкость (4,19 кДж/(кг·°C)), пожаробезопасность, нетоксичность, хорошую прокачиваемость при положительных температурах (кинематическая вязкость $\nu_{20^{\circ}\text{C}} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$). Отрицательные свойства воды: замерзает при отрицательных температурах (увеличиваясь в объеме примерно на 10 %, что ведет к созданию давления 200–250 МПа, вследствие чего могут образоваться трещины на стенках рубашки охлаждения двигателя, выйти из строя радиатор, система отопления и др.), и закипает при температуре выше 100 °C; при достаточно жесткой воде образуется накипь; обладает коррозионной активностью. Органические примеси, в том числе нефтепродукты, попадая с водой в систему охлаждения, образуют шламы, которые загрязняют каналы и ухудшают отвод тепла. Эти недостатки ограничивают применение воды в качестве охлаждающей жидкости.

В связи с этим воду применяют в весенне-осенний период эксплуатации на грузовых автомобилях, а в тех климатических зонах, где не бывает низких температур или автомобили эксплуатируются только в летний период, вода может использоваться в системах охлаждения и легковых автомобилей. В этом случае важно знать ее свойства, чтобы избежать нежелательных последствий от эксплуатации двигателей на воде.

В первую очередь это относится к накипи – твердым и прочным отложениям на горячих стенках систем охлаждения, образующимся в результате оседания на стенках бикарбонатов, сульфатов и хлоридов кальция и магния, содержащихся в воде (теплопроводность накипи приблизительно в 100 раз меньше теплопроводности стали). Как следствие – нарушение теплового режима работы двигателя, увеличение расхода топлива и масла (при толщине накипи 1,5–2 мм расход топлива возрастает на 8–10 %).

Концентрация этих солей и их качественная характеристика описываются показателем "общая жесткость" воды (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Классификация воды и режим технического обслуживания системы охлаждения двигателей

Класс воды	Происхождение воды	Группа жесткости	Общая жесткость, мг-экв/л	Влияние на накипеобразование
Атмосферная	Дождевая, снеговая	Очень мягкая	До 1,5	Накипи не образует
Поверхностная	Речная, озерная, северные водоемы	Очень мягкая	До 1,5	Накипи почти не образует
		Мягкая	1,5–3	
Грунтовая	Родниковая, колодезная, артезианская	Мягкая	1,5–3	Образует накипь. Необходимо не реже 2 раз в год удалять накипь
		Средней жесткости	3–6	
Грунтовая	Родниковая, колодезная, артезианская	Жесткая и очень жесткая	6–12 и более	Быстро откладывается значительная накипь. Не рекомендуется применять воду без предварительного умягчения

Общая жесткость воды является суммой карбонатной (временной) и некарбонатной (главным образом, сульфатной) жесткости. Единица жесткости – 1 мг-экв/л солей, что соответствует 20,04 мг иона кальция или 12,16 мг иона магния в 1 литре воды. Жесткость воды ориентировочно может быть определена без специального оборудования по пенообразованию при намыливании рук мылом: в мягкой воде пена устойчивая, а в жесткой воде пена быстро гаснет и на руках остается соляной осадок.

Для предупреждения образования накипи в систему охлаждения вводят антинакипины или перед заливкой умягчают воду (таблица 3.2). Если накипь все-таки образовалась, ее следует удалять следующими составами:

- раствор 0,6 кг технической молочной кислоты в 10 л воды;

- раствор смеси фосфорной кислоты (1 кг) и хромового ангидрида (0,5 кг в 10 л воды).

Время обработки 0,5–1 ч.

Перед обработкой необходимо удалить термостат, залить состав в систему охлаждения. По истечении рекомендуемого срока запустить двигатель и дать поработать 15–20 мин, после чего удалить состав и систему два-три раза промыть водой. Последнюю промывку лучше сделать горячим раствором хромпика (0,5–1 %) для создания антикоррозионной защитной пленки на поверхности системы охлаждения.

Таблица 3.2 – Способы предупреждения образования накипи

Операция	Реактивы и их действие	Порядок применения
Введение антинакипинов	Хромпик $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ или нитрат аммония NH_4NO_3 переводит соли накипи в растворимое состояние	Готовят концентрат: 100 г реактива на 1 л воды. На 1 л среднежесткой воды берут 30–50 мл концентрата, для жесткой 100–130 мл. При помутнении воды в

		системе охлаждения воду меняют
Умягчение воды	Гексамет (NaPO ₃) ₆ удерживает соли накипи во взвешенном состоянии	Добавляют в среднежесткую воду 0,2, а в жесткую – 0,3 г/л. Периодически удаляют отстой через краники
Перегонка	Все растворимые соли остаются в перегонном кубе	Получают воду без солей жесткости (дистиллированную)
Кипячение	Соли карбонатной и частично сульфатной жесткости выпадают в осадок	Воду кипятят 20–30 мин, отстаивают и фильтруют от осадка
Обработка химическими реагентами	Кальцинированная сода Na ₂ CO ₃ – 53 мг/л на одну единицу жесткости	Теплую воду перемешивают с реактивом 20–30 мин, отстаивают и фильтруют от осадка

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

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

Все эти недостатки обуславливают необходимость введения в воду соответствующих добавок для обеспечения устойчивой работы охлаждающей системы.

В настоящее время в системах охлаждения широко применяют низкотемпературные охлаждающие жидкости – *антифризы*, являющиеся смесью этиленгликоля (двухатомного технического спирта, кипящего при 197 °С и кристаллизующегося при температуре –11,5 °С) с дистиллированной водой. Данная смесь в зависимости от взаимной концентрации компонентов имеет температуру замерзания от 0 до –75 °С.

В отличие от воды при замерзании антифризы не расширяются и не образуют твердой сплошной массы. Образуется рыхлая масса кристаллов воды в среде этиленгликоля. Обычно такая масса не приводит к размораживанию блока и не препятствует запуску двигателя. Антифриз после пуска двигателя довольно быстро переходит в жидкое состояние. Однако прогрев отопителя салона затрудняется, поэтому необходимо

поддерживать такую концентрацию антифриза, чтобы он не замерзал до температуры порядка –40 °С.

