

## Содержание

Введение.....	3
1. Смазочные материалы.....	5
2. Моторное масло.....	7
3. Эксплуатационные свойства масел и улучшение их присадками.....	8
4. Классификация моторных масел.....	22
5. Описание деталей смазочной системы.....	33
5.1 Назначение смазочной системы, её виды.....	33
5.2 Устройство смазочной системы.....	33
6. Причины и последствия несвоевременной замены моторного масла.....	36
7. Оценка состояния моторного масла.....	37
8. Факторы, влияющие на периодичность замены моторного масла.	
Корректирование сроков службы моторного масла.....	38
Заключение.....	42
Список используемой литературы.....	44

## Введение

В связи с непрерывно увеличивающимся многообразием условий применения масел и смазок, характеризующимся широким диапазоном скоростей, нагрузок и рабочих температур, требуется широкий ассортимент смазочных материалов, различный по физико-химическим и эксплуатационным свойствам, жидкий и мазеобразных или твердых при нормальной температуре. Но в связи с тем, что в настоящее время и в ближайшее десятилетие двигатели внутреннего сгорания останутся основными для различных мобильных машин, из всех смазочных материалов наиболее широко используются моторные масла. Чтобы рационально использовать такое громадное количество масел, т.е. снижать их расход и увеличивать долговечность машин, нужно знать физико-химические свойства масел и эксплуатационные требования, предъявляемые к их качеству, сорта и марки масел, и то влияние, которое оказывает качество масел на работу машин.

Сырьем для получения моторных масел является мазут, который во время перегонки под вакуумом разделяется на масляные дистилляты и остаток, состоящий из полугрона и концентрата. Продукт вакуумной перегонки проходит очистку путем обработки одним или последовательно несколькими реагентами. После очистки - конечной стадии переработки - обычно получают готовые товарные моторные масла.

Моторные масла работают в наиболее тяжелых и неблагоприятных условиях по сравнению с другими смазочными материалами, независимо от рабочего процесса (дизели или бензиновые), удельной мощности и конструктивных особенностей двигателей. Функцией моторных масел является снижение трения и износа трущихся поверхностей, отвод тепла от нагреваемых деталей, предохранение от коррозионного разрушения, очистка поверхностей от накапливающихся продуктов загрязнения.

Моторное масло — важный элемент в двигателе, наравне с другими механическими деталями. Со временем оно теряет свои качества и требует замены для стабильной работы автомобиля. Для расчета периодичности этих действий нужно знать причины ее износа.

Главная задача моторного масла — уменьшить изнашивание деталей двигателя. Работа большей части двигателя внутреннего сгорания построена на трении, а смазочное вещество как раз его и нивелирует. Из-за этого не рекомендуется оставлять автомобиль без движения на долгое время: смазка стекает в поддон (картер) и после простоя двигатель работает «на сухую» некоторое время после запуска.

Помимо всего прочего, смазочное средство служит также своеобразным охладителем для трущихся деталей так же, как антифриз или радиатор. Еще важной задачей моторного масла является защита металлических деталей от коррозии. Многие части двигателя — клапаны, поршни, распредвалы и другие — работают при больших перепадах температур, сильном трении, воздействии продуктов сгорания и пр. Именно для этого важно контролировать периодичность замены смазочных материалов.

При эксплуатации автомобилей возникают проблемы, связанные с использованием моторных масел. Причиной тому служит отсутствие чётких сроков замены, что ведёт к необоснованному уменьшению сроков службы масел или, наоборот, к использованию масел с неудовлетворительными функциональными свойствами, приводящими к повышенному износу деталей двигателя.

Причина: сроки замены, записанные в заводской инструкции по эксплуатации транспортного средства, - среднестатистические, не учитывающие особенностей эксплуатации автомобилей.

Кроме большой номенклатуры и конструктивного разнообразия, автомобили отличаются многообразием рабочих процессов: циклы транспортировки к месту работы и обратно, при которых наработка измеряется в километрах пробега; непосредственная работа с приводом навесного оборудования от основного двигателя базового шасси, при которой наработка учитывается в моточасах, - что затрудняет общий учёт наработки двигателя.

## 1. Смазочные материалы.

Работа даже самых простых механизмов требует определённых условий. Прежде всего, это обеспечение перемещения двух сопряжённых частей с минимальными потерями энергии на трение. Эти вопросы рассматривает *трибология* (от греч. *tribos* – трение и логия) – научное направление, изучающее взаимодействие поверхностей, движущихся одна относительно другой и испытывающих взаимное трение с целью обеспечения более длительного функционирования рабочих элементов машин и механизмов.

Наиболее простой и надёжный способ снижения затрат энергии на трение – разделение трущихся поверхностей средой, в которой трение минимально. И постоянно, сколько существуют механизмы, техническая мысль ищет наиболее рациональные пути снижения трения. Сохранились сведения, что в обозе Александра Невского при посещении им Золотой Орды было несколько телег с запасами животного жира для смазывания осей колёс. Кроме того, применяли растительные масла – конопляное, сурепное, касторовое, оливковое, пальмовое и др. С появлением паровых машин потребности в смазочных материалах возросли. Использование дорогостоящих животных жиров и растительных масел стало невыгодно, к тому же это – продукты питания. Обратили внимание на масла минерального происхождения. После разгонки нефти оставался густой мазеобразный продукт – мазут. Использование чистого мазута в качестве смазочного материала желаемых результатов не принесло. Начали смешивать мазут с животными и растительными маслами, экономя ценные продукты. Великий учёный Д. И. Менделеев обратил внимание на мазут как сырьё для получения смазочных масел. Но возможность производить качественные смазочные материалы появилась только после исследования русским учёным Н. П. Петровым вопросов трения и роли смазочных материалов. Он разработал гидродинамическую теорию смазки и чётко сформулировал требования к смазочным материалам. Руководствуясь этими требованиями, химики обосновали технологии получения различных масел и смазок.

Поверхности любых, даже обработанных с высокой чистотой деталей, имеют выступы и впадины. Чем тоньше обработка, тем меньше шероховатостей на поверхности. Но идеально ровных поверхностей добиться нельзя, а повышение чистоты обработки удорожает стоимость деталей и механизма в целом. Поэтому идут по другому пути. Между

трущимися деталями помещают слой смазки. Прилегающие к поверхностям деталей слои смазки захватываются шероховатостями и перемещаются с такой же скоростью. Но между слоями смазки трение незначительно, чем и достигается энергосберегающий эффект. По наличию смазочного материала различают следующие виды трения:

– *трение без смазочного материала (сухое)*. Между трущимися поверхностями отсутствует слой смазки, и выступы поверхностей цепляют друг за друга, оказывая сопротивление перемещению. Вершины выступов обламываются, создавая заклинивающий эффект. В зонах контакта трущихся поверхностей возникают высокие температуры, в точечных зонах контакта возможно сваривание металла, в результате чего образуются задиры;

– *граничное трение*. Поверхности деталей в этом случае покрыты тонким слоем смазки, разделяющим эти поверхности. Но плёнка смазывающего материала весьма незначительна и легко разрушается при увеличении нагрузки. Наступает трение без смазочного материала;

– *полужидкостное трение*. Слой смазки при этом виде трения больше, чем при граничном. Происходит соприкосновение лишь отдельных выступов на поверхностях, разделённых слоем смазки, т.е. имеет место точечное граничное трение;

– *жидкостное трение*. В этом случае трущиеся поверхности полностью разделены слоем смазки. Потери на трение сводятся к преодолению незначительных усилий перемещения слоёв смазки между собой.

Гидродинамический режим смазывания нарушается при работе двигателя с резкими колебаниями нагрузки, попадании в зазор абразивных частичек, изменения заданной геометрической формы вала, деформированности узла, изменении вязкости масла.

Кроме основного назначения – снижения затрат энергии на трение – смазочные материалы обеспечивают сохранность техники при её хранении, уплотнение зазоров сопряженных деталей являются рабочим телом в различных системах гидроприводов.

## 2. Моторное масло

В целях обеспечения рабочего процесса, а также для выполнения защиты деталей и узлов двигателей внутреннего сгорания автомобилей применяется специальная смазочная жидкость, которая получила название моторное масло. Для качественной работы силового агрегата транспортного средства моторное масло должно осуществлять следующие ключевые функции:

- уменьшать силу трения между сопряженными движущимися деталями двигателя и, как следствие, предотвращать заклинивание за счет смазывания рабочих поверхностей;
- выполнять антикоррозийную и противозадирную защиту;
- осуществлять процесс охлаждения в местах высокой термонагруженности деталей двигателя в ходе рабочего процесса;
- выводить несгоревшее топливо из рабочей зоны;
- удалять в масляный фильтр появляющиеся инородные частицы.

В соответствии с возможностью применения того или иного вида моторного масла, оно подразделяется на соответствующие стандарты, допуски, классы. К основным таким классификаторам следует отнести:

- температурный режим эксплуатации;
- технические характеристики и тип силового агрегата (дизельный, бензиновый);
- основа для изготовления (синтетика, полусинтетика, минеральная, ПАО);
- используемые в составе варианты присадок для формирования соответствующих характеристик.

### 3. Эксплуатационные свойства масел и улучшение их присадками

Для обеспечения оптимальных условий работы мощных и высокооборотных современных двигателей внутреннего сгорания требуются высококачественные смазочные масла. Такие масла могут быть получены из нефти в весьма незначительных количествах или же их получение вообще невозможно. Для придания всего необходимого комплекса эксплуатационных свойств в масла добавляют присадки, которые улучшают один или несколько показателей качества. Присадки, улучшающие сразу несколько показателей качества, называют комплексными или многофункциональными.

