

Техническая книга

Смазочные Материалы

2019 - г. Санкт-Петербург

Оглавление

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ.....	3
БАЗОВЫЕ МАСЛА	4
ПРИСАДКИ	6
ТОВАРНЫЕ МАСЛА.....	8
ОСНОВЫ ТЕОРИИ СМАЗЫВАНИЯ.....	8
МОТОРНЫЕ МАСЛА	9
ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОТОРНЫХ МАСЕЛ	9
ВЯЗКОСТЬ	9
ИНДЕКС ВЯЗКОСТИ	10
ТЕМПЕРАТУРА ЗАСТЫВАНИЯ	10
ТЕМПЕРАТУРА ВСПЫШКИ	11
ОБЩЕЕ ЩЕЛОЧНОЕ И КИСЛОТНОЕ ЧИСЛА.....	11
СУЛЬФАТНАЯ ЗОЛЬНОСТЬ.....	12
ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ МОТОРНЫХ МАСЕЛ.....	12
СНИЖЕНИЕ ТРЕНИЯ, ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ИЗНОСА.....	13
ОТВОД ТЕПЛА.....	13
ПОДДЕРЖАНИЕ ЧИСТОТЫ.....	14
ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ	14
КЛАССИФИКАЦИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ.....	14
ГОСТ 17479.1-85	15
КЛАССИФИКАЦИЯ SAE J300.....	17
КЛАССИФИКАЦИЯ API – AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE	19
КЛАССИФИКАЦИЯ ILSAC – INTERNATIONAL LUBRICANTS STANDARDISATION AND APPROVAL COMMITTEE	23
КЛАССИФИКАЦИЯ ACEA – ASSOCIATION DES CONSTRUCTEURS EUROPÉENS DE L’AUTOMOBILES	24
КЛАССИФИКАЦИЯ JASO – JAPANESE AUTOMOBILE STANDARDS ORGANIZATION.....	28
ОДОБРЕНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ OEM – ORIGINAL EQUIPMENT MANUFACTURER.....	31
ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА	40
ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ТРАНСМИССИЙ.	40
ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ.....	42
ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	42
ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА.	43
ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ И СТОЙКОСТЬ К ОКИСЛЕНИЮ	43
КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ.	44
КЛАССИФИКАЦИЯ ГОСТ 17479.2-2015.	44
КЛАССИФИКАЦИЯ SAE J 308.....	46

КЛАССИФИКАЦИЯ API 1560 - AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE.....	48
ОДОБРЕНИЯ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСМИССИЙ НА ПРИМЕРЕ ZF.....	49
МАСЛА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ – ATF.....	53
ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ.....	53
ОДОБРЕНИЯ МАСЕЛ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ.....	54
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАСЛА.....	55
ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ.....	55
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ.....	56
ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	56
ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ.....	57
АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ.....	57
ПРОТИВОПЕННЫЕ СВОЙСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ.....	58
ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ.....	58
КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ.....	59
КЛАССИФИКАЦИЯ ГОСТ 17479.4-87. Масла индустриальные. Классификация и обозначения.....	59
КЛАССИФИКАЦИЯ ISO 3448.....	60
КЛАССИФИКАЦИЯ DIN51524 и ISO 6743-4.....	61
ОДОБРЕНИЯ ВЕДУЩИХ OEM ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ НА ПРИМЕРЕ BOSCH REXROTH.....	62
БЮЛЛЕТЕНЬ BOSCH REXROTH RRS 90 220/05.03.....	62

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЯ

История двигателестроения перешагнула во второе столетие, за этот период основные показатели, характеризующие двигатели, претерпели существенные изменения.

Самой распространенной силовой установкой в настоящее время является тепловой двигатель. Среди прочих тепловых двигателей наиболее эффективным и массовым стал двигатель внутреннего сгорания.

Развитие двигателей внутреннего сгорания в разных странах имеет свои особенности, обусловленные различным уровнем промышленного потенциала, состоянием топливных ресурсов, традициями и спросом. Однако основные направления поисков при этом остаются общими. Сегодняшние усилия специалистов направлены в основном на разработку и изготовление современных легких и компактных, мощных и экономичных двигателей. В последнее время значительно повысились и требования к токсичности отработавших газов, уровню шума и вибрации.

Даже при интенсивных поисках и исследованиях, приводящих к созданию альтернативных типов двигателей, часто весьма необычных, поршневые двигатели внутреннего сгорания останутся основным типом транспортных двигателей.