Антифризам также присущи некоторые недостатки. Так, их теплопроводность и теплоемкость ниже, чем у воды, что несколько снижает эффективность систем охлаждения. При нагреве антифризы увеличивают объем, из-за чего в системе охлаждения устанавливается расширительный бачок, а чтобы предотвратить выброс смеси, ее не доливают в систему охлаждения на 6–8 % от общего объема. Этиленгликоль коррозионно агрессивен по отношению к металлам, поэтому в антифризы при изготовлении добавляют антикоррозионные присадки: декстрин – углевод типа крахмала (1 г на литр), предохраняющий от разрушения свинцово-оловянистый припой, алюминий и медь, и динатрий фосфат (2,5–3,5 г на литр), защищающий черные металлы, медь и латунь. Иногда в простые антифризы вводят молибденовый натрий (7,5–8 г на литр), предотвращающий коррозию цинковых и хромовых покрытий на деталях системы охлаждения. При этом в обозначении антифриза присутствует буква М. Для гашения пены добавляют также специальные противопенные присадки. Общее содержание присадок составляет 3–5 %.

Температура кипения антифриза достаточно высока и колеблется в пределах 120–132 °С (таблица 3.3). Поэтому в герметичной системе охлаждения современного автомобиля при нормальных условиях эксплуатации (без перегрева двигателя) потери антифриза происходят преимущественно из-за утечек (микрощели в радиаторе, ослабленное крепление хомутов на шлангах и др. неисправности). Восполнять уровень антифриза в системе охлаждения водой, т. е. менять концентрацию этиленгликоля в смеси нежелательно, так как это, кроме снижения температуры замерзания, может привести к разрушению деталей и узлов двигателя и системы охлаждения.

Таблица 3.3 – Характеристика водно-этиленгликолевой охлаждающей жидкости

Содержание гликоля, % по объему	Температура образования льдинок, °С	Температура кипения, °С
10	–4	101
20	–9	102
30	–17	104
40	–26	106
50	–39	108
66	–65	132

В таблице 3.4 приведены основные характеристики антифризов, выпускаемых в нашей стране. Старые антифризы по ГОСТ 159–52 не полностью отвечали требованиям, предъявляемым современными автомобилями (по антикоррозионным свойствам, агрессивности к резине и др.), и это потребовало создания нового поколения антифризов, которые

известны под названием "Тосол" и "Лена". Все жидкости регламентируются ГОСТ 28084–89 и техническими условиями.

Наиболее широко на автомобилях применяется антифриз Тосол А-40 (с 1985 г. – Тосол А-40М). Так как легковые автомобили редко эксплуатируются при температуре ниже –40 °С, Тосол А-65 используется мало.

Концентраты в качестве рабочих жидкостей не применяются и предназначены для получения товарных жидкостей марок 65 и 40 путем разбавления их водой.

Установлено, что срок службы Тосол А-40 – два года, а срок службы Тосол А-40М может быть увеличен до трех лет. Как правило, до трех лет эксплуатации автомобилей, или 60 тыс. км пробега, в системе охлаждения нет очагов коррозии. При более длительных сроках эксплуатации на некоторых деталях системы охлаждения начинают появляться очаги коррозии, в первую очередь на крыльчатке водяного насоса, т. е. на чугуне.

Корродируют также детали из алюминия, припой в радиаторе, латунные трубки радиатора и корпус термостата, а вызвано это тем, что антифриз в процессе эксплуатации изменяет свои характеристики: снижается запас щелочности, увеличивается склонность к пенообразованию, возрастает агрессивность к резине и увеличивается способность вызывать коррозию металлов. Интенсивность изменения характеристик антифриза зависит от средней рабочей температуры в двигателе. В южных районах, где эти температуры обычно более высокие, антифриз стареет интенсивнее. В северных же районах страны антифриз может служить и более 3 лет.

Трехлетний срок службы Тосол А-40М гарантируется только при поддержании в течение этого времени требуемой плотности антифриза – не менее 1075 кг/м³. Если плотность ниже, добавляют концентраты Тосол АМ в соответствии с таблицей 3.5. Добавление более 1 л свежего концентрата увеличивает срок службы антифриза примерно на год.

Охлаждающая жидкость Лена-40 по своим свойствам близка к Тосолу А-40М, но меньше корродирует чугунные и алюминиевые детали.

Поскольку антифризы различаются по рецептуре, смешивать разные марки между собой не следует.

Необходимо также следить за тем, чтобы в этиленгликолевые жидкости не попадали бензин и другие нефтепродукты, так как это вызывает вспенивание и выброс жидкости через пробку радиатора.

Этиленгликоль – сильный пищевой яд, поэтому после контакта с ним необходимо тщательно вымыть руки с мылом (попавшая внутрь жидкость вызывает тяжелые поражения почек и нервной системы).

Показатель	АМ	А-40М	А-65М	ОЖ-К	ОЖ-40	ОЖ-65
Внешний вид	Голубая жидкость		Красная жидкость	Желто-зеленая жидкость		
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	1120–1140	1075–1085	1085–1100	1120–1150	1075–1085	1085–1100
Температура замерзания, °С, не выше	–35*	–40	–65	–35*	–40	–65
Температура кипения, °С, не ниже	170	108	115	170	108	115
Вспениваемость: объем пены, см ³ , не более	30	30	30	30	30	30
Устойчивость пены, с, не более	5	3	3	3	3	3
Резерв щелочности, см ³ , не выше	10	10	10	10	10	10
Коррозионные потери металлов при испытаниях на пластине, мг/см ² , не более:						
меди	10	10	10	7	7	7
припоя	12	12	12	12	12	12
алюминия	20	20	20	10	10	10
чугуна	10	10	10	7	7	7
Вязкость кинематическая, мм ² /с, при температуре:						
50 °С	–	1,9	2,5	–	1,9	2,5
20 °С	–	4,3	6,2	–	4,3	6,2
–30 °С	–	56,5	96,3	–	56	96
Состав, %:						
этиленгликоль	97	56	64	96	56	65
вода	3	44	36	4	44	35
присадки (сверх 100 %)	6–7	3–3,5	3,5–4	6	3–3,5	3,5–4
* Температура кристаллизации указана для концентрата, разбавленного дистиллированной водой в соотношении 1:1.						