Рассмотрим основные эксплуатационные свойства масел, присадки, улучшающие эти свойства и механизм действия присадок. К таким свойствам относят:

- вязкостно-температурные;
- моюще-диспергирующие;
- расклинивающие и полирующие;
- противоизносные;
- антикоррозионные;
- антифрикционные;
- пенообразующие;
- физическую и химическую стабильность;
- защитные свойства.

1. *Вязкостно-температурные свойства* являются важнейшими, определяющими качество масел. Масла, особенно моторные, работают в широком диапазоне температур – от температуры окружающего воздуха (зимой до минус 40 и даже 50 °С) и до 150...160 °С в картере прогретого двигателя при повышенных нагрузках. Как и у всех жидкостей вязкость масел возрастает при понижении температуры и снижается при нагревании. Особенно сильно меняется вязкость при температурах близких к 0 °С.

Большая вязкость снижает прокачиваемость масел и подачу парам трения (трибоузлам), вызывая интенсивный износ. Низкая вязкость уменьшает расклинивающий эффект, в результате чего происходит граничное трение, опять же с повышенным износом. Поэтому к маслам предъявляется требование возможно меньшего изменения вязкости при колебаниях температуры.

Вязкостно-температурные свойства отечественных масел в ГОСТах показывают при помощи индекса вязкости.

*Индекс вязкости* – условный параметр, отражающий результат сопоставления по вязкостным показателям данного масла с двумя эталонными маслами, вязкостно-температурные свойства одного из которых приняты за 100 (незначительные колебания вязкости при изменении температуры), а второго за 0 единиц (большое изменение вязкости). *Чем выше значение индекса вязкости, тем меньше изменяется вязкость в диапазоне колебаний температуры.*

Для существенного улучшения вязкостно-температурных свойств масел в них добавляют в количестве 2–5% загущающие присадки, наиболее распространенной из которых является *полиизобутилен* с молекулярной массой в пределах 10000–20000. Применяют также полиметакрилаты, полиалкил-стиролы и др. Действие загущающих присадок следующее: молекула полимера, имеющая длинную нитевидную структуру, при низких температурах свёрнута в «клубок» и существенно не влияет на вязкость масла. При нагревании масла молекула «разворачивается», уменьшая его текучесть. Для загущения подбирают масла с небольшой вязкостью – 3–6 сСт. После загущения вязкость масла несколько повышается (до 10–16 сСт) и от этих значений при колебаниях температуры отклоняется незначительно по сравнению с незагущенными маслами. Такие масла называют *всесезонными* и используют и зимой, и летом.

Для понижения температуры застывания смазочных масел при эксплуатации автомобилей в зимний период, а также в условиях крайнего Севера в масло добавляют до 1% депрессорных присадок. Они понижают температуру застывания масла за счёт снижения интенсивности образования кристаллов парафина при низких температурах. Для этого используют, например, полиметакрилат.

*Депрессор* представляет собой поверхностно-активное вещество. Его частицы постоянно находятся во взвешенном тонкодисперсном состоянии и адсорбируются мелкими кристаллами парафинов. В результате изменяется характер кристаллизации – прекращается рост кристаллов, образуется непрочная кристаллическая решётка, что способствует сохранению подвижности масла при низких температурах. Товарные депрессорные присадки при введении в масло в количестве 0,5% снижают температуру застывания масла на 17...24 °С.

*2. Моюще-диспергирующие свойства* характеризуют способность масла обеспечивать поддержание чистоты деталей двигателя, поддерживать продукты окисления и загрязнения во взвешенном состоянии в слое масла до их улавливания фильтрами. Детали двигателя остаются чистыми, как бы вымытыми, отсюда и название. Добавляют моющее-диспергирующие



присадки в количестве 3–10%. Различают две группы моюще-диспергирующих присадок:

– *зольные* – сульфонаты, феноляты, салицилаты металлов (бария, кальция, магния и др.). Механизм действия зольных моющих присадок объясняют их адсорбцией на поверхности нерастворимых в масле частиц. В результате адсорбции вокруг каждой частицы образуется оболочка из углеводородных радикалов. Эта оболочка препятствует слиянию частиц в более крупные. Кроме того, одноимённые электрические заряды снаружи оболочек соседних частиц вызывают отталкивание друг от друга даже достаточно крупных частиц. При работе двигателей на топливах с высоким содержанием серы щелочные моюще-диспергирующие присадки препятствуют нагаро- и лакообразованию на деталях двигателя в результате нейтрализации кислот, образующихся из продуктов сгорания топлива.

Металлосодержащие моющие присадки повышают зольность масла, что может приводить к таким нежелательным явлениям, как образование зольных отложений в камере сгорания, закорачивание электродов свечей зажигания, преждевременное воспламенение рабочей смеси или детонация, прогорание выпускных клапанов, абразивной износ. Поэтому сульфатную зольность масел обычно ограничивают верхним пределом. Её значение зависит от конструкции двигателя, расхода масла на угар и условий эксплуатации, в частности от содержания серы в топливе.

Некоторые водители стремятся использовать моторное масло более высокого качества, чем рекомендуемое. Но качество масла повышают добавлением в него присадок, в том числе и моющих. И если двигатель не предназначен для работы при повышенных зольных отложениях, происходит повышенный абразивный износ деталей.

– *беззольные присадки* – это чисто органические соединения: сукцинимиды, сополимерные продукты и т. д.

Итак, действие моюще-диспергирующих присадок основано на их способности:

– стабилизировать нерастворимые продукты окисления углеводородов масел в тонкодисперсном состоянии, не допуская укрупнения этих частиц, их выпадения из масла и оседания на деталях;

– диспергировать уже образовавшиеся крупные частицы и переводить их в мелкодисперсное состояние, т. е. размельчать;

– переводить в коллоидный раствор продукты окисления на разных стадиях процесса окислительной полимеризации масла;

– нейтрализовать кислые продукты, образующиеся при сгорании топлива и окисления масла;

– формировать на металлических поверхностях деталей, или на границе твёрдое тело-масло двойной электрический слой, обладающий отталкивающим действием и препятствующий образованию отложений.

Действие диспергирующих присадок особенно заметно проявляется при работе двигателя на низкотемпературных режимах при резкой интенсификации загрязнения масла. Добавление в моторное масло эффективных диспергирующих присадок позволяет увеличить срок службы бумажных фильтрующих элементов полнопоточных масляных фильтров в 3–4 раза.

Потеря диспергирующего эффекта в процессе работы масла в двигателе неизбежно сказывается на ускорении загрязнения масла и деталей. Отсюда вывод: снижение моюще-диспергирующих свойств масла – сигнал к его замене.

*Отложения на деталях узлов и агрегатов* можно разделить на 2 вида:

- низкотемпературные (осадки, шлам);
- высокотемпературные (лаки, нагары).

*Низкотемпературные отложения* осаждаются на поддоне картера двигателя, на стенках картеров агрегатов трансмиссии, в маслопроводах, на фильтре, сетке приёмника масляного насоса, в клапанной коробке в виде липких мазеобразных веществ серо-коричневого или чёрного цвета. Состав осадка:

- масло – 50–80%;
- вода – 5–35%;
- продукты окисления масла;
- механические примеси.

Негативное влияние низкотемпературных отложений:

- загрязнение системы смазки;
- снижение пропускной способности маслопроводов;
- увеличение сопротивления фильтров прохождению масла;
- снижение (до прекращения) подачи масла к трибоузлам.

Интенсивность отложений зависит в основном от присутствия воды в картерах агрегатов. Поэтому при эксплуатации двигателя зимой желательно не допускать конденсации паров воды в картере. Для этого необходимо поддерживать оптимальный тепловой режим (75...85 °С) и следить за исправностью системы вентиляции картера.

Большее количество осадков образуется при работе двигателя на обогащенной смеси – с прикрытой воздушной заслонкой и на режиме холостого хода. Поэтому прогревать двигатель целесообразно на повышенных оборотах, не прикрывая воздушную заслонку.

При попадании в картер большого количества отработавших газов происходит интенсивное окисление масла, что вызывает рост образования низкотемпературных отложений

*Высокотемпературные отложения* (лаки и нагары) образуются на деталях подверженных воздействию высоких температур, но встречаются и на сепараторах сильно нагретых подшипников качения. Там, где температура достигает 80...150 °С и масло расположено тонким слоем, происходит образование плёнки, похожей на лаковое покрытие. Плёнка имеет цвет от светло-жёлтого и коричневого до чёрного и состоит из 81–85% углерода, 7–9% водорода и 6–10% кислорода, очень прочно удерживаясь на поверхности деталей.

Поршневые кольца должны свободно перемещаться в своих канавках. Лаковые отложения способствуют пригоранию (залеганию) колец. Это ведёт к снижению компрессии, понижению мощности двигателя и ускоренному окислению масла прорывающимися в картер отработавшими газами. Лаковый налёт является хорошим теплоизолятором, вызывая перегрев деталей со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Степень лакообразования зависит от теплового режима двигателя, технического состояния цилиндра-поршневой группы и качества применяемого масла. Чем напряжённее тепловой режим работы двигателя (выше степень сжатия), тем интенсивнее процесс лакообразования. В процессе работы двигателя на лаковую плёнку непрерывно попадают новые порции масла, сажи, частиц кокса и т. д. Загрязнение масляной плёнки продуктами сгорания приводит к образованию нагара. При росте слоя нагара его поверхность будет нагреваться всё сильнее и наступает такой момент, когда отложение нагара в камере сгорания прекратится, так как новые порции масла будут сгорать полностью, образуя такие соединения, которые не смогут удерживаться на поверхности нагара.