Производители современных высокотехнологичных смазочных материалов идут в ногу с развитием двигателестроения. Базовые масла и компоненты присадок, используемые в современных моторных маслах, также существенно эволюционировали.

Завтрашний день моторостроения все теснее связывается с использованием легких сплавов, композиционных, пластических и полимерных материалов. Это налагает особые требования к моторным маслам в части совместимости с новейшими материалами. Современные требования производителей подразумевают прохождение соответствующих тестов.

Общим направлением развития для всех поршневых двигателей внутреннего сгорания является широкое применение наддува. Введение наддува позволяет достигать большей мощности, меньшего удельного расхода топлива при снижении рабочего объема двигателя. Сегодня активно применяется двойной турбонаддув или комбинации турбонаддува с приводным нагнетателем. Для улучшения экологических характеристик и выравнивания кривой крутящего момента все шире используют турбины с изменяемой геометрией крыльчатки. Это во многом стало причиной использования различных синтетических базовых масел в совокупности с новейшими компонентами присадок, позволяющих достигать отличной термической стабильности, улучшенных моющих свойств и более жесткого контроля над образованием отложений. А также к маслам стали предъявляться дополнительные требования в части потерь на испарение, которые также реализуются путем подбора высокотехнологичных базовых компонентов.

В настоящее время получили широкое распространение технологии непосредственного впрыска топлива (FSI, GDI, CDI, HPI, XPI), позволяющие усовершенствовать рабочие процессы с целью повышения экономичности двигателя и снижения токсичности отработавших газов. Для таких двигателей,

наряду с прочими свойствами, особое значение имеют антифрикционные и противоизносные свойства смазочных материалов.

В современных ДВС все более широко применяются различные механизмы турбулизации потока топливо-воздушной смеси к оси цилиндра. Это достигается посредством формирования особой формы поверхности поршня. Благодаря этому, поток смеси после входа через впускной клапан закручивается, сжимается вихреобразным движением и в ходе сжатия наиболее богатая его часть концентрируется у свечи зажигания, реализуя так называемое послойное воспламенение. Для воспламенения обедненных смесей необходимы особо надежные и мощные системы зажигания. В частности, применяют установку двух свечей на один цилиндр, специальные свечи с более продолжительным и мощным разрядом.

Общемировые тенденции топливосбережения заставляют использовать для смазки поршневых двигателей внутреннего сгорания современные масла отличающихся низкими значениями высокотемпературной вязкости при высокой скорости сдвига. При этом уровень противоизносных свойств постоянно совершенствуется и позволяет достигать новых горизонтов, обеспечивая сохранение ресурса и продлевая срок эксплуатации двигателя.

Давно известно, что постоянная степень сжатия и фазы газораспределения, выбранные для какого-то одного номинального режима работы, при изменении нагрузки оказываются не оптимальными. Этот недостаток решают регулированием степени сжатия и фаз газораспределения (VVT-i, i-VTEC), что повлекло за собой необходимость использования низковязких масел. Большинство новейших моторных масел стали выпускаться в классе вязкости SAE 5W-30 и 0W-30.

Для обеспечения норм токсичности выхлопных газов бензиновые двигатели получили новейшие многокомпонентные системы нейтрализации отработавших газов, в которых применяются дорогостоящие каталитические нейтрализаторы с включением драгоценных металлов таких как платины, родия, палладия. В дизельных двигателях широко используются рециркуляция отработавших газов EGR - Exhaust Gas Recirculation, сажевые фильтры DPF, - Diesel Particulate Filter, селективная каталитическая нейтрализация SCR - Selective Catalytic Reduction. Подобные системы потребовали разработки современных пакетов присадок, отличающихся низким содержанием сульфатной золы, фосфора и серы.

БАЗОВЫЕ МАСЛА

Для надежной эксплуатации и продления срока службы современных поршневых двигателей следует осознанно подбирать и использовать смазочные материалы. К сожалению, имеющаяся информация о смазочных материалах часто носит рекламный характер, поэтому потребителю бывает трудно разобраться в качестве представленного ассортимента масел.

Важную роль в составе товарного смазочного материала играет качество базового масла, во многом именно от него зависят основные эксплуатационные характеристики. Тип и качество базового масла определяют противоизносный потенциал, стойкость к окислительным процессам, склонность к

нагарообразованию и отложениям, низкотемпературный потенциал, а также срок службы товарного продукта.