Таблица 3.4 – Основные показатели антифризов

	Тосолы (ТУ 6-02-751–86)	Лена (ТУ 113-07-02–88)
--	-------------------------	------------------------

Продолжение таблицы 3.4

Показатель	ОЖ-25 ПГ (ТУ 6-01-17-30-85)	Антифризы (ГОСТ 159-52)			
		Концентрат	40	65	
Внешний вид	Желто-зеленая жидкость	Светло-желтая слегка мутная жидкость		Оранжевая слегка мутная жидкость	
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	1040-1055	1110-1116	1067-1072	1085-1090	
Температура замерзания, °С, не выше	-25	-11,5	-40	-65	
Температура кипения, °С, не ниже	106	-	100	100	
Вязкость кинематическая, мм ² /с, при температуре:					
	50 °С	1,6	-	1,9	2,2
	20 °С	4,2	-	4,4	5,2
	-30 °С	56	-	58	100
Состав, %:					
	этиленгликоль	42	95	53	65
	вода	58	5	47	35
	присадки (сверх 100 %)	4	6-8	3,5-4,5	4-4,5

Таблица 3.5 – Способы восстановления оптимальной плотности антифриза

Плотность при 20 °С, г/см ³	Массовая доля тосола, %	Количество добавляемого концентрата, л	Плотность при 20 °С, г/см ³	Массовая доля тосола, %	Количество добавляемого концентрата, л
1,054	35	3,3	1,067	44	2,15
1,055	36	3,12	1,068	45	2
1,057	37	3	1,071	47	1,7
1,059	38	2,9	1,074	49	1,4
1,06	39	2,79	1,076	51	1
1,061	40	2,66	1,078	53	0,64
1,062	41	2,54	1,081	55	0,25
1,064	42	2,41	1,082	56	0
1,065	43	2,28			

Примечание – Перед добавлением концентрата в систему охлаждения из нее следует слить такое же количество старого антифриза.

Зарубежные производители («Addinol Froostox», «Antifreeze», «Aprostin») выпускают низкотемпературные жидкости, близкие по составу к «Тосолу» и «Лене», но более долговечные (до трех лет). Это достигается за счет того, что для приготовления антифризов используют водные растворы спиртов, гликолей, глицерина и некоторых неорганических солей с введением комплекса присадок:

- замедлители коррозии – силикаты, нитраты, нитриты, соединения

молибдена, производные бензотиазола;

- буферы – бораты;
- антипенные присадки – силиконы.

Состав охлаждающих жидкостей можно определить по плотности с помощью ареометра либо гидрометра, у которого имеется двоякая шкала, показывающая содержание этиленгликоля в процентах и температуру кристаллизации.

Влияние концентрации этиленгликоля в жидкости на ее плотность и температуру замерзания показано в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Характеристики низкотемпературных охлаждающих жидкостей

Концентрация этиленгликоля, %	Плотность смеси, г/см ³	Температура замерзания, °С	Концентрация этиленгликоля, %	Плотность смеси, г/см ³	Температура замерзания, °С
26,4	1,034	-10	65,3	1,0855	-65
27,2	1,0376	-12	65,6	1,086	-66
29,6	1,041	-14	66	1,0863	-67
32	1,0443	-16	66,3	1,0866	-68
34,2	1,048	-18	68,5	1,0888	-66
36,4	1,0506	-20	69,6	1,09	-64
38,4	1,0553	-22	70,8	1,091	-62
40,4	1,056	-24	72,1	1,0923	-60
42,2	1,0586	-26	73,3	1,0937	-58
44	1,0606	-28	74,5	1,0947	-56
45,6	1,0627	-30	75,8	1,096	-54
47	1,0643	-32	77	1,0973	-52
48,2	1,0663	-34	78,4	1,0983	-50
49,6	1,068	-36	79,6	1,0997	-48
51	1,0696	-38	81,2	1,1007	-46
52,6	1,0713	-40	82,5	1,1023	-44
53,6	1,0726	-42	83,9	1,1033	-42
54,6	1,074	-44	85,4	1,1043	-40
55,6	1,0753	-46	86,9	1,1054	-38
56,8	1,0766	-48	88,4	1,1066	-36
58	1,078	-50	90	1,1077	-35
59,1	1,079	-52	91,5	1,1087	-34
60,2	1,0803	-54	93	1,1096	-33
61,2	1,0813	-56	94,4	1,1103	-32
62,2	1,0823	-58	95	1,1105	-28
63,1	1,0833	-60	95,5	1,1107	-27
64	1,0843	-62	96,5	1,111	-24
64,8	1,085	-64	97	1,1116	-22

Все значения данной таблицы приведены к 20 °С, поэтому если наблюдается отклонение от данной температуры, то измеренную плотность приводят к +20 °С, используя формулу

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

где ρ_{20} – плотность антифриза, приведенная к +20 °С, г/см³;

ρ_t – плотность антифриза при температуре измерения, г/см³;

γ – температурная поправка плотности этиленгликоля, г/см³·°С;

$\gamma = 0,000525$ г/см³·°С;

t – температура антифриза в момент измерения, °С.

Плотность жидкости в процессе эксплуатации автомобиля колеблется как в большую, так и меньшую сторону, поэтому жидкость необходимо корректировать путем добавления этиленгликоля (X_3) либо дистиллированной воды (X_B), используя формулы:

$$X_3 = (B_{пр} - B_H) V / B_H;$$

$$X_B = (Э_{пр} - Э_H) V / Э_H,$$

где $B_{пр}$ – содержание воды в проверяемом антифризе, %;

B_H – содержание воды в антифризе с требуемыми эксплуатационными характеристиками, %;

$Э_{пр}$ – содержание этиленгликоля в проверяемом антифризе, %;

$Э_H$ – содержание этиленгликоля в антифризе с требуемыми эксплуатационными характеристиками, %;

V – объем смеси, подвергаемой проверке, л [3, 4, 8, 9, 16].

3.2 Тормозные жидкости

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

Рабочее давление в гидроприводе тормозов достигает 10 МПа и более. Развиваемое давление передается на поршни колесных цилиндров, которые прижимают тормозные накладки к тормозным дискам или барабанам. Во время торможения кинетическая энергия при трении превращается в тепловую. При этом освобождается большое количество теплоты, которое зависит от массы и скорости автомобиля. При экстренных торможениях температура тормозных колодок может достигать 600 °С, а тормозная жидкость – нагреваться до 150 °С и выше. Высокие температуры в тормозах и гигроскопичность жидкости приводят к ее обводнению и преждевременному старению. В этих условиях жидкость может отрицательно влиять на резиновые манжетные уплотнения тормозных цилиндров, вызывать коррозию металлических деталей. Но наибольшую опасность для работы тормозов представляет температура: когда тормозная жидкость достигнет точки кипения, в ней могут образоваться паровые пробки. При этом тормозной привод становится податливым (педаль проваливается) и эффективность работы тормозов резко снижается, что имеет особое значение для дисковых тормозных механизмов и скоростных автомобилей.