Причины нагарообразования:

– тепловой режим двигателя (чем выше тепловая напряжённость, тем, как правило, меньше образуется нагара, вследствие сгорания частиц верхнего слоя);

– качество моторного масла;

– вязкость масла (жидкое масло легче попадает в камеру сгорания);

– устойчивость масла к окислению при высоких температурах (чем она меньше, тем быстрее увеличивается слой нагара);

– содержание зольных присадок, увеличивающее нагарообразование.

3. *Расклинивающие и полирующие свойства* масел оказывают существенное влияние на интенсивность износа трущихся поверхностей.

Расклинивающее действие связано со смазывающими свойствами масла, т. е. способностью смазочного материала образовывать между трущимися поверхностями граничную масляную плёнку, обладающую определённой прочностью и препятствующую непосредственному контакту металла с металлом. Прочность плёнки прежде всего зависит от химического состава масел и наличия в них соединений с электростатически заряженными (поляризованными) молекулами. Атомы в таких молекулах расположены так, что на одном конце вытянутой молекулы образуется положительный, а на другом – отрицательный заряд, т.е. молекула, образует диполь. К таким веществам относят некоторые сернистые соединения, органические кислоты, смолы, а также специально вводимые в масла противоизносные и противозадирные присадки.

Схематично можно представить, что полярно-активные молекулы притягиваются к поверхности металла, образуя плёнку толщиной в одну молекулу, на которой наращиваются последующие слои. Аналогичное явление происходит и на другой поверхности. Рентгеноструктурные исследования показывают, что строгая ориентация полярных молекул доходит до 500 слоёв, что соответствует толщине слоя примерно в 1 мкм. Следовательно, трущиеся поверхности разделены плёнками смазочного масла, наружные молекулы которых имеют одинаковый электрический заряд. Так как одноименные заряды отталкиваются, то их электрических межмолекулярных взаимодействий достаточно для того, чтобы предотвратить непосредственный контакт металлов поверхностей даже при значительных удельных нагрузках. В толще масла, разделяющей поверхности молекулы расположены хаотично. При условии невытекания масла из зазора между трущимися поверхностями (для этого устраивают различные уплотнения), оно поддерживает нагруженную поверхность в «плавающем» положении даже при значительных нагрузках, т. е. имеет место режим жидкостного трения.

Масло в двигателе с течением времени окисляется. Из-за окисления нестойких углеводородов увеличивается содержание органических кислот и смол, которые являются поляризованными молекулами и способствуют утолщению масляной плёнки на поверхностях трения. Но при этом возрастает интенсивность образования различных отложений и коррозионный износ цветных металлов. Поэтому сроки службы масел, несмотря на некоторое улучшение плёнообразующих свойств, ограничивают.

Полирующий эффект наблюдается в первую очередь в механизмах, работающих при высоких удельных давлениях и температурах: в зубчатых

передачах, особенно гипоидных; высоконагруженных подшипниках качения.

4. *Противоизносные свойства* определяют способность масел снижать интенсивность износа трущихся поверхностей.

При работе узлов и механизмов всегда происходит износ поверхностей трущихся пар. Основной вид трения в процессе эксплуатации автомобиля – полужидкостное. Жидкостное трение, практически исключая износ, обеспечивать во всех узлах трения экономически невыгодно. Полужидкостное трение в некоторых случаях переходит в граничное, тогда износ значительно увеличивается. При значительных и резко изменяющихся по величине (ударных) нагрузках наблюдается разрыв масляной плёнки и наступает так называемое масляное голодание. При этом на поверхностях деталей могут возникать задиры.

Кроме механического износа поверхности деталей подвергаются и химической коррозии – коррозионному износу. Детали двигателей соприкасаются с химически агрессивными веществами, находящимися в горючесмазочных материалах и образующихся в процессе использования эксплуатационных материалов.

Предохранение трущихся поверхностей от износа является основным предназначением любого смазочного материала. Второй по важности задачей можно назвать снижение затрат энергии на трение.

Противоизносные свойства масел оценивают по следующим показателям:

- плёнкообразующая способность;
- вязкость;
- индекс вязкости;
- наличие механических примесей.

Образование масляной плёнки на поверхностях трущихся пар деталей подробно рассмотрено в предыдущем пункте. Раньше считалось, что для уменьшения износа необходимо использовать высоковязкие масла, образующие прочный масляный слой – так называемые «нигролы». Сейчас доказано, что максимальный износ происходит при пуске и прогреве механизма, когда густые высоковязкие масла создают сильное «масляное голодание» при работе холодных агрегатов. Высокая эффективность таких масел достигается только при предварительном нагреве перед пуском до рабочей температуры.

Самые высококачественные масла не обеспечат работы механизмов без износа если в них будет находиться хотя бы небольшое количество механических примесей. Количество механических примесей жёстко

ограничивается и для моторных масел должно быть не более 0,015%. Определение производят с помощью аналитических весов.

С целью снижения содержания в маслах механических примесей масло должно обладать высокими диспергирующими свойствами для предотвращения оседания этих примесей. Это обеспечит циркуляцию примесей по системе и задерживание их в фильтрах. Для тщательной очистки масла используют самые различные фильтры: от щелевых – грубой очистки до центробежных, которые при высоких частотах вращения (более 5000 мин<sup>-1</sup>) обеспечивают отделение пылевидных частиц.

Степень износа можно снизить введением противоизносных и противозадирных присадок. По механизму действия эти присадки можно условно разделить на две группы:

- поверхностно-активные вещества (ПАВ), адсорбирующиеся на рабочих поверхностях деталей и образующие ориентированную структуру в пристеночном слое (физическая адсорбция), т. е. образование масляной плёнки;

- химически активные вещества, при действии которых на поверхности металла образуются новые соединения (хемосорбция), т. е. полирующее действие масел.

5. *Антикоррозионные свойства* масел являются важным показателем их эффективности при применении, т.к. одним из назначений смазочного масла является защита металлических поверхностей от коррозии. Однако в ряде случаев масла и сами могут быть коррозионно активны. Особенно сильную коррозию вызывают минеральные кислоты, поэтому их присутствие в маслах не допускается. Но при использовании сернистых и высокосернистых топлив, сера, сгорая, образует сернистый и серный газы. Они, соединяясь с водой, образуют сернистую и серную кислоты, очень агрессивные по отношению к металлам, особенно цветным. Моющие присадки частично нейтрализуют серную кислоту, образуя неактивные соли, задерживаемые фильтрующими устройствами.

Увеличение применения более дешёвых видов топлива с высоким содержанием серы предопределило специальные меры для защиты поверхности деталей от коррозии, в частности – разработку и применение антикоррозионных присадок.

Агрессивность органических кислот значительно ниже, они более активны по отношению только к цветным металлам и их сплавам. Эти кислоты присутствуют в маслах всегда, ограничивают только их количество, которое определяют кислотным числом. Кислотное число показывает, сколько миллиграммов едкого калия необходимо для

нейтрализации кислот, содержащихся в 1 г масла. В процессе использования масла количество органических кислот в нём увеличивается. Они способствуют разрушению подшипниковых сплавов, бронзовых и латунных втулок и других деталей.

Значительно усиливает коррозию присутствие воды. В свежих маслах присутствие воды не допускается, но она может накапливаться при хранении, транспортировании и применении масел. Попадает вода и с прорывающимися в картер из камеры сгорания продуктами горения топлива.

Коррозийность масел оценивают по потере массы пластинки (чаще – свинцовой), выраженной в граммах на квадратный метр поверхности ( $\text{г/м}^2$ ) при омывании пластин горячим маслом в течение определённого времени.

Таким образом, коррозионные свойства масел проявляются при присутствии в них агрессивных веществ, а также соединений, образующихся при окислении ингредиентов масла. Чем дольше служит масло, тем оно более коррозионно агрессивно. Поэтому в масла добавляют различные антиокислители и антикоррозионные присадки.

Антиокислители по механизму действия делят на присадки, тормозящие образование активных радикалов в начальной стадии цепного окисления, и на вещества, не только тормозящие это образование, но и разлагающие уже образовавшиеся пероксиды, переводящие их в стабильное к окислению состояние, не давая тем самым распространяться цепной реакции. К антиокислительным присадкам относят также вещества, уменьшающие активность каталитического действия металлов, их оксидов и солей на процесс окисления – *пассиваторы* металлов. Пассиваторы являются одновременно и антикоррозионными присадками. Они образуют на поверхности металлов стойкие адсорбционные или химически связанные плёнки, не допуская каталитического воздействия металлов на процесс окисления, а также обеспечивают защиту металла от коррозионного действия всё – таки образовавшихся продуктов окисления.

*Антикоррозионные присадки* – это, в основном, органические соединения, содержащие в молекуле серу или фосфор или оба эти элемента. Они способны образовать на поверхности металла стойкие защитные плёнки, предохраняющие детали от коррозии.

Для предотвращения коррозионного действия продуктов окисления, а главное – нейтрализации коррозионно-агрессивных продуктов сгорания сернистых топлив, в масла вводят также *щелочные присадки*, например, сульфонаты. С увеличением в масле концентрации нейтрализующих

(щелочных) присадок заметно снижается коррозионный износ деталей цилиндропоршневой группы.

6. *Антифрикционные свойства* смазочных масел определяют величину потерь энергии, образующейся при сгорании горючего, на преодоление сил трения в двигателе. Эти потери снижают мощность, снимаемую с маховика коленчатого вала. Для того чтобы получить необходимую мощность приходится увеличивать подачу горючего, что вызывает его перерасход. Повышают способность масла снижать затраты на трение с помощью присадок. Широкое распространение получили маслорастворимые молибдено-органические соединения, например дитиосульфаты молибдена, а также дисперсии дисульфида молибдена  $\text{MoS}_2$ , графита. Применяют и многие поверхностно-активные вещества: жирные кислоты, их эфиры и соли, а также синтетические жиры. Адсорбированные ПАВ удерживаются на поверхности металла непрочно и при температуре выше  $140\text{ }^\circ\text{C}$  они обычно десорбируются с поверхности, т. е. их антифрикционное действие прекращается.