Ключевыми показателями, определяющими качество базовых масел согласно классификации API – American Petroleum Institute (выпуск 1509), являются: индекс вязкости, доля насыщенных углеводородов, процентное содержание серы.

Индекс вязкости - это безразмерная величина показывающая степень влияния температуры на вязкость. С изменением температуры вязкость базового масла неминуемо изменяется. И чем в меньшей степени базовое масло изменяет свои вязкостные характеристики с изменением температуры, тем большим индексом вязкости оно обладает. Графически индекс вязкости характеризуется степенью наклона вязкостно - температурной зависимости, чем более пологий график этой зависимости, тем более стабильны вязкостные свойства, тем выше индекс вязкости.

Насыщенные углеводороды - это ациклические углеводороды линейного или разветвлённого строения, содержащие только простые связи. Эта группа углеводородов в первую очередь отличается реакционной стабильностью, наделяя товарное масло стойкостью к окислительным процессам. Доля насыщенных углеводородов характеризует глубину переработки нефтяного сырья и ее эффективность.

Серосодержащие органические соединения напротив крайне реакционноспособны, поэтому их содержание в базовых маслах крайне нежелательно и строго регламентировано.

ГРУППА I – базовые масла этой категории производятся из нефтяного сырья. В основе их производства лежит принцип удаления нежелательных компонентов из сырья. Глубина переработки не существенна, что предопределяет наличие в составе относительно низкой доли насыщенных углеводородов - менее 90%, 0.03% серы и более, индекс вязкости находится в диапазоне от 80 до 120, часто он не превышает 90.

ГРУППА II - базовые масла этой категории производятся из нефтяного сырья. Принцип производства также заключается в удалении нежелательных компонентов из сырья, но переработка осуществляется с применением более совершенных процессов, что напрямую отражается на составе и свойствах. Содержание насыщенных углеводородов не менее 90%, содержание серы не более 0.03%, индекс вязкости от 80 до 120, наиболее характерное значение 95-100.

ГРУППА III – эти базовые масла могут производиться как из нефтяного сырья, что встречается намного чаще, так и из природного газа. Технология переработки в этом случае подразумевает широкое использование каталитических процессов, протекающих при высоких температурах и давлении в присутствии водорода. Эти процессы получили широкое распространение как технология каталитического гидрокрекинга. Таким образом, нежелательные компоненты не удаляются из состава, а путем химических преобразований, трансформируются в молекулы с заданной молекулярной массой, длиной цепи и степенью разветвленности. Подобный состав наделяет базовые масла III группы превосходными свойствами, уровень некоторых из них близок к синтетическим базовым маслам. Благодаря преимуществам технологии гидрокрекинга содержание насыщенных

углеводородов в маслах III группы не менее 90%, содержание серы не более 0.03%, индекс вязкости более 120, часто он достигает значения 140-150 единиц.

ГРУППА IV – полиальфаолефины (ПАО), полученные в ходе химического синтеза, путем сложных химических превращений при определенных условиях в специальных реакторах с использованием катализатора. Сложность процесса производства масла данного типа обуславливает более высокую стоимость в сравнении с маслами, полученными из нефти. Ключевым отличием является однородный состав по типу и размеру молекул, что наделяет эти базовые масла отличными физико-химическими и эксплуатационными свойствами такими как термостабильность, индекс вязкости, низкая температура потери текучести и испаряемость, а также многое другое.

ГРУППА V – прочие синтетические базовые масла, не вошедшие в группы I – IV. К ним относятся эфиры, полигликоли, силиконы, полиизобутилены и т.п.

ПРИСАДКИ

Современные смазочные материалы - это высокотехнологичный продукт достаточно сложный по своему составу. Для достижения заданных эксплуатационных характеристик, а также для обеспечения оптимального соотношения цена-качество, производители используют комбинации базовых масел. К примеру, минеральное базовое масло, обладает достаточно стабильными свойствами, хорошей растворимостью присадок, имеет неплохой смазочный потенциал. Однако, на базе минерального масла трудно, а иногда просто невозможно разработать моторное масло, способное обеспечить одновременно надежный пуск двигателя в области крайне низких температур, и необходимый уровень противоизносных свойств при максимальных рабочих температурах, в силу ограниченного индекса вязкости. Низкотемпературные свойства товарных масел возможно усовершенствовать путем введения в их состав гидрокрекингового (III группа) или синтетического (ПАО) базового масла. Безусловно, это усилит свойства товарного продукта и с точки зрения всех прочих эксплуатационных возможностей.