Основной недостаток используемых в настоящее время тормозных жидкостей – гигроскопичность. Установлено, что за год жидкость в

тормозной системе впитывает 2–3 % воды, в результате чего температура кипения снижается на 30–50 °С. Поэтому автомобильные фирмы рекомендуют обязательно менять тормозную жидкость раз в два года.

Надежная работа тормозной системы – необходимое условие безопасной эксплуатации автомобиля, а тормозная жидкость как ее функциональный элемент должна отвечать ряду технических требований. Важнейшие из них рассмотрены ниже.

3.2.1 Основные свойства

Температура кипения. Это важнейший показатель, характеризующий предельно допустимую рабочую температуру гидропривода тормозов. Температура кипения в процессе эксплуатации снижается из-за высокой гигроскопичности, поэтому наряду с температурой кипения "сухой" тормозной жидкости определяют температуру кипения "увлажненной" жидкости, содержащей 3,5 % воды.

Температура кипения "увлажненной" жидкости косвенно характеризует температуру, при которой жидкость будет "закипать" через 1,5–2 года ее работы в гидроприводе тормозов автомобиля. Для надежной работы тормозов необходимо, чтобы она была выше рабочей температуры жидкости в тормозной системе.

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

В легковых автомобилях с дисковыми тормозами температура жидкости при движении:

- по магистральным автострадам – до 60–70 °С;
- в городских условиях – до 80–100 °С;
- при высоких скоростях движения, температурах воздуха и при интенсивных торможениях – до 150 °С;
- в некоторых случаях (спецмашины, спортивные автомобили и т. д.) температура жидкости может превышать указанные значения.

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

Согласно требованиям международных стандартов температура кипения "сухой" и "увлажненной" тормозной жидкости должна иметь значения соответственно не менее 205 и 140 °С для автомобилей при обычных условиях их эксплуатации и не менее 230 и 155 °С – для автомобилей, эксплуатирующихся на режимах с повышенными скоростями или с частыми

и интенсивными торможениями. Следует иметь в виду, что на автомобиле, остановившемся после интенсивных торможений, температура жидкости может некоторое время повышаться за счет теплоты тормозных колодок из-за прекращения их охлаждения встречным потоком воздуха.

Вязкостно-температурные свойства и стабильность. Процесс торможения обычно длится несколько секунд, а в экстренных условиях – доли секунды. Поэтому необходимо, чтобы сила, прилагаемая водителем к педали тормоза, с помощью рабочей жидкости быстро передавалась на колесные тормоза. Это условие обеспечивается текучестью жидкости и определяется максимально допустимой вязкостью при температуре $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$: не более $1500\text{ мм}^2/\text{с}$ для жидкостей общего назначения и не более $1800\text{ мм}^2/\text{с}$ – для высокотемпературных жидкостей. Жидкости для севера должны иметь вязкость не более $1500\text{ мм}^2/\text{с}$ при $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Наиболее чувствительны к изменению вязкости жидкости тормозные механизмы, оснащенные антиблокировочной системой тормозов (АБС), и тормоза автомобилей с автоматической трансмиссией.

Таким образом, тормозные жидкости в интервале рабочих температур от -50 до $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ должны сохранять исходные показатели, т. е. противостоять окислению и расслаиванию при хранении и применении, образованию осадков и отложений на деталях гидропривода тормозов.

Антикоррозионные свойства. В гидроприводе тормозов детали из различных металлов соединяются между собой, что создает условия для протекания электрохимической коррозии. Для предотвращения коррозии жидкости должны содержать ингибиторы, защищающие сталь, чугун, белую жель, алюминий, латунь, медь от коррозии.

Эффективность ингибиторов коррозии оценивается по изменению массы и состоянию поверхности пластин из указанных металлов после их выдерживания в тормозной жидкости, содержащей 3,5 % воды, в течение 120 ч при $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Совместимость с резиновыми материалами. Для обеспечения герметичности гидросистемы на поршни и цилиндры ставят резиновые уплотнительные манжеты. Необходимое уплотнение обеспечивается, когда под воздействием тормозной жидкости манжеты несколько набухают и их уплотнительные кромки плотно прилегают к стенкам цилиндра. При этом недопустимо как слишком сильное набухание манжет, так как может произойти их разрушение при перемещении поршней, так и усадка манжет, чтобы не допустить утечки жидкости из системы. Испытание на набухание резины осуществляется при выдерживании манжет или образцов резины в жидкости при 70 и $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Затем определяется изменение объема, твердости и диаметра манжет.

Смазывающие свойства. Влияние жидкости на износ рабочих поверхностей тормозных поршней, цилиндров, манжетных уплотнений определяется ее смазывающими свойствами, которые проверяются при

стендовых испытаниях, имитирующих работу гидропривода тормозов в тяжелых условиях эксплуатации.

3.2.2 Характеристика тормозных жидкостей

В настоящее время выпускается несколько марок тормозных жидкостей, которые разделяются на жидкости массового и специального назначения. К первым относятся БСК, «Нева», «Томь» и «Роса», ко вторым – ГТЖ-22М.

Жидкость БСК (ТУ 6-10-1533–75) представляет собой смесь бутилового спирта, рафинированного касторового масла и органического красителя красного цвета. Имеет хорошие смазывающие свойства, но невысокие вязкостно-температурные показатели, так как при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ касторовое масло выпадает в осадок, что может привести к поломке тормозной системы. Кроме того, она коррозионно-агрессивна к меди и латуни. Из-за низкой температуры кипения жидкости БСК ($117\text{ }^{\circ}\text{C}$) в летний период эксплуатации в гидроприводе тормозов могут образоваться «паровые пробки», поэтому она может применяться только на старых моделях автомобилей и на сельскохозяйственной технике, т. е. тех, в тормозных системах которых использованы элементы из немаслостойкой резины.