При необходимости в масла могут быть введены и фрикционные присадки, которые обеспечивают значение статического коэффициента трения меньше, чем коэффициента трения при взаимном перемещении деталей. Такие присадки обеспечивают плавное, без скачков, трение. К фрикционным присадкам относится спермацетовое масло.

Стеарат алюминия, азотсодержащие производные фосфорных и дитиофосфорных кислот и аминные соли диалкилдитиофосфорных кислот (последние эффективны в малых концентрациях) являются также и противоизносными присадками, т. е. их можно назвать многофункциональными.

В России выпускаются антифрикционные присадки ПАФ-4 «Фриктол» на основе трисульфида молибдена  $\text{MoS}_3$ , а также усовершенствованная присадка ПАФ-4-«экомин», добавление которой в масло снижает износ двигателя и даёт экономию горючего.

7. *Пенообразующие свойства* масел в большой степени влияют на их эффективность при смазке. В процессе работы узлов и агрегатов масло активно перемешивается, взбалтывается и разбрызгивается, в результате чего в него попадают воздух, пары топлива и отработавшие газы. Они изменяют химическую структуру масла, а выходя из масла образуют пену. Наличие пены резко ухудшает плёнообразующие свойства масел, вызывает граничное трение. Вспененное масло легче, возрастают потери через сапуны, маслоналивные отверстия. При интенсивном пенообразовании



возможно появление пены у маслоприёмника масляного насоса, что вызовет масляное голодание.

На пенообразование сильно влияет наличие в масле воды, а также смол, играющих роль поверхностно-активного вещества, интенсифицирующего процесс пенообразования. Чем выше вязкость масла, тем стабильнее пузырьки пены.

Основным методом борьбы с пенообразованием является добавление в масло *антипенных присадок* – полисилоксанов или силиконов. Механизм их действия заключается в том, что они способствуют образованию на границе раздела сред масло-воздух тончайшей плёнки, которая ускоряет «схлопывание» пузырьков пены и препятствует проникновению газов в масло. Наиболее распространенной антипенной присадкой является ПМС-200А, используемая и для моторных, и для трансмиссионных масел. Присадку добавляют в количестве 0,002–0,005%. Необходимо помнить, что при сгорании противопенной присадки образуется абразивный оксид кремния SiO<sub>2</sub>.

8. *Стабильность* масел определяет сохранение физических свойств масла: вязкости, температуры кипения, плотности, фракционного состава. Основной фактор, влияющий на изменение указанных показателей – испарение лёгких фракций.

*Химическая стабильность* показывает способность масла противостоять химическим превращениям, составляющим его веществ с образованием новых соединений.

Все масла, полученные из мазута, обладают при температурах ниже +50 °С высокой физической и химической стабильностью. При транспортировании и хранении они заметно не изменяют своих свойств, если не считать обратимого нарушения однородности, вызываемого кристаллизацией парафинов при охлаждении и исчезающего при нагревании. Поэтому запасы масел в резервуарах и таре можно хранить от 6 до 10 лет в зависимости от марки.

В тех случаях, когда температура масел превышает +50 °С, что постоянно наблюдается при их использовании, их стабильность (и физическая, и химическая) резко снижается. Рабочая температура даже трансмиссионных масел у многоосных автомобилей (колёсная формула 8х8) при длительной работе достигает 200 °С. Смазываемые детали кривошипно-шатунного механизма нагреваются до 400 °С (днище поршня).

Изменение физических свойств масел происходит при его интенсивном испарении с ростом температуры. Кроме того, уменьшается количество масла в системе смазки. Чтобы уменьшить расход и изменение свойств

масла необходимо применять масла определённого для данного двигателя фракционного состава. Самый простой метод оценки фракционного состава смазочных масел – определение температуры вспышки паров, т. е. минимальной температуры, при которой интенсивность испарения возрастает настолько, что смесь его паров и воздуха вспыхивает (и сразу гаснет) при поднесении открытого пламени. По температуре вспышки можно ориентировочно оценить испаряемость масел, а также установить наличие у них легколетучих фракций. Чем выше температура вспышки, тем меньше испаряемость масла, т. е. выше его физическая стабильность.

Особенно негативное влияние оказывает недостаточная химическая стабильность, вызывающая химические превращения в масле. В результате образуются коррозионно-агрессивные соединения, возникают лаковые отложения. Окисление (сгорание) масла при высоких температурах в камере сгорания вызывает образование нагара. Чем выше термо-окислительная стабильность масла, тем меньше образуется нагара, тем надёжнее работает двигатель.

Для снижения склонности масел к окислению, в них вводят антиокислительные присадки.

Стойкость масел к окислению повышается при введении в них диалкил- и диарилдитиофосфатов цинка и других металлов. Часто их комбинируют друг с другом, либо вводят в сочетаниях с беззольными антиокислителями. К числу последних относятся амины, беззольные тиофосфаты и другие. Проявляют антиокислительные свойства и некоторые моюще-диспергирующие присадки, в частности алкилсалицилатные и алкилфенольные.

Действие антиокислительных присадок двояко: они разлагают образующиеся оксиданты и пассивируют (покрывают плёнкой, отделяют) металлы, являющиеся сильными катализаторами окисления.

Антиокислительные свойства моторных масел оценивают по увеличению вязкости при работе двигателя (лабораторной установки).

9. *Защитные свойства* смазочных масел – способность защищать поверхность металла от коррозионного воздействия воды, газов и других веществ, вызывающих коррозию. Различают два вида защиты рабочих поверхностей деталей и агрегатов от коррозии:

- защита от коррозионного воздействия продуктов химических превращений масла и сгорания топлива;
- защита от коррозии при длительном хранении.

Как указывалось выше, при определённых условиях само масло может быть коррозионно-агрессивным. В то же время необходимо надёжно

защитить трущиеся поверхности, которым подаётся масло и которые подвержены наиболее интенсивному износу. Коррозионное воздействие в основном, создается органическими и минеральными кислотами. Для борьбы с этим необходимо обеспечить эффективную вентиляцию картера, работу двигателя при оптимальном тепловом режиме и нейтрализацию кислых соединений. Последнее обеспечивается приданием маслу щелочных свойств с помощью присадок.

На скорость коррозионного разрушения значительно влияет вода, попадающая с обводнённым маслом, отработавшими газами, прорывающимися в картер, а также при конденсации на холодных наружных стенках блока при прогреве двигателя. Для повышения защитных свойств масел необходимо строго соблюдать условия их хранения и транспортирования, поддерживать двигатель в технически исправном состоянии и грамотно его эксплуатировать.

Под защитными свойствами масел при длительном хранении техники, находящейся на консервации, понимают способность защищать металлические поверхности от негативного воздействия влаги, кислорода и других химически активных газов, находящихся в атмосфере. Защита ведётся по двум направлениям:

1. Защита поверхностей созданием масляной плёнки, препятствующей доступу агрессивных веществ к металлу - физическая защита. Однако масляная плёнка, утончаясь со временем, не может служить надёжной преградой. Кроме того, в ней возможно образование коррозионно-агрессивных веществ. Проникая через масляную пленку, влага и содержащиеся в ней вещества способствуют развитию электрохимической коррозии. Поверхностный слой разрыхляется и разрушается, вызывая ускоренный износ при эксплуатации. Этот вид коррозии наиболее сильно проявляется при длительных перерывах в работе – например сезонном использовании сельскохозяйственной техники и большей части индивидуального легкового транспорта. Так, износ деталей двигателей сезонно используемой сельскохозяйственной техники в 3–5 раз больше, чем двигателей круглогодичной эксплуатации. Установлено также, что значительная коррозия деталей имеет место при малых суточных пробегах.

Основным способом защиты поверхностей от коррозии является использование консервационных или рабоче-консервационных масел. Последним отдают предпочтение, так как не требуется смены масла при снятии техники с хранения. Такие масла получают при добавлении в смазочное масло специальных *ингибиторов коррозии*, создающих на поверхности деталей прочные защитные плёнки. Созданы различные

ингибиторы для разнообразных условий применения – водорастворимые, водомаслорастворимые и маслорастворимые. При введении в масло ингибиторов коррозии, а также противокоррозионных и антиржавейных присадок, оно приобретает рабочие-консервационные свойства. Защитные свойства таких масел определяют по физико-химическим показателям, влаго- и газопроницаемости, сползаемости и смываемости, а также по состоянию поверхности металлических пластин с нанесённым покрытием путём проведения электрометрических испытаний и натурной проверки защищаемых образцов.

#### 4. Классификация моторных масел

С целью упорядочения масел и облегчения процедуры их подбора для конкретного типа двигателя был разработан ряд международных стандартов. В настоящее время ведущие мировые производители используют следующие общепризнанные классификации моторных масел:

- SAE – Общество автомобильных инженеров;
- API – Американский институт нефти;
- ACEA – Ассоциация европейских производителей автомобилей.
- ILSAC – Международный комитет по стандартизации и апробации моторных масел.

Отечественные масла также проходят сертификацию по ГОСТ.

#### **Классификация моторных масел по SAE**

Одним из основных свойств моторных масел является вязкость, которая изменяется в зависимости от температуры. Классификация SAE разделяет все масла в зависимости от их вязкостно-температурных свойств на следующие классы:

- Зимние – 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W;
- Летние – 20, 30, 40, 50, 60;
- Всесезонные масла обозначаются сдвоенным номером, например, 0W-30, 5W-40.