Товарное масло помимо комбинации различных базовых масел включает в себя множество функциональных присадок. При современном уровне развития техники, смазочный материал, являясь неотъемлемым элементом конструкции, должен эффективно обеспечивать надежность работы механизмов, не теряя при этом свои эксплуатационные свойства длительное время. Вводимые в масло присадки условно можно разделить по принципу действия на присадки модифицирующие свойства масла и на присадки, призванные защищать пары трения и другие элементы узлов и механизмов. К первому типу относятся вязкостно-загущающие, антиокислительные, депрессорные, антипенные присадки и т.д. Яркими представителями второго типа присадок являются антифрикционные, противоизносные, антикоррозионные, моющие и диспергирующие и т.д.

Вязкостно-загущающие присадки представляют собой полимерные соединения различного молекулярного строения и массы. Они обеспечивают повышение индекса вязкости товарных масел. Загущенные масла способны работать в очень широком температурном диапазоне, оставаясь достаточно

текучими в области отрицательных температур, обеспечивая надежный пуск, также они обладают достаточной вязкостью для предотвращения износа при максимальных рабочих температурах. В зависимости от качества базового масла, в частности от индекса вязкости, процент ввода вязкостно-загущающего компонента может варьироваться. В процессе эксплуатации под воздействием сдвиговых нагрузок загуститель подвергается деструкции и товарный продукт теряет первоначальные вязкостно-температурные характеристики.

Смазочный материал долгое время находится под воздействием высоких температур, давления, он контактирует с кислородом воздуха и прочими агрессивными газами, а также с различными металлами, оказывающими каталитическое действие на окислительные процессы. Антиокислительные присадки или ингибиторы окисления призваны замедлять окислительные процессы протекающие в масле. Таким образом продлевается срок службы смазочного материала позволяя реализовать увеличение межсервисного интервала.

Антикоррозионные присадки или ингибиторы коррозии предотвращают окисление металлических поверхностей двигателя. Окисление металла протекает при контакте с минеральными и органическими кислотами, а также под воздействием кислорода воздуха и прочих агрессивных газов. Высокая температура ускоряет окислительные процессы. Механизм действия этих компонентов обусловлен образованием пленок на поверхности металла и нейтрализацией кислот.

Депрессорные присадки часто применяют в сочетании с минеральными базовыми маслами для улучшения низкотемпературных свойств товарного продукта. Содержащиеся в составе парафины при понижении температуры кристаллизуются и могут образовывать крупные пространственные кристаллические структуры. Это обстоятельство существенно ограничивает прокачиваемость и фильтруемость масла в области отрицательных температур. Депрессорные присадки предотвращают образование больших кристаллов и их сращивание.

Антифрикционные присадки или модификаторы трения призваны снизить коэффициент трения трущихся поверхностей тем самым повысив КПД узла. Часто применяют мелкодисперсные твердые частицы (дисульфид молибдена, коллоидальный графит, политетрафторэтилен), а также растворимые в маслах полярные органические соединения.

Противоизносные присадки предотвращают изнашивание трущихся поверхностей путем образования тонкого, постоянно возобновляемого, поверхностного слоя в результате прямого или опосредованного контакта активных компонентов и металлической поверхности. Этот тип присадок включается в работу в тех местах, где толщины масляного слоя недостаточно для предотвращения непосредственного контакта трущихся поверхностей или уровень нагрузки крайне высок. Также, важным аспектом работы противоизносной присадки является температура. Физико-химические процессы, лежащие в основе принципа действия, протекают интенсивнее при выделении тепла от контакта трущихся поверхностей.

Моющие присадки или детергенты предотвращают образование нагара и лака на металлических поверхностях в самых термонагруженных зонах.

Детергенты являются поверхностно активными веществами. Образование высокотемпературных отложений нарушает подвижность поршневых колец, что существенно снижает ресурс двигателя, а также ухудшают теплоотвод в цилиндро-поршневой зоне. Часто детергенты выполняют одновременно несколько функций, но самая главная их задача - это поддержание двигателя в чистоте.

Диспергирующие компоненты продолжают нелегкую работу моющих присадок, поддерживая отмытые высокотемпературные отложения и любые другие нерастворимые загрязнения во взвешенном состоянии, не допуская образования осадков.