Жидкость «Нева» (ТУ 6-01-1163–78) – основными компонентами являются гликолевый эфир (этилкарбитол) и полиэфир (полиоксилпропиленгликоль); содержит антикоррозионные присадки. Жидкость работоспособна при температуре до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Предназначена для гидропривода тормозов и сцеплений грузовых и легковых автомобилей, которые эксплуатируются в умеренной климатической зоне. При увлажнении она обладает низкой температурой кипения и коррозионно-агрессивна к металлам.

Жидкость «Томь» (ТУ 6-01-1276–82) разработана взамен жидкости «Нева». Основные компоненты – концентрированный гликолевый эфир (этилкарбитол), полиэфир, бораты (для повышения эксплуатационных свойств) с добавлением загустителей; содержит антикоррозионные присадки. Имеет лучшие эксплуатационные свойства, чем «Нева», более высокую температуру кипения ($200\text{ }^{\circ}\text{C}$). Совместима с «Невой» при смешивании в любых соотношениях.

Жидкость «Роса» (ТУ 6-05-221-569–87) разработана для новых моделей легковых и грузовых автомобилей. Основной компонент – борсодержащий полиэфир; содержит антикоррозионные и антиокислительные присадки. Жидкость имеет высокие значения температуры кипения ($260\text{ }^{\circ}\text{C}$) и температуры кипения "увлажненной" жидкости ($165\text{ }^{\circ}\text{C}$). Это обеспечивает надежную работу тормозной системы при тяжелых эксплуатационных режимах и позволяет увеличить срок службы жидкости. Тормозная жидкость «Роса» совместима с жидкостями «Томь» и «Нева».

Жидкость ГТЖ-22М (ТУ 6-01-787–75) состоит из смеси гликолей (диэтиленгликоль и этилцеллозольв), воды и антикоррозионных присадок. Окрашена в зеленый цвет. По показателям близка к «Неве», но обладает

худшими антикоррозионными и вязкостно-температурными свойствами (при 50 °С вязкость колеблется в пределах от 7,9 до 8,3 мм²/с. Подвижность теряет при –50 °С). Рекомендуется для применения во всех климатических зонах, кроме районов Крайнего Севера всесезонно.

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

За рубежом на тормозные жидкости распространяется ряд нормативных документов, а именно: стандарты SAE J 1703 (разработанные Международным объединением инженеров транспорта), FMVSS 116 (разработанные Федеральным обществом по безопасности транспортных средств США), ISO 4925. Среди них наиболее широкое распространение получили нормы DOT (Department of Transportation), которые представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Характеристики тормозных жидкостей

Нормативные стандарты	FMVSS 116			SAE J 1703
	Тип и время действия	DOT 3	DOT 4	DOT 5
Наименьшая установившаяся температура кипения, °С	205	230	260	205
Наименьшая влажностная температура кипения, °С	140	155	180	140
Вязкость кинематическая при температуре –40 °С, мм ² /с, не более	1500	1800	900	1800
Вязкость кинематическая при температуре +100 °С, мм ² /с, не менее	1,5	1,5	1,5	1,5

Для легковых автомобилей в зависимости от конструкции, технических характеристик и года выпуска применяются жидкости, соответствующие требованиям DOT-3, DOT-4 и DOT-5. Нормам DOT-5 отвечают наиболее современные жидкости, предназначенные для скоростных и спортивных автомобилей.

В таблице 3.8 приведены показатели основных марок жидкостей для тормозных систем автомобилей.

Помимо стандартных гликолевых жидкостей предусмотрен выпуск жидкостей на основе минеральных масел (ISO 7308) и силиконовых жидкостей (SAE J 1705).

Использование жидкостей, созданных на основе минеральных масел, позволяет не снижать температуру кипения, так как они не обладают гигроскопичностью. Для обеспечения как можно меньшей зависимости вязкости от температуры в тормозную жидкость добавляются специальные присадки.

Силиконовые жидкости также не абсорбируют влагу, однако их недостатком является высокая сжимаемость и худшие смазывающие

свойства, что и ограничивает их применение. К нежелательным последствиям применения силиконовых жидкостей и минеральных масел является накопление воды в свободном виде, которая выпаривается при нагревании жидкости свыше 100 °С и замерзает при охлаждении ее ниже 0 °С, с последующим образованием пузырьков, препятствующих нормальной работе тормозной системы.

Таблица 3.8 – Характеристика основных марок тормозных жидкостей

Показатель	БСК	"Нева"	"Томь"	"Роса"
	Прозрачная однородная жидкость			
Внешний вид	красного цвета без осадка и механических примесей	от светло-желтого до темно-желтого цвета без осадка, допускается слабая опалесценция		от светло-желтого до светло-коричневого цвета без осадка
Вязкость кинематическая, мм ² /с:				
–40 °С, не более	2500* (130 (0 °С))	1500	1500	1700
50 °С, не менее	9,4–13	5	5	5
100 °С, не менее	5,5 (70 °С)	2	2	2
Температура кипения, °С, не ниже	115	205	205	260
Температура кипения "увлажненной" жидкости, °С, не ниже	–	138*	160	165*
Стабильность при высокой температуре, °С, не более	–	5	3	3
Изменение объема резины после старения в тормозной жидкости, %:				
51-1524	–	2–10	2–10	3–12
7-2462	5–10	2–10	2–10	2–8
Изменение массы пластинок, мг/см ² , не более:				
белая жельсть	0,2	0,2	0,1	0,2
сталь	0,2	0,2	0,1	0,2
алюминивый сплав	0,1	0,1	0,1	0,1
чугун	0,2	0,2	0,1	0,2
латунь, медь	0,4	0,5	0,4	0,4
Температура засты-				

вания, °С (потеря подвижности)	-20	-60 (не теряет)	-60 (не теряет)	-60
Концентрация водородных ионов рН	6,0	7,0–11,5	7,0–11,5	7,0–11,5
* Фактические данные.				

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

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

Используя тормозные жидкости, необходимо принимать во внимание следующие факторы:

- тормозную жидкость необходимо периодически менять через каждые 1,5–2 года;
- хранить жидкость необходимо только в герметичной таре, из-за ее ядовитости;
- все тормозные жидкости (за исключением БСК) агрессивны к лакокрасочным покрытиям [1, 3, 5, 7, 8, 11, 12, 16].