Класс по SAE	Низкотемпературная вязкость		Высокотемпературная вязкость		
	Проворачивание	Прокачиваемость	Вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при 100 °С		Мин.вязкость, мПа*с, при 150 °С и скорости сдвига 10 <sup>6</sup> с <sup>-1</sup>
	Максимальная вязкость, мПа*с		Min	Max	
0W	6200 при -35 °С	60000 при -40 °С	3.8	—	—
5W	6600 при -30 °С	60000 при -35 °С	3.8	—	—
10W	7000 при -25 °С	60000 при -30 °С	4.1	—	—
15W	7000 при -20 °С	60000 при -25 °С	5.6	—	—
20W	9500 при -15 °С	60000 при -20 °С	5.6	—	—
25W	13000 при -10 °С	60000 при -15 °С	9.3	—	—

20	—	—	5.6	< 9.3	2.6
30	—	—	9.3	< 12.6	2.9
40	—	—	12.6	< 16.3	3.5 (0W-40; 5W-40; 10W-40)
40	—	—	12.6	< 16.3	3.7 (15W-40; 20W-40; 25W-40)
50	—	—	16.3	< 21.9	3.7
60	—	—	21.9	< 26.1	3.7

Основной характеристикой зимних масел является низкотемпературная вязкость, которая определяется показателями проворачивания и прокачиваемости. Максимальная низкотемпературная вязкость проворачивания измеряется по методу ASTM D5293 на вискозиметре CCS. Этот показатель соответствует значениям, при которых обеспечивается требуемая для запуска двигателя частота вращения коленчатого вала.

Вязкость прокачиваемости определяется по методу ASTM D4684 на вискозиметре MRV. Температурный предел прокачиваемости определяет минимальную температуру, при которой насос способен подавать масло к деталям двигателя, не допуская сухого трения между ними. Вязкость, обеспечивающая нормальную работу системы смазки, не превышает 60 000 мПа\*с.

Для летних масел установлены минимальные и максимальные значения кинематической вязкости при 100 °С, а также показатели минимальной динамической вязкости при температуре 150 °С и скорости сдвига 10<sup>6</sup> с<sup>-1</sup>.

Всесезонные масла должны удовлетворять требованиям, которые определены для соответствующих классов зимних и летних масел, входящих в обозначение.

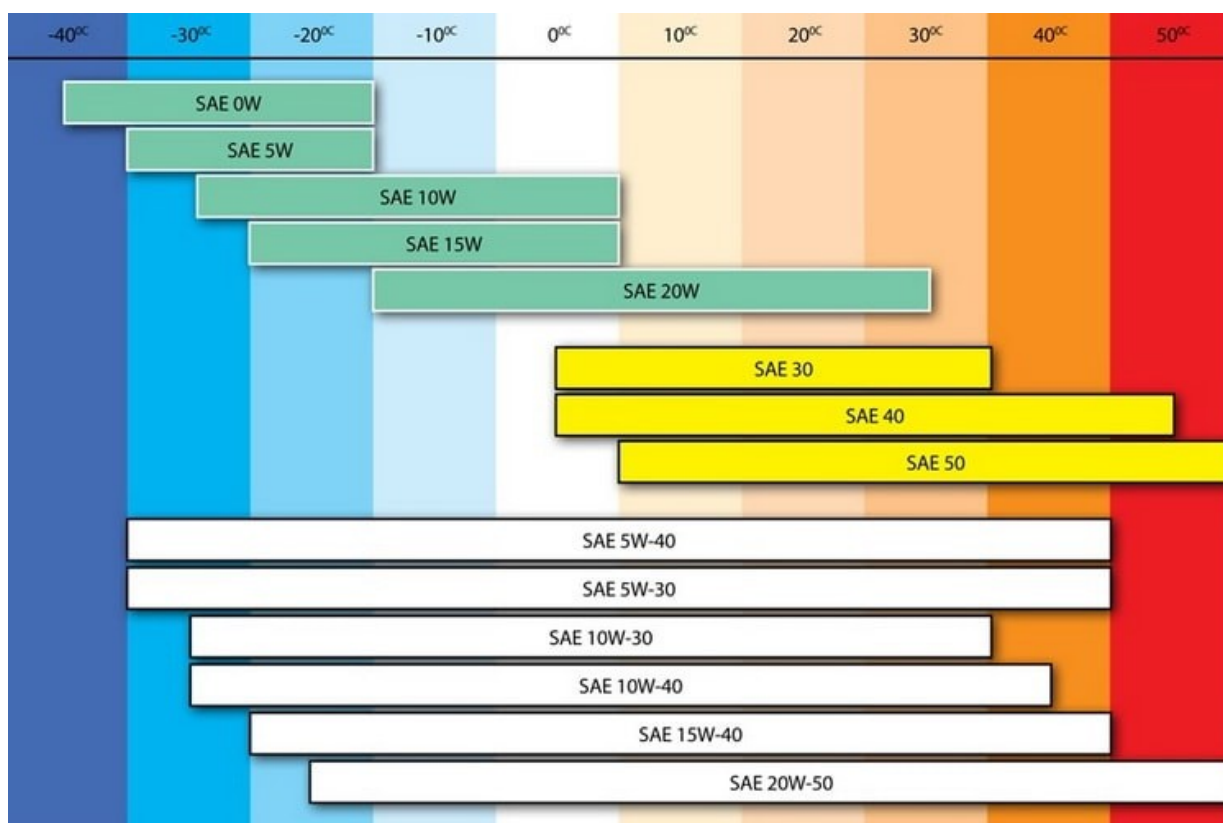


Рисунок 1. Классификация моторных масел по SAE

### Классификация моторных масел по API

Основными показателями масел в соответствии с классификацией API являются: тип двигателя и режим его работы, эксплуатационные свойства и условия применения, год выпуска. Стандартом предусмотрено разделение масел на две категории:

- Категория «S» (Service) – масла, предназначенные для 4-тактных бензиновых двигателей;
- Категория «C» (Commercial) – масла для дизельных двигателей автотранспорта, дорожно-строительной техники и сельскохозяйственных машин.

В обозначение класса масла входят две буквы: первая – категория (S или C), вторая – уровень эксплуатационных свойств.

Обозначения API для бензиновых моторов:

- \* SC — автомобили, разработки до 1964 годов
- \* SD — автомобили, разработки 1964-1968 годов
- \* SE — автомобили, разработки 1969-1972 годов
- \* SF — автомобили, разработки 1973-1988 годов
- \* SG — автомобили, разработки 1989-1994 годов, для жестких условий эксплуатации
- \* SH — автомобили, разработки 1995-1996 годов, для жестких условий эксплуатации

\* SJ — автомобили, разработки 1997-2000 годов, лучше энергосберегающие свойства

\* SL — автомобили, разработки 2001-2003 годов, увеличенный срок эксплуатации

\* SM — автомобили разработки с 2004 года, SL+ повышенная стойкость к окислению

При смене типа масла, по классификации API можно идти лишь «по возрастающей», и менять класс лишь на парочку пунктов. К примеру, вместо SH использовать SJ, обычно масло более высокого класса уже содержит необходимые присадки «предыдущего» масла. Однако, к примеру переходить с SD (для старых авто) на SL (для современных авто) не следует — масло может оказаться слишком уж агрессивным.

Обозначения API для дизельных моторов:

\* CB — автомобили до 1961 г., высокое содержание серы в топливе

\* CC — автомобили до 1983 г., работающие в тяжелых условиях

\* CD — автомобили до 1990 г., много серы в топливе и тяжелые условия работы

\* CE — автомобили до 1990 г., двигатель с турбиной

\* CF — автомобили с 1990 г., с турбиной

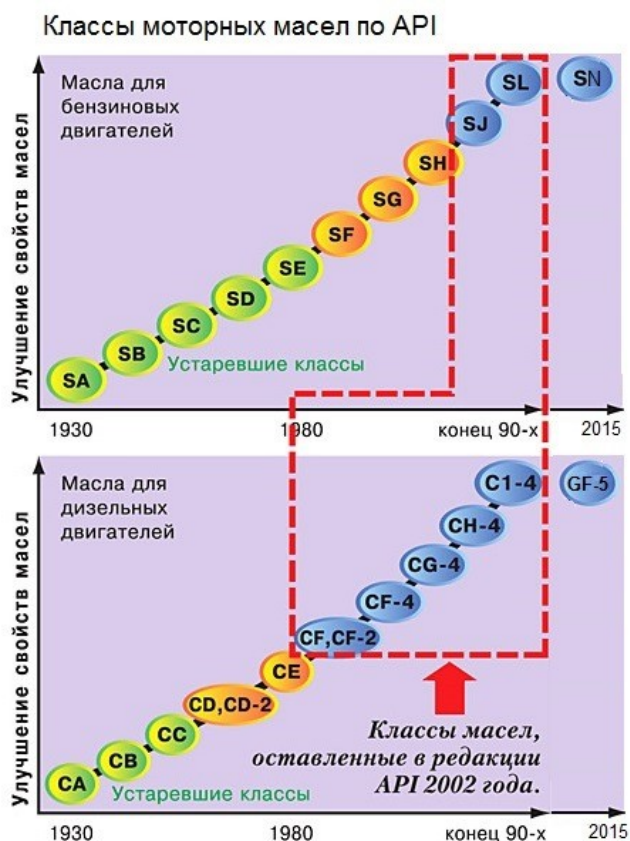
\* CG-4 — автомобили с 1994 г., с турбиной

\* CH-4 — автомобили с 1998 г., под высокие нормы токсичности США

\* CI-4 — современные автомобили, с турбиной, с клапаном EGR

\* CI-4 plus — аналогично предыдущему, под высокие нормы токсичности США

Цифры в обозначениях (например, CF-4, CF-2) дают представление о применимости масел в 2-х или 4-тактных двигателях.