ТОВАРНЫЕ МАСЛА

Товарный смазочный материал представляет собой сложную по составу смесь базового масла или нескольких базовых масел с многофункциональным пакетом присадок. Компаундирование или проще смешение осуществляется в строгом соблюдении технологических требований по температуре, длительности во времени, прочих дополнительных условий.

ОСНОВЫ ТЕОРИИ СМАЗЫВАНИЯ

Сухое трение – это трение, характеризующееся полным отсутствием смазочного материала между трущимися поверхностями, а также максимальным зацеплением неровностей трущихся поверхностей при перемещении их относительно друг друга. Подобное трение характеризуется максимальным коэффициентом трения, износом, выделяемой в паре трения температуры вплоть до сваривания поверхностей.

Граничное трение – процесс трения, характеризующийся наличием между трущимися поверхностями смазочного слоя. Но, толщина этого слоя не превышает сумму высот неровностей на сопрягаемых поверхностях. Этот вид трения характерен при недостаточном давлении в системе смазки подшипника, некорректно подобранном классом вязкости смазочного материала или нарушением температурного режима.

Гидродинамический режим трения – процесс, характеризующийся полным разделением трущихся поверхностей. Контакт сопрягаемых поверхностей отсутствует и трение переходит в жидкостной слой. Подобный режим характеризуется минимальным коэффициентом трения и износом, а также максимальным КПД.

Даже при нормальном режиме работы узла трения в процессе эксплуатации узлов и агрегатов тем не менее наблюдается изнашивание трущихся поверхностей. Мерой, количественно характеризующей процесс изнашивания, является износ. Износ приводит к разрушению поверхностного слоя материала из которого изготовлена деталь, изменяя геометрические размеры вплоть до разрушения.

Поршневой двигатель внутреннего сгорания, как один из самых совершенных механизмов, одновременно и сложен по своему устройству. Он состоит из сотен

узлов трения, работающих в различных температурных диапазонах, при различном типе подачи масла к узлам трения, контактные пары часто изготовлены из множества различных материалов.

В таких условиях стоит упомянуть о самых распространенных видах износа. Наиболее ярким является абразивный износ, причиной которого является недостаточная точность обработки поверхности, а также воздействие абразивных элементов, которыми могут выступать частички отколовшихся микронеровностей, внутренние и внешние загрязнения.

Усталостный износ характеризуется деформацией контактной поверхности под воздействием циклической знакопеременной нагрузки, посредством формирования и развития внутренних изменений в кристаллической решетке материала поверхности.

Кавитационный износ свойственен в случаях резкого изменения характеристик жидкой среды, к примеру, температуры или давления, вблизи поверхности на локальном микроуровне в короткий промежуток времени.

Причиной еще одного вида, коррозионно-механического износа, является дополнительное к механическому, химическое или электро-химическое воздействие среды на поверхность. В камере сгорания образуется множество агрессивных газовых сред.

МОТОРНЫЕ МАСЛА

ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

ВЯЗКОСТЬ

Вязкость - это мера внутреннего трения. При воздействии на жидкость внешних сил она сопротивляется течению благодаря этой характеристике. Значение этого показателя измеряется и/или рассчитывается в различных условиях в зависимости от задач.

Фиксированный объем жидкости, помещенный в специальное лабораторное устройство – капиллярный вискозиметр, двигаясь самотеком, в зависимости от внутреннего трения, преодолевая этот капилляр за определенное время, дает сведения о т.н. кинематической вязкости. Суть метода заключается в определении сопротивления потоку под действием силы тяжести.

В системе СИ измеряется кинематическая вязкость в сантиметрах квадратных в секунду [$\text{см}^2/\text{с}$], а также есть более широко известная единица измерения как Стокс [Ст], в СИ $1\text{Ст}=10^{-4}\text{ м}^2/\text{с}$. Чаще всего кинематическую вязкость в лабораторных условиях определяют при температурах 40°C и 100°C . А также она может быть рассчитана отношением динамической вязкости к плотности при определенной температуре.

Динамическая вязкость или еще ее называют абсолютной - это тангенциальная сила, приложенная к поверхности определенной площади, для того чтобы сдвинуть эту плоскость относительно другой, на определенное

расстояние, при этом поверхности разделены определенной толщиной жидкости при определенной температуре. Говоря проще это отношение силы сдвига к скорости сдвига в зависимости от температуры.