3.3 Гидравлические жидкости

В легковых автомобилях широко нашли применение гидравлические амортизаторы телескопического типа, а в последнее время – телескопические стойки, предназначенные для гашения колебаний кузова на упругих элементах подвески. Рабочим телом в гидравлических амортизаторах служат маловязкие жидкости, обычно на нефтяной основе. При работе амортизаторов жидкость под давлением с огромной скоростью перетекает через узкие отверстия из одной полости в другую, поглощая при этом кинетическую энергию колебаний кузова, что делает ход автомобиля плавным даже при движении по бездорожью.

Температура жидкости в амортизаторах может изменяться от –50 °С в зимнее время в северных районах до 120–140 °С летом в южных районах, за счет превращения кинетической энергии в тепловую. Давление жидкости в амортизаторах достигает 8–12 МПа.

В связи с этим требования, предъявляемые к амортизаторным жидкостям многообразны. Основным показателем является вязкость и соответствующие им вязкостно-температурные свойства. Большинство рабочих жидкостей, применяемых в телескопических амортизаторах, характеризуются следующими значениями вязкости: при 20 °С – 30–60; при 50 °С – 10–16; при 100 °С – 3,5–6 мм²/с, а при –20 °С вязкость не должна превышать 800 мм²/с. Желательно, чтобы во всем интервале встречающихся

на практике отрицательных температур вязкость амортизаторной жидкости не превышала 2000 мм²/с. При более высокой вязкости работа амортизаторов резко ухудшается (увеличивается жесткость их работы) и происходит блокировка подвески. С этим часто встречаются на практике. Уже при –30 °С вязкость товарных амортизаторных жидкостей превышает 2000 мм²/с и при –40 °С достигает 5000–10000 мм²/с. Обеспечить требуемую вязкость (при температурах ниже –30 °С) могут амортизаторные жидкости на синтетической основе.

Рабочая амортизаторная жидкость должна обладать определенной теплоемкостью и теплопроводностью. Важным ее показателем являются смазывающие свойства жидкостей, которые определяются обычно при испытании на машинах трения или при испытании самих амортизаторов на стенде. Амортизаторные жидкости не должны быть склонны к пенообразованию, так как это снижает энергоемкость амортизатора и нарушает условия смазки трущихся пар, а вызвано это проникновением воздуха в гидросистему и его диспергированием в жидкости в виде мельчайших пузырьков. Важными характеристиками амортизаторных жидкостей являются такие, как стабильность против окисления, механическая стабильность, испаряемость и совместимость с конструкционными материалами, особенно резиновыми уплотнениями. В их состав, как правило, вводят различные добавки, улучшающие свойства жидкости. Это высокомолекулярные присадки для улучшения температурных характеристик вязкости, антиокислительные и противопенные присадки, а также для повышения смазывающих свойств, температуры застывания и др. Ассортимент основных амортизаторных жидкостей представлен в таблице 3.9.

В качестве жидкости для амортизаторов наибольшее распространение получили маловязкие масла или чаще их смеси (АЖ-12Т, МГП-10, МГЕ-10А), которые являются всесезонными и обладают лучшими эксплуатационными показателями. В качестве заменителей применяют масло веретенное АУ или АУП как зимний сорт либо смесь трансформаторного и турбинного масла марки 22 в соотношении 1:1 как летний сорт. Однако эти масла имеют недостаточно хорошую вязкостно-температурную характеристику: при понижении температуры их вязкость значительно возрастает.

Таблица 3.9 – Свойства основных марок амортизаторных жидкостей

Показатель	МГП-10 (ОСТ 38-154-74)	АЖ-12Т (ГОСТ 23008-75)	МГП-12 (ТУ 38.201465-88)
Плотность при 20 °С, кг/м ³	930	–	920
Вязкость, мм ² /с, при температуре			
–40 °С, не более	–	6500	–
–20 °С, не более	1000	–	800
50 °С, не менее	10	12	12
100 °С, не менее	3,6	3,6	3,9

Температура застывания, °С, не выше	-40	-52	-43
Вспышка в закрытом тигле, °С, не ниже	145	165	140

Зарубежными аналогами отечественных амортизаторных жидкостей могут быть следующие жидкости: фирмы Shell – Aeroshell Fluid 1, фирмы BP – BP Aero Hydraulic 2, Esso – Aviation Utility Oil, DEF2901A, при этом они должны соответствовать классификации ISO 6074-НМ-22 либо ISO 6074-НН-22.

Помимо работы в гидравлических амортизаторах, жидкостям приходится передавать мощность и приводить в действие различные агрегаты и механизмы, т. е. работать в гидроподъемниках, гидроусилителях рулей и др.

В связи с этим жидкости должны иметь хорошие низкотемпературные свойства (температура застывания должна быть ниже на 5–10 °С температуры окружающего воздуха в начальный период работы гидравлической системы); хорошие вязкостно-температурные свойства (вязкость не должна быть высокой) для обеспечения плавности хода и предотвращения износа; хорошие смазывающие свойства и свойства, не допускающие коррозии металлов и сплавов, а также разрушения уплотнений; хорошие антипенные свойства (способность жидкости выделять воздух без образования пены); хорошую стабильность при эксплуатации и хранении, отсутствие воды и механических примесей.

Это вызвано тем, что жидкости работают при температурах от –40 °С до +80 °С, давлении до 15 МПа, скоростях скольжения до 20 м/с, контакте с черными и цветными металлами, резиновыми и полимерными уплотнениями и шлангами.

Данные жидкости делятся на 10 классов в зависимости от кинематической вязкости (таблица 3.10) и 3 группы в зависимости от эксплуатационных свойств (таблица 3.11).

Таблица 3.10 – Классы вязкости гидравлических масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм ² /с, при +40 °С	Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм ² /с, при +40 °С
5	4,14–5,06	32	28,80–35,20
7	6,12–7,48	46	41,40–50,60
10	9,00–11,00	68	61,20–74,80
15	13,50–16,50	100	90,00–110,00
22	19,80–24,20	150	135,00–165,00

Таблица 3.11 – Группы эксплуатационных свойств гидравлических масел

Группа масел	Состав масел	Область применения
А	Минеральные масла без	Гидросистемы с шестеренными

	присадок	поршневыми насосами, работающими при давлении до 15 МПа и температуре масла в объеме до 80 °С
Б	Минеральные масла с антиокислительными, антипенными и противокоррозионными присадками	Гидросистемы с насосами всех типов, работающие при давлении до 25 МПа и температуре масла в объеме более 80 °С
В	То же, что и Б, но с противоизносными присадками	То же при 90 °С

В настоящее время система обозначения гидравлических масел состоит из трех групп знаков: букв МГ – минеральное гидравлическое масло; цифр, характеризующих класс вязкости; буквы, указывающей на принадлежность масла к группе по эксплуатационным свойствам.