Класс API	Эксплуатационные условия
Категория S	
SH	Масла, предназначенные для бензиновых двигателей легковых автомобилей, фургонов и легких грузовиков. Класс SH предусматривает улучшение показателей класса SG, на смену которому он пришел.
SJ	Обеспечивает соответствие требованиям SH, а также вводит дополнительные требования в отношении расхода масла, энергосберегающих свойств и стойкости к образованию отложений при нагреве.
SL	Предусматривает улучшение антиокислительных, энергосберегающих и моющих свойств масел.
SM	Устанавливает еще более жесткие требования к моторным маслам.
SN	Стандарт применяет дополнительные требования к обеспечению энергосберегаемости и износостойкости, а также подразумевает уменьшение износа резино-технических изделий двигателя. Масла класса API SN можно использовать в двигателях, работающих на биотопливе.
Категория C	
CH-4	Применяется для масел, используемых в высокоскоростных дизельных двигателях.
CI-4	Применяется для масел, используемых в высокоскоростных дизельных двигателях. Предусматривает использование масел при содержании в дизельном топливе серы до 0.5%. Обеспечивает увеличение срока эксплуатации двигателей с системой рециркуляции отработанных газов (EGR). Предъявляются дополнительные требования к противокислительным свойствам, износостойкости, образованию отложений, вспениванию, деградации уплотнительных материалов, потере вязкости при сдвиге.
CJ-4	Применяется для масел, используемых в высокоскоростных дизельных двигателях. Предусматривает возможность использования при содержании серы в дизельном топливе до 0.05% по массе. Масла, соответствующие классу CJ-4, особенно эффективно работают в двигателях с сажевыми фильтрами (DPF) и другими системами нейтрализации отработавших газов. Также они

обладают улучшенными антиокислительными свойствами, стабильностью в широком диапазоне температур, стойкостью к образованию отложений.

### Классификация моторных масел по ACEA

Классификация ACEA была разработана Ассоциацией европейских производителей автомобилей в 1995 году. Последнее издание стандарта предусматривает разделение масел на три категории и 12 классов:

- А/В – бензиновые и дизельные двигатели легковых автомобилей, фургонов, микроавтобусов (А1/В1-12, А3/В3-12, А3/В4-12, А5/В5-12);
- С – бензиновые и дизельные двигатели с катализатором отработавших газов (С1-12, С2-12, С3-12, С4-12);
- Е – тяжелонагруженные дизельные двигатели (Е4-12, Е6-12, Е7-12, Е9-12).

В обозначении по ACEA помимо класса моторного масла указывается год его введения в действие, а также номер издания (в случае, если были обновлены технические требования).



Рисунок 3. Классификация моторных масел по ACEA

## Классификация моторных масел по ГОСТ

Согласно ГОСТ 17479.1-85 моторные масла разделяются на:

- классы по кинематической вязкости;
- группы по эксплуатационным свойствам.

По кинематической вязкости ГОСТ 17479.1-85 подразделяет масла на следующие классы:

- летние – 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24;
- зимние – 3, 4, 5, 6;
- всесезонные – 3<sub>з</sub>/8, 4<sub>з</sub>/6, 4<sub>з</sub>/8, 4<sub>з</sub>/10, 5<sub>з</sub>/10, 5<sub>з</sub>/12, 5<sub>з</sub>/14, 6<sub>з</sub>/10, 6<sub>з</sub>/14, 6<sub>з</sub>/16 (первая цифра указывает на зимний класс, вторая на летний).

Классы вязкости моторных масел по ГОСТ 17479.1-85:

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при температуре 100 °С		Кинематическая вязкость при температуре -18 °С, мм <sup>2</sup> /с, не более
	не менее	не более	
3 <sub>з</sub>	3.8	—	1250
4 <sub>з</sub>	4.1	—	2600
5 <sub>з</sub>	5.6	—	6000
6 <sub>з</sub>	5.6	—	10400
6	5.6	7.0	—
8	7.0	9.3	—
10	9.3	11.5	—
12	11.5	12.5	—
14	12.5	14.5	—
16	14.5	16.3	—
20	16.3	21.9	—
24	21.9	26.1	—
3 <sub>з</sub> /8	7.0	9.3	1250
4 <sub>з</sub> /6	5.6	7.0	2600
4 <sub>з</sub> /8	7.0	9.3	2600
4 <sub>з</sub> /10	9.3	11.5	2600

5 <sub>з</sub> /10	9.3	11.5	6000
5 <sub>з</sub> /12	11.5	12.5	6000
5 <sub>з</sub> /14	12.5	14.5	6000
6 <sub>з</sub> /10	9.3	11.5	10400
6 <sub>з</sub> /14	12.5	14.5	10400
6 <sub>з</sub> /16	14.5	16.3	10400

По **области применения** все моторные масла подразделяются на шесть групп – А, Б, В, Г, Д, Е.

Группы моторных масел по эксплуатационным свойствам по ГОСТ 17479.1-85:

Группа масел по эксплуатационным свойствам		Рекомендуемая область применения
А		Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
Б	Б <sub>1</sub>	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
	Б <sub>2</sub>	Малофорсированные дизели
В	В <sub>1</sub>	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих окислению масла и образованию всех видов отложений
	В <sub>2</sub>	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и склонности к образованию высокотемпературных отложений
Г	Г <sub>1</sub>	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению
	Г <sub>2</sub>	Высокофорсированные дизели без наддува или с

		умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	Д <sub>1</sub>	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых чем для масел группы Г <sub>1</sub>
	Д <sub>2</sub>	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
Е	Е <sub>1</sub>	Высокофорсированные бензиновые и дизельные двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел групп Д <sub>1</sub> и Д <sub>2</sub> . Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами.
	Е <sub>2</sub>	

Индекс 1 указывает на то, что масло предназначено для бензиновых двигателей, индекс 2 – для дизелей. Универсальные масла не имеют индекса в обозначении.

Пример обозначения моторного масла:

М – 4<sub>3</sub>/8 – В<sub>2</sub>Г<sub>1</sub>

М – моторное масло, 4<sub>3</sub>/8 – класс вязкости, В<sub>2</sub>Г<sub>1</sub> – может применяться в среднефорсированных дизелях (В<sub>2</sub>) и высокофорсированных бензиновых двигателях (Г<sub>1</sub>).

### **Классификация моторных масел по ILSAC**

Международный комитет по стандартизации и апробации моторных масел (ILSAC) издал пять стандартов моторных масел: ILSAC GF-1, ILSAC GF-2, ILSAC GF-3, ILSAC GF-4 и ILSAC GF-5.

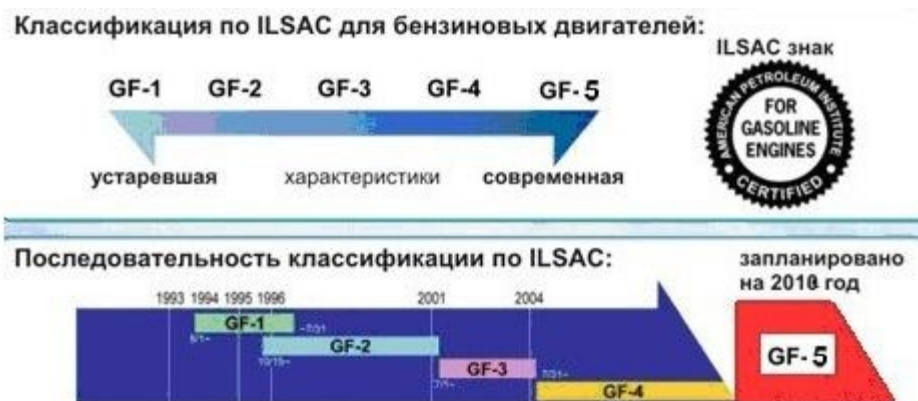


Рисунок 4. Классификация моторных масел по ILSAC

Категория ILSAC	Год введения	Описание
ILSAC GF-1	Устарела	Соответствует требованиям качества классификации API SH; классы вязкости SAE 0W-XX, SAE 5W-XX, SAE 10W-XX; где XX — 30, 40, 50, 60
ILSAC GF-2	1996	Соответствует требованиям качества по классификации API SJ, к классам GF-1 добавляются дополнительно SAE 0W-20, 5W-20
ILSAC GF-3	2001	Соответствует классификации API SL. Отличается от GF-2 и API SJ существенно лучшими антиокислительными и противоизносными свойствами, а также улучшенными показателями испаряемости. Классы ILSAC GF-3 и API SL во многом схожи, но масла класса GF-3 обязательно являются энергосберегающими.
ILSAC GF-4	2004	Соответствует классификации API SM с обязательными энергосберегающими свойствами. Классы вязкости SAE 0W-20, 5W-20, 0W-30, 5W-30 и 10W-30. Отличается от категории GF-3 более высокой стойкостью к окислению, улучшенными моющими свойствами и меньшей склонностью к образованию отложений. Кроме того, масла должны быть совместимыми с катализаторами отработанных газов.

ILSAC GF-5	2010	Соответствует требованиям классификации API SM с более жесткими требованиями к экономии топлива, совместимости с катализаторами, испаряемости, моющим свойствам, стойкости к образованию отложений. Вводятся новые требования по защите систем турбонаддува от образования отложений и совместимости с эластомерами.
---------------	------	--

## 5. Описание деталей смазочной системы

### 5.1 Назначение смазочной системы, её виды

Назначение смазочной системы заключается в подводе к трущимся деталям двигателя достаточного количества масла, необходимого для уменьшения трения за счет создания масляной пленки между сопряженными деталями, охлаждения их поверхностей, удаления частиц металла, образующихся вследствие износа, и защиты деталей от коррозии. По способу подвода масла к трущимся поверхностям деталей двигателя смазочные системы разделяют на принудительные, с разбрызгиванием и смешанные (комбинированные).