Если более детально, то в системе СИ динамическая вязкость измеряется в Ньютонах в секунду на сантиметр квадратный [$\text{Н}\cdot\text{с}/\text{см}^2$]. У динамической вязкости также есть более широко узнаваемая единица измерения – Пуаз, он составляет $0,1 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{см}^2$, но чаще используют сантипуаз [Сп], $1\text{Сп}=0,01 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{см}^2$, ввиду того что значения динамической вязкости смазочных материалов имеют крайне малые величины.

ИНДЕКС ВЯЗКОСТИ

Вне зависимости от способа определения и единиц измерения, важно, что с изменением температуры вязкость изменяется обратнопропорционально. С ростом температуры вязкость снижается, а при понижении температуры вязкость стремительно растет. Следует понимать, что в зависимости от состава, у разных масел изменение вязкости будет происходить с разной скоростью, для чего стоит обратить внимание на то как этот показатель отличается для I, II и III групп базовых масел. Идеальным для автопроизводителей являлось бы масло с постоянным значением вязкости во всем диапазоне рабочих температур, от холодного запуска до максимальной рабочей температуры. Но, это утопия, тем не менее к этому стремятся.

Для определения степени изменения вязкости при изменении температуры была введена безразмерная величина – индекс вязкости. Она определяется расчетным путем при использовании значения кинематической вязкости при температурах 40°C и 100°C . Вязкостные характеристики масла, обладающего высоким индексом вязкости слабже подвержены колебаниям температуры, такой продукт способен обеспечить надежность вязкостных свойств в очень широком температурном диапазоне. И наоборот, масло с низким индексом вязкости имеет высокую зависимость вязкостных характеристик от изменения температуры, вследствие чего температурный диапазон применения такого масла узок.

ТЕМПЕРАТУРА ЗАСТЫВАНИЯ

Температура застывания характеризует момент резкого увеличения вязкости смазочного материала до почти полной потери текучести. Этот показатель определяется лабораторным методом, в котором за температуру застывания принимают ту температуру, при которой помещенный в пробирку стандартных размеров смазочный материал при охлаждении застывает настолько, что при наклоне ее на 45°C уровень жидкости остается неподвижным в течение 1 минуты.

Низкотемпературные свойства масел, как и многие другие, обусловлены их составом. В маслах нефтяного происхождения главным образом на стремительный рост вязкости при понижении температуры влияет процесс резкого образования крупных кристаллических структур парафинов нормального строения. В этой связи их стремятся удалить из масел или химически трансформировать их линейную структуру в разветвленную. Синтетические масла, в силу иного межмолекулярного поведения и однородности своего состава, отличаются выдающимися значениями

температуры застывания. Также, для улучшения низкотемпературных свойств применяют и некоторые типы присадок, о которых говорилось ранее.

Стоит понимать, что температура застывания лишь косвенно дает оценку эксплуатационным низкотемпературным свойствам масла. Предельные температуры применения масла в эксплуатации оговорены в рамках требований SAE J300, о чем речь пойдет позже.

ТЕМПЕРАТУРА ВСПЫШКИ

Температура вспышки, как и многие другие физико-химические показатели, также характеризует состав масла. В частности, наличие в нем легколетучих фракций и их долю. Этот показатель определяется в лаборатории с использованием специального оборудования. Процесс представляет собой постепенное повышение температуры определенного количества масла, в ходе которого у поверхности скапливаются самые легколетучие молекулы. Периодически подносится источник открытого пламени. Когда концентрация легких компонентов в газообразной фазе около границы раздела фаз достигает определенного уровня, происходит воспламенение.

В эксплуатационном отношении это является косвенным отражением потенциального расхода масла на угар, а также через систему вентиляции картера двигателя. Еще этот показатель важен для оценки риска самопроизвольного возгорания при хранении и транспортировке, а для некоторых типов масел и взрыва, при достижении предельных температур эксплуатации.

ОБЩЕЕ ЩЕЛОЧНОЕ И КИСЛОТНОЕ ЧИСЛА

Общее щелочное число или TBN (Total Base Number) является важной характеристикой современного высокотехнологичного моторного масла. Оно выражается в количестве гидроксида калия на грамм масла (мгКОН/г).

Значение этого показателя характеризует общую щелочность смазочного материала, которая формируется, главным образом, моющими и диспергирующими компонентами присадок, антиокислительными, а также некоторыми другими. В эксплуатационном отношении, величина щелочного числа характеризует стойкость масла к окислительным процессам под воздействием высоких температур и давления в присутствии химически агрессивных сред, стойкость к образованию отложений, величину межсервисного интервала.