Отечественная классификация гидравлических масел по группам в зависимости от эксплуатационных свойств имеет соответствие зарубежным аналогам, что представлено в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Соответствие групп масел

Группа масел по ГОСТ 17479.3-85	А	Б	В
Группа масел по ISO 6474/4-1982/E/	НН	Н	НМ

Масла по новой маркировке и старой имеют следующую зависимость: МГ-22 (старое обозначение – веретенное АУ), МГ-15В (ВМГЗ), МГ-22Б (МГП-10), МГ-46-В (марка А для ГМКП) и т. д. Показатели качества гидравлических масел отражены в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Характеристика гидравлических масел

Показатель	МГ-15-Б	МГ-15-В	МГ-22-А	МГ-22-Б	МГ-46-Б	МГ-46-В
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	850	865	890	–	885	–
Вязкость, мм ² /с, при температуре –40 °С	1250	1900	13000	–	4000 (–15 °С)	4000 (–15 °С)
+50 °С	10	≥10	12–14	11–14	27–33	41,4–50,6 (40 °С)
Температура застывания, °С, не выше	–70	–60	–45	–45	–30	–30
Вспышка в закрытом тигле, °С, не ниже	92	135	163	145	190	190
Индекс вязкости	–	130	85	–	25	25
Кислотное число, мг КОН/г масла	0,05	0,05	0,07	0,3–0,6	0,06	–

3.4 Пусковые жидкости

В условиях низких температур для пуска холодного двигателя необходимо, чтобы в цилиндр поступала топливоздушная смесь, воспламеняющаяся от искры зажигания (самовоспламеняться от сжатия – для дизелей) при небольшой частоте вращения коленчатого вала двигателя. Однако при значительных отрицательных температурах пусковых свойств бензина либо дизельного топлива недостаточно. В этих случаях для пуска двигателей применяют специальные хорошо испаряющиеся и легко воспламеняющиеся жидкости.

В связи с режимом работы пусковые жидкости должны обладать рядом эксплуатационных свойств, а именно:

- хорошей испаряемостью при низкой температуре;
- быстрой воспламеняемостью от искры либо самовоспламеняемостью от сжатия;
- высокой противокоррозионной и противоизносной способностью;
- низкой температурой застывания;
- стабильностью при длительном хранении.

Основным компонентом любой пусковой жидкости является этиловый эфир, который обеспечивает высокую эффективность независимо от типа двигателя и способа его пуска. Помимо этилового эфира в состав жидкостей входят:

- изопропилнитрат, который способствует плавной работе дизельных и бензиновых двигателей;
- масло для судовых газовых турбин, которое обеспечивает хорошие противоизносные и противоокислительные свойства и застывает при температуре ниже –60 °С.

Характеристика пусковых жидкостей, применяемых на транспорте, приведена в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Характеристика пусковых жидкостей

Показатель	Наименование пусковых жидкостей для двигателей			
	бензиновых		дизельных	
	"Арктика"	диэтиловый эфир	жидкость НАМИ	"Холод Д-40"
Цвет	прозрачный или светло-желтый	прозрачный или светло-голубой	–	–
Состав (по массе), %:				
диэтиловый спирт (эфир)	45–60	100	65	58–62
петройлевый эфир	38–43	–	20	13–17
турбинное масло	1,5–2,5	–	–	9–11
изопропилнитрат	2–4	–	–	13–17

противоизносная и противозадирная присадка	До 2	–	–	–
противоокислительная присадка	До 0,5	–	0,2	–
Минимальная температура надежного пуска без подогрева, °С	–35	–35	–	–

Жидкости "Арктика" и НАМИ выпускают в запаянных баллонах одноразового использования объемом 20 мл, а "Холод Д-40" – в баллонах объемом 20, 50 либо 100 мл.

Для впрыска данных жидкостей используют специальные пусковые приспособления моделей 5ПП-40 и 6ПП-40, которые легко монтируются на двигателе и позволяют подавать жидкости во впускной трубопровод.

Диэтиловый эфир подается в виде 5–8 капель в воздушный трубопровод при снятом воздухоочистителе в момент проворачивания коленчатого вала двигателя [3, 6, 16].

Контрольные вопросы

- 1 В чем заключаются достоинства и недостатки воды как охлаждающей жидкости?
- 2 Что представляют собой антифризы, какими свойствами они обладают?
- 3 Какие свойства тормозных жидкостей обеспечивают надежную работу тормозной системы?
- 4 Перечислите марки тормозных и амортизаторных жидкостей и дайте им краткую характеристику.
- 5 Каковы назначение и основные требования, предъявляемые к пластичным смазкам?
- 6 Перечислите основные физико-химические свойства пластичных смазок.
- 7 Приведите маркировку пластичных смазок и укажите области их применения.
- 8 Укажите способ определения качества пластичных смазок и их марок.
- 9 Дайте характеристику пусковым жидкостям.

4 ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ СО СМАЗОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ И ТЕХНИЧЕСКИМИ ЖИДКОСТЯМИ

В транспортной организации должно быть назначено лицо, ответственное за хранение, перевозку и использование антифриза, тосола (далее – антифриз).

Его следует хранить и перевозить в исправных металлических герметически закрывающихся бидонах и бочках с завинчивающимися пробками. Крышки и пробки должны быть опломбированы.

Порожняя тара из-под антифриза также должна быть опломбирована.

Антифриз не должен перевозиться вместе с людьми, животными, пищевыми продуктами.

Перед тем как налить антифриз, необходимо тщательно очистить тару от твердых осадков, ржавчины, промыть ее щелочным раствором и пропарить. В таре не должно быть остатков нефтепродуктов.

Антифриз наливают в тару не более чем на 90 % ее вместимости. На таре, в которой хранят (перевозят) антифриз, и на порожней таре из-под него должна быть несмывающаяся надпись крупными буквами: "ЯД", а также знак, установленный для ядовитых веществ.