В принудительных смазочных системах трущиеся детали двигателя смазываются под давлением, создаваемым насосом. Масляный насос заставляет масло непрерывно циркулировать в системе. В большинстве современных двигателей смазка производится принудительно по циркуляционной системе. К принудительной системе относят также смазку с дозированной подачей масла смазочными насосами высокого давления.

Смазочная система разбрызгиванием самая простая. Масло из картера разбрызгивается специальными черпачками, имеющимися на нижних головках шатунов. При этом образуются мельчайшие капельки масла, которые оседают на всех деталях двигателя, расположенных в полости картера, и смазывают их. Масло, стекающее с деталей, скапливается в нижней части картера и опять разбрызгивается черпачком. Смазочная система, при которой все детали двигателя смазывались бы только разбрызгиванием, в настоящее время не применяется.

Смешанная смазочная система (циркуляционная под давлением и разбрызгиванием) чаще всего используется в современных двигателях. При этой системе принудительно, как правило, смазываются шатунные и коренные подшипники коленчатого вала, подшипники распределительного вала, приводы вспомогательных агрегатов и иногда поршневая головка шатуна. Разбрызгиванием, т. е. маслом, вытекающим из коренных и шатунных подшипников, смазываются гильза цилиндра, поршень, поршневые кольца и другие детали.

### 5.2 Устройство смазочной системы.

В современных автомобильных двигателях применяется комбинированная смазочная система, при которой наиболее нагруженные детали смазываются под давлением, а остальные - разбрызгиванием.

Смазочная система включает в себя поддон 13 (рис. 5) картера, масляный насос 1 и фильтр 10. Масло заливается через маслозаливную



горловину в поддон картера. Уровень масла в картере проверяется на неработающем двигателе при помощи маслоизмерительного стержня (щупа) 15. Уровень должен находиться между отметками «макс» и «мин». Некоторые двигатели оснащены электронными датчиками, сообщающими водителю о понижении уровня масла загоранием контрольной лампы на панели приборов.

При работе двигателя масло отбирается из поддона картера масляным насосом через маслоприемник 12 и под давлением подается к масляному фильтру. Очищенное в фильтре масло по каналам и главной масляной магистрали 3 в блоке цилиндров поступает к коренным подшипникам коленчатого вала, опорным шейкам распределительного вала 6 и толкателем 5 привода клапанов. От коренных подшипников масло поступает по каналам 9 к шатунным подшипникам и поршневым пальцам. Стекая со смазанных деталей, масло разбрызгивается коленчатым валом и смазывает стенки цилиндров, поршней и других деталей.

Давление масла в смазочной системе двигателя водитель контролирует по манометру или контрольной лампе (сигнализатору 7) красного цвета на панели приборов. Лампа загорается при аварийно низком давлении масла. Если это произошло при работе двигателя, то необходимо остановить двигатель и выяснить причину неисправности.

Масляный фильтр 10 очищает масло от механических примесей и продуктов изнашивания деталей двигателя. Он может быть неразборным или разборным со сменным фильтрующим элементом.

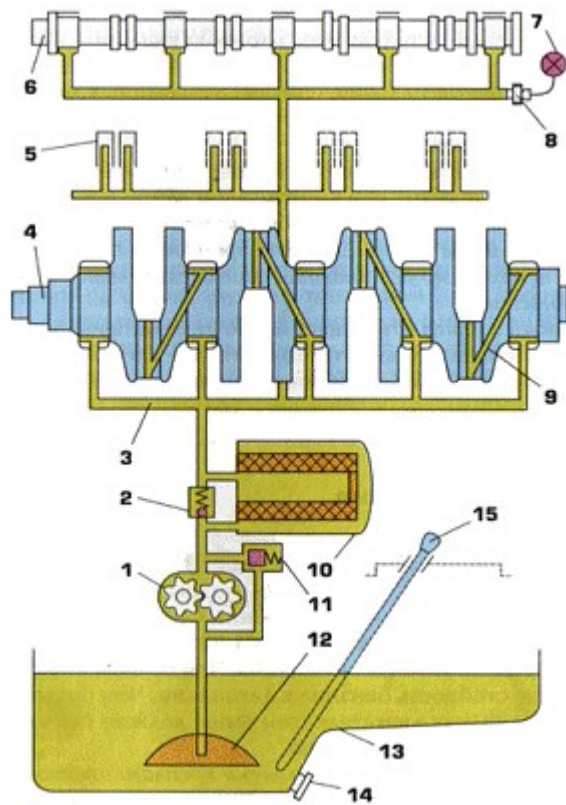


Рис.1 Схема смазочной системы. 1 - масляной насос; 2 - перепускной клапан; 3 - масляная магистраль; 4 - коленчатый вал; 5 - толкатель привода клапанов; 6 - распределительный вал; 7 - сигнализатор аварийного давления масла; 8 - датчик давления масла; 9 - масляной канал; 10 - масляной фильтр; 11 - редуционный клапан; 12 - маслоприемник насоса; 13 - поддон; 14 - пробка для слива масла; 15 - маслоизмерительный стержень.

## 6. Причины и последствия несвоевременной замены моторного масла

- **Формирование отложений.** Причины этого явления заключаются в процессе разрушения присадок или загрязнении масла продуктами сгорания в картере двигателя. Следствиями становятся значительное снижение мощности мотора, увеличения содержания токсичных веществ в выхлопных газах, их почернение.



Рисунок 7. Отложения в двигателе.

- **Значительный износ двигателя.** Причины — масла теряют свои свойства из-за изменения состава присадок.
- **Повышение вязкости масла.** Это может произойти по тем же причинам. В частности, из-за окисления или нарушения полимеризации присадок вследствие неправильного подбора масла. К проблемам, возникающим на почве этого, стоит отнести трудности с циркуляцией масла, значительный износ двигателя и отдельных его элементов. А возникающее масляное голодание двигателя может привести к [трудностям с запуском на холодную](#), в критических случаях возможен даже отказ двигателя.
- **Проворот шатунных вкладышей.** Это происходит по причине засорения масляного канала загустевшим составом. Чем меньше площадь его поперечного сечения, тем большим нагрузкам подвергаются шатунные вкладыши. Из-за этого возникает их перегрев и проворот.
- **Значительный износ турбокомпрессора** (при его наличии). В частности, велик риск повреждения ротора. Он возникает по причине того, что отработанное масло оказывает значительное воздействие на вал компрессора и подшипников. Вследствие чего на них образуются повреждения и царапины. А кроме этого, грязное масло приводит к засорению каналов смазки компрессора, что может привести к его заклиниванию.

## 7. Оценка состояния моторного масла

Во многих современных машинах устанавливаются специальные системы для отслеживания качества смазочных материалов. Несмотря на то, что они не являются передвижными лабораториями, их показаниям стоит уделять внимание. Они собирают данные о холодных стартах, количестве оборотов и температуре, а затем на их основе можно сделать выводы о том, требуется ли менять масло в двигателе.

Под капотом автомобиля главная деталь, контролирующая уровень моторного масла, — это масляный щуп. С его помощью можно узнать, сколько смазки осталось в двигателе. Для этого необходимо:

1. Открыть капот, вынуть щуп из двигателя.
2. Протереть его чистой салфеткой или тканью.
3. Вставить щуп в двигатель.
4. Вынуть его снова и посмотреть, на каком уровне находится масло.



Рисунок 8. Масляный щуп.

На щупе находятся две отметки, обозначающие минимальное и максимальное количество моторного масла. Уровень моторного масла должен находиться между данными отметками. Если же масла меньше или больше необходимого, то стоит принять меры. Стоит также обращать внимание на другие факторы:

1. **Цвет масла.** Он должен быть светло-коричневым. Если масло начало темнеть и становиться мутным, его нужно менять.

2. **Наличие сторонних элементов.** Обратите внимание на то, есть ли в смазке следы нагара, водных капель, металлической стружки. Их появление — признак проблем, причем не только с маслом, но и с элементами двигателя.

3. **Вязкость.** Она должна быть такой же, как и при покупке масла. Если оно стало менее вязким, значит в нем уменьшилась концентрация поверхностно-активных добавок, а значит, оно уже не так эффективно защищает двигатель.

## 8. Факторы, влияющие на периодичность замены моторного масла. Корректирование сроков службы моторного масла.

### Условия эксплуатации автомобиля.

Для того чтобы выполнить нормативный пробег между ТО 15 тыс. км автомобилю в городских условиях потребуется около 700 часов работы. При движении по загородным дорогам для выработки межсервисного пробега автомашине потребуется всего 200 часов. Разница во времени работы двигателя достигает практически четырехкратной величины. Это указывает на то, что при одинаковом пробеге в городском цикле моторное масло эксплуатировалось в четыре раза интенсивнее.

Такая увеличенная нагрузка однозначно привела к существенным снижениям технических характеристик смазочного материала. Кроме того, работа мотора в городских условиях связана с повышенной температурой и плохой вентиляции, что также является неблагоприятными факторами. Поэтому выбирая интервал замены масла в двигателе необходимо выполнять корректировку в зависимости от указанных условий эксплуатации автомобиля.

### Регулярные короткие поездки.

Короткой следует считать поездку, за время которой двигатель автомобиля не успевает полностью прогреться. Это, например, поездки только на работу. За время стоянки автомашины между такими поездками в моторе возникает конденсат, который в дальнейшем смешиваясь с продуктами, возникающими от сгорания топлива, представляет кислотную смесь. Такая смесь разрушает структуру моторного масла и увеличивает коррозию деталей двигателя. Особенно опасны такие короткие передвижения в зимний период, как холодная и поврежденная смесью моторная смазка не выполняет качественно свои задачи, что сильно увеличивает износ силового агрегата.