Наиболее распространенными методами определения щелочного числа являются ASTM D2896 и D4739. Методика ASTM D 2896 позволяет измерять как «жесткое основание» металлических детергентов, так и «мягкое основание» органических и неметаллических компонентов, вследствие чего этот метод всегда дает завышенное значение щелочного числа. В целом, это более точный метод. Он часто применяется производителями смазочных материалов для определения щелочного числа свежего масла.

ASTM D4739 определяет потенциал «жестких оснований» металлических детергентов, таким образом этот метод больше подходит для определения

щелочного числа работавших масел, т.к. дает информацию о динамике срабатывания пакета присадок.

Значение щелочного числа моторного масла может колебаться в широком диапазоне. Его величина находится в строгом соответствии с качеством топлива, в частности с содержанием серы, т.к. именно она является причиной многих окислительных процессов при работе двигателя. Также важным критерием является расход топлива. К примеру, судовые двигатели внутреннего сгорания, работающие на тяжелых остаточных топливах, таких как мазут, требуют крайне высокого щелочного числа, порядка 30-40 мгКОН/г. Высокопроизводительные дизельные двигатели коммерческого транспорта эксплуатируются на моторных маслах с щелочным числом 10-15 мгКОН/г. Двигатели легковых автомобилей требуют значения щелочного числа 7-9 мгКОН/г. Масла для стационарных газопоршневых ДВС имеют щелочное число 4-5 мгКОН/г.

По мере нейтрализации химически агрессивных компонентов кислотного характера, значение щелочного числа масла снижается. Параллельно с этим можно наблюдать рост кислотного числа или TAN (Total Acid Number). Значение этого показателя характеризует наличие в масле продуктов окисления, провоцирующих увеличение коррозии и интенсивности изнашивания пар трения двигателя. Выражается как количество гидроксида калия в грамме, необходимое для нейтрализации всех кислых компонентов (мгКОН/г).

СУЛЬФАТНАЯ ЗОЛЬНОСТЬ

Сульфатная зола - это зола, полученная сжиганием смазочного материала, подверженная воздействию серной кислоты, для перехода оксидов металлов с сульфаты, прокаленная в дальнейшем при очень высокой температуре, измеряется в массовых процентах. Как уже было сказано ранее, товарный смазочный материал состоит из базового масла и пакета присадок. Само по себе базовое масло при производстве очень хорошо очищается и является практически беззольным, его зольность измеряется тысячными процента. Но вот вводимые присадки, представляющие собой органические молекулы, имеющие в своей структуре неорганические элементы, такие как кальций, магний, барий, цинк, фосфор, бор и другие. Именно они и вносят основной вклад в значение показателя сульфатной зольности.

При эксплуатации, зольные отложения всегда оказывают негативное воздействие как на работу двигателя, так и на работу различных систем очистки выхлопных газов. Зольные отложения в камере сгорания существенно влияют на сгорание топливо-воздушной смеси, приводя к преждевременному воспламенению. Это явление называется детонацией. С точки зрения влияния золы на системы очистки выхлопных газов, то наиболее подвержены её воздействию сажевые фильтры и каталитические нейтрализаторы.

ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Смазочный материал является элементом конструкции двигателя и его влияние на ресурс крайне велико. Условия работы моторного масла в двигателе

весьма сложны и многообразны. Маслу приходится работать в широком диапазоне температур, противостоять износу различных элементов двигателя, противодействовать окислительным процессам и деструкции, предотвращать окисление деталей.

СНИЖЕНИЕ ТРЕНИЯ, ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ИЗНОСА

Путем создания гидродинамического или жидкостного режима трения смазочный материал обеспечивает заданные инженерами при расчете двигателя коэффициент полезного действия, предотвращая непосредственно трение элементов конструкции, обеспечивает мощностные характеристики, влияет на расход топлива, предопределяет ресурс.

Основными смазываемыми узлами и деталями поршневого двигателя являются: коренные и шатунные подшипники, подшипники и шестерни распределительного вала, поршневые пальцы, штоки и толкатели клапанов, плунжерные пары насоса высокого давления, стенки цилиндров и поршни, многое другое. Каждый из перечисленных узлов отличается уровнем динамических и тепловых нагрузок. Ключевыми факторами, влияющими на изнашивание, относятся: давление в контактной паре, скорость относительного перемещения поверхностей, рабочая температура, конструкционный материал, ну и конечно же качество смазочного материала.