Тару с антифризом хранят в сухом неотапливаемом помещении. Во время хранения и перевозки все сливные, наливные и воздушные отверстия в таре должны быть опломбированы.

Не допускается:

- наливать антифриз в тару, не соответствующую указанным выше требованиям;
- переливать антифриз через шланг путем засасывания ртом;
- применять тару из-под антифриза для перевозки и хранения пищевых продуктов.

Слитый из системы охлаждения двигателя антифриз должен быть сдан по акту на склад для хранения.

Правила хранения отработанного антифриза такие же, как и свежего.

Перед заправкой системы охлаждения двигателя антифризом необходимо:

- проверить, нет ли в системе охлаждения (соединительных шлангах, радиаторе, сальниках водяного насоса и т. д.) течи и при наличии устранить ее;
- промыть систему охлаждения чистой горячей водой.

Заправку системы охлаждения двигателя антифризом следует производить только при помощи специальной предназначенной для этой цели посуды (ведра с носиком, бачки, воронки). Заправочная посуда должна быть очищена и промыта и иметь надпись: "Только для антифриза".

При заправке антифризом необходимо принять меры, исключаящие попадание в него нефтепродуктов (бензина, дизельного топлива, масла и т. п.), так как они во время работы приводят к воспламенению антифриза.

Заливать антифриз в систему охлаждения без расширительного бачка следует не до горловины радиатора, а на 10 % менее объема системы охлаждения, потому что во время работы двигателя (при нагревании) антифриз расширяется больше воды, что может привести к его вытеканию.

После каждой операции с антифризом (получение, выдача, заправка автомобиля, проверка качества) нужно тщательно мыть руки водой с мылом. При случайном заглатывании антифриза пострадавший должен быть немедленно отправлен в лечебное учреждение, так как антифризы очень токсичны. При попадании внутрь организма они поражают центральную

нервную систему и почки. Смертельная доза этиленгликоля составляет 50 г (около 100 г антифриза). Не допускается приступать к работе с антифризом водителям и другим лицам, не прошедшим дополнительный инструктаж по мерам безопасности при получении, хранении, выдаче и его использовании.

Аналогичным токсичным действием обладают тормозные жидкости на гликолевой основе "Томь", "Роса", "Нева" и др.

При отравлении этиленгликолем, охлаждающей или тормозной жидкостью пострадавшему следует немедленно оказать первую помощь: тщательно промыть желудок водой или 2 % раствором пищевой соды, искусственно вызвать рвоту, согреть и немедленно вызвать врача.

Для предупреждения отравлений охлаждающими и тормозными жидкостями необходимо строго контролировать их хранение, перевозку и расход.

Смазочные масла и гидравлические жидкости на минеральной основе также являются токсичными веществами. К маслам, которые содержат присадки, нужно относиться с большей осторожностью, чем к маслам без присадок, так как действие токсичных веществ, содержащихся в них (серы, хлора, фосфора, цинка, свинца и др.), изучено еще недостаточно. При нарушении правил обращения с маслами и личной гигиены они могут вызывать экзему, фолликулярные поражения кожи и даже более тяжелые заболевания [3, 14].

Список литературы

- 1 Манусаджянц О. И., Смаль Ф. В. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебник для техникумов. – М.: Транспорт, 1989. – 271 с.
- 2 Чумаченко Ю. Т., Чумаченко Г. В., Герасименко А. И. Материаловедение для автомехаников. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 480 с.
- 3 Кириченко Н. Б. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: Издательский центр "Академия", 2003. – 208 с.
- 4 Трофименко И. Л., Коваленко Н. А., Лобах В. П. Автомобильные эксплуатационные материалы: Лабораторный практикум. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 96 с.
- 5 Мартынюк Н. П., Корпачан А. П. Автомобильные эксплуатационные материалы. – М.: НПО Поиск, 1997. – 275 с.
- 6 Васильева Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.
- 7 Справочник по горюче-смазочным материалам / Под ред. Беляева В. А. – Нижний Новгород: Вента-2, 2000. – 360 с.
- 8 Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение / Под ред. Школьникова В. М. – М.: Техинформ, 1999. – 596 с.
- 9 Химики – автолюбителям / Под ред. Малкина А. Я. – Л.: Химия, 1991. – 318 с.
- 10 Васильева Л. С. Краткий справочник по автомобильным эксплуатационным материалам. – М.: Транспорт, 1992. – 118 с.

11 Краткий автомобильный справочник / *Понизовкин А. Н., Власко Ю. М., Ляликов М. Б. и др.* – М.: АО Трансконсалтинг, НИИАТ, 1994. – 779 с.

12 Автомобильный справочник. – М.: ЗАО КЖИ "За рулем", 2002. – 896 с.

13 Техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей: Учебное пособие / Под ред. *Савича Е. Л.* – Мн.: Выш. шк., 2001. – 479 с.

14 Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь и Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь об утверждении Правил охраны труда на автомобильном транспорте от 01. 03. 2002 г. № 5/20.

15 Моторные и трансмиссионные масла, присадки / *Трембач Е. В.* – Ростов н / Д: Феникс, 2000. – 160 с.

16 *Синельников А. Ф., Балабанов В. И.* Автомобильные топлива, масла и эксплуатационные жидкости: Краткий справочник. – М.: ЗАО КЖИ "За рулем", 2003. – 176 с.

17 *Гнатченко И. И.* Автомобильные масла, смазки, присадки. – М.: АСТ, 2000. – 360 с.

18 Автомобильный транспорт. № 3, № 8, 1996; № 9, 2000.

19 Грузовик. № 4, 2000; № 11, 2001; № 3, 2002; № 4, 2002.

БОЙКАЧЕВ Михаил Анатольевич

Эксплуатационные материалы

Часть 2

Смазочные материалы и технические жидкости

Пособие для студентов транспортных специальностей

Редактор *Н. А. Д а ш к е в и ч*

Технический редактор *В. Н. К у ч е р о в а*

Подписано в печать 16.11.2004 г. Формат 60x84 1/16.

Бумага газетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 5,76. Тираж 250 экз.

Зак. № . Изд. № 4153

Редакционно-издательский отдел УО "БелГУТ", 246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34.

Лиц. № 02330 / 0133394 от 19.07.2004 г.

Типография УО "БелГУТ", 246022, г. Гомель, ул. Кирова, 34.

Лиц. № 02330 / 0148780 от 30.04.2004 г.