### Продолжительное движение с повышенной нагрузкой на двигатель.

Если автомобиль постоянно транспортирует прицеп, едет с полной нагрузкой или передвигается по пересеченной местности, то силовой агрегат автомашины работает продолжительное время на максимальной мощности. Такая эксплуатация приводит к более раннему окислению и изменению вязкости моторного масла, что негативно сказывается на работе двигателя.

Поэтому кроме правильного выбора моторного масла для двигателя автомобиля важно при определении периода замены учитывать условия эксплуатации.

Смазочная жидкость может приходить в негодность раньше указанного срока в следующих случаях:

- при движении с высокими нагрузками (разный скоростной режим при плохом состоянии дороги; простои в пробках, когда затруднено охлаждение мотора);
- мощность силового агрегата (чем выше, тем легче мотор справляется с нагрузками и эффективнее охлаждается; трансмиссия работает плавно);
- вид и качество используемого топлива;
- в ДВС малолитражек (вследствие короткой трансмиссии);
- климатические особенности (резкие перепады температур, мороз);
- особенности ландшафта (частые подъемы и спуски);
- показатели окружающей среды (сильная загрязненность или повышенная влажность воздуха);
- использование автотранспорта для перевозки грузов;
- значительный износ силового агрегата.

Так, например, при движении на скорости около 100 км/ч по трассе, двигатель не испытывает перегрузок, так как система полноценно охлаждается. В таком случае сроки замены масла могут быть увеличены.

Разница в сроках работы масел при движении по трассе и в городских условиях (пробки, остановки у светофоров) очень велика. Чем выше нагрузка на силовой агрегат, тем скорее масло выработает свой ресурс.

При вождении на скорости свыше 130 км/ч мотор испытывает повышенные нагрузки в любых условиях. Поток картерных газов резко увеличивается, что губительно сказывается для двигателя. Растет температура поршней. Смазка работает на пределе возможностей, следовательно, быстрее теряет свои эффективные свойства.

Если перевести сроки замены масла в моточасы, рекомендованный интервал в 15 тысяч километров пробега выразится в диапазоне от 200 до 700 моточасов, и напрямую зависит от условий эксплуатации.

Для примера: 400 моточасов на скорости 25 км/ч в городских условиях составит рекомендуемые 10 тысяч километров пробега; а те же моточасы на скорости в 80 км/ч способны почти в три раза увеличить период замены. Однако, езда на постоянно одинаковой скорости — задача довольно трудная.

Оптимальными условиями эксплуатации является вождение на средней скорости при минимальном времени простоя с работающим мотором на холостых оборотах.

Корректирование сроков службы моторного масла в зависимости от режимов работы автомобиля

Производители ГСМ указывают на этикетке готового продукта ресурс моторного масла. Иногда он может быть обозначен во временных промежутках (месяцы использования). Потеря рабочих качеств моторной жидкости зависит от условий эксплуатации и состояния мотора. Существуют также специальные методы и калькуляторы для определения моточасов, позволяющие определить срок службы моторного масла.

Автомобиль постоянно используется в разных режимах работы, поэтому высчитывать периодичность замены масла эффективнее по моточасам или среднему расходу топлива. Сложность такой методики заключается в том, что трудно перевести километры в моточасы, и на основании этой информации получить чёткий период замены моторного масла.

Рассмотрим подробнее две методики, которые позволяют эмпирически, однако достаточно точно, вычислить, через сколько менять синтетическое масло в двигателе.

#### **Способ первый (расчет по скорости).**

Для этого вам необходимо знать среднюю скорость вашего автомобиля за последние несколько тысяч километров пробега и рекомендации автопроизводителя, на каком пробеге необходимо менять масло. Например, пробег до замены масла — 15 тысяч километров, а средняя скорость по городу — 29,5 км/ч.

Соответственно, чтобы вычислить количество моточасов, необходимо расстояние разделить на скорость. В нашем случае это будет  $15000 / 29,5 = 508$  моточасов. То есть, получается, чтобы производить замену масла при данных условиях, необходимо использовать состав с ресурсом 508 моточасов. Однако в реальности таких масел попросту не существует на сегодняшний день.

Предположим, что в двигателе автомобиля залито масло класса SM/SN, которое имеет рабочий ресурс 350 моточасов. Для вычисления пробега необходимо 350 моточасов умножить на среднюю скорость 29,5 км/ч. В результате получим 10325 км. Как видите, этот пробег разительно отличается от того, который предлагает нам автопроизводитель. А если средняя скорость будет составлять 21,5 км/ч (что более характерно для больших мегаполисов с учетом пробок и простоев), то с теми же 350 моточасами мы получим 7525 км пробега.

#### **Способ второй (расчёт по расходу топлива).**

Метод расчета основывается на количестве расходуемого топлива. В качестве исходных данных нужно знать, какой объем топлива по паспорту тратит ваша машина на 100 км пути, а также это фактическое значение.

Например: по паспорту машина расходует 8 л / 100 км, а фактически — 10,6 л / 100 км. Пробег для замены по Руководству по эксплуатации составляет 15000 км. Выведем пропорцию и узнаем, сколько теоретически машина должна потратить на преодоление 15000 км:  $15000 \text{ км} * 8 \text{ литров} / 100 \text{ км} = 1200 \text{ литров}$ . Теперь произведем аналогичные расчеты для фактических данных:  $15000 * 10,6 / 100 = 1590 \text{ литров}$ .

Далее вычисляем, при каком расстоянии необходимо проводить фактическую замену масла (то есть, сколько автомобиль проедет на теоретических 1200 литрах топлива). Воспользуемся аналогичной пропорцией:  $1200 \text{ литров} * 15000 \text{ км} / 1590 \text{ литров} = 11320 \text{ км}$ .



## Заключение

Являясь одним из важнейших частей любого автомобиля, смазочная система нуждается в постоянном уходе. Для поддержания ее в работоспособном состоянии и предотвращения возможных неисправностей необходимо своевременно проводить его техническое обслуживание.

Уход за системой смазки заключается в проверке качества и поддержания уровня масла в картере, периодической и сезонной сменах масла, проверке состояния и работы фильтра тонкой очистки и смене его фильтрующего элемента, проверке плотности соединений маслопроводов, прокладок, сальников и в подтяжке соединений.

Для смазки двигателя нужно применять масла только тех сортов, которые указаны в таблице и карте смазки автомобиля.

Необходимо помнить, что смешивание масел различных сортов может привести к ухудшению смазочных свойств смеси. Поэтому при доливке масла в двигатель следует применять масло того же сорта, какое было залито в картер ранее.

Подводя итоги по вопросу периодичности замены масла:

1. В сроках замены в первую очередь опираемся на рекомендации производителя двигателя и тип используемого масла.

2. Чтобы не ошибиться и не перекачать масло, выбираем свой оптимальный метод измерения пробега: моточасы, километраж, календарный срок использования, количество использованного топлива. Для выбора определенного метода ориентируемся на годовые пробеги, стиль вождения, где используется автомобиль и какого качества топливо в него заливается (последний пункт особенно актуален для дизельных двигателей).

3. Оцениваем внешний вид масла, даже если срок замены еще не подошел. Можно нарваться на подделку, двигатель может быть технически неисправным – и еще ряд причин, по которым масло может потерять свои свойства раньше срока.

4. Учитываем нагрузку, с которой используется автомобиль и мощность его мотора. То есть, если передвигаться на повышенных оборотах на двигателе с большим объемом, для него это будет менее критично, чем движение на повышенных оборотах на малолитражных двигателях. Соответственно и старение масла при агрессивной езде будет проходить быстрее во втором случае, на малолитражном двигателе.

5. Любителям агрессивной и быстрой езды лучше использовать синтетические масла и проводить их замену чаще, чем те, кто ездит размерено и не повышая обороты.

6. При движении по городу с частыми простоями в пробках ориентируемся на моточасы или количество израсходованного топлива, но не на километраж.

7. При размеренной езде в отсутствии пробок и со средней скоростью 50 км/ч смело опираемся на километраж при выборе метода замены.

8. Если вы не выкатываете рекомендованные производителем километры за год, то опирайтесь на срок использования масла, а не километраж, то есть меняем через год (или тот срок, который указывает производитель, например, для некоторых двигателей это полгода),

9. Если производитель вашего двигателя рекомендует интервалы замены более 10 000 км, и вы хотите выдерживать именно указанный интервал, обязательно выбирайте масла с допусками для вашего мотора. Не соответствием, а именно допуском. Такие масла обязательно проверяются в лаборатории автоконцерна по всем показателям, в том числе и на способность выдерживать указанный интервал.

10. Для дизельных двигателей при определении оптимального интервала замены обращаем внимание на щелочное и кислотное число в свежем масле.

### Список используемой литературы

1. Авдонькин В.А. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. – М.: Машиностроение, 1985г. – 216 с.
2. Григорьев М. А., Бунаков Б. М., Долецкий В. А. Качество моторных масел и надежность двигателей. М.:Издательство стандартов, 1981г.. - 232 с.
3. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей. – М.: Транспорт, 2001г. – 535с.
4. Кузнецов А. В. Рудобашта С. П. Симоненко А. В. Теплотехника, топливо и смазочные материалы. М.: Колос, 2001г.
5. Покровский Г. П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости. - М.:Машиностроение. 1985г.
6. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Справочное издание. /Под редакцией В. Н. Школьников. - М.: Химия, 1989г.
7. Синельников А. Ф., Балабанов В. И. «Автомобильные масла. Краткий справочник.» - М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005г.
8. Школьников В. М., «Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение.» - М: «Химия», 1989г.