По принципу подачи смазочного материала к узлу трения масляные системы большинства современных поршневых двигателей являются комбинированными. Наиболее нагруженные узлы, например, подшипники коленчатого и распределительного валов, смазываются под давлением, создаваемым масляным насосом, иные пары трения, такие, как поршень-цилиндр, клапанный механизм, смазываются разбрызгиванием масла.

ОТВОД ТЕПЛА

Основное количества тепла, выделяемого в процессе сгорания топлива поглощается системой охлаждения и рассеивается в самом теле двигателя. Система смазки поглощает порядка 5% выделяемого тепла для нефорсированных двигателей и более 10% для форсированных. В зависимости от уровня термической нагрузки целесообразно выделить несколько зон.

Верхняя зона камеры сгорания самая термонагруженная. Элементы этой зоны, к примеру днище поршня, нагреваются до 400 °С, а выпускной клапан до 800 °С. Масло, попавшее в эту зону, сгорает с образованием отложений. Для этой зоны самыми характерными отложениями являются нагар и зола. Нагар приводит к потере подвижности поршневых колец, нарушает теплопередачу через поршень, способствует детонации и калильному зажиганию, отломавшись от поверхности он становится активным абразивом, загрязняет работающее масло, приводя к засорению фильтра. Зольные отложения еще более активно способствуют детонации и калильному зажиганию, а попав за пределы камеры сгорания нарушают работу систем очистки выхлопа и нейтрализации токсичных газов.

Средненагруженной в температурном отношении можно считать стенку поршня и цилиндра, верхнюю часть шатуна. Максимальная температура в этой зоне достигает 300-350 °С и находится в области верхних поршневых колец. Масло в этой зоне находится в тонком слое. На процессы окисления оказывают каталитическое воздействие металлы, в результате уплотнения продуктов окисления в этой зоне образуются лаковые отложения

Относительно ненагруженной в температурном отношении областью системы смазки двигателя можно считать зону коленчатого вала и картера. Максимальная температура в области коренных и шатунных подшипников не превышает 180 °С. Температура масла в картере работающего двигателя зимой находится в диапазоне 40-60 °С, летом 70-90 °С и редко превышает 110°С. Нахождение масла в картере в туманообразном состоянии, создает благоприятные условия для его окисления.

ПОДДЕРЖАНИЕ ЧИСТОТЫ

Чистота двигателя - это залог его долговечности. Количество отложений зависит от многих факторов, в этом отношении стоит учитывать качество смазочного материала, режим эксплуатации, длительность межсервисного интервала, культуру сервисного обслуживания. С точки зрения влияния качества масла, главным образом это зависит от склонности к окислению масла. Чем более высокотехнологичные базовые масла и компоненты присадок используются в составе товарного продукта, тем выше стойкость масла к деструкции под воздействием температуры.

Еще одной важной составляющей поддержания чистоты двигателя является диспергирующая способность масла. Именно это качество обуславливает способность транспортировать конгломерировавшиеся окисленные молекулы масла, а также сажу, диспергированную воду, шлам и прочие загрязнения, к фильтру, не допуская выпадения их в осадки.

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

Как уже говорилось ранее, в процессе эксплуатации двигателя образуется множество агрессивных химических сред. Продуктами сгорания топлива являются отработавшие газы в состав которых входят окислы серы и азота. Они вступают в окислительные реакции в газовой фазе, а также растворяясь в воде образуют кислоты, которые взаимодействуют с поверхностями уже в жидкой фазе, попав в систему смазки и в виде мелкодисперсной эмульсии.

В таких условиях смазочный материал противодействует не только влиянию агрессивных сред на себя, но и на сам двигатель. Благодаря содержащимся в составе моторного масла ингибиторам коррозии удается не допускать образование очагов коррозии.

КЛАССИФИКАЦИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Настоящий стандарт устанавливает классификацию и обозначение моторных масел, применяемых в автомобилях, тракторах, тепловозах, сельскохозяйственной, дорожной, судовой и другой технике. Обозначение моторных масел состоит из групп знаков:

-первый из которых обозначается буквой М - моторное и не зависит от состава и свойств масла;

-второй обозначается цифрами, характеризующими класс кинематической вязкости;

-третий обозначает принадлежность к группе масел по эксплуатационным свойствам.

В зависимости от кинематической вязкости моторные масла делят на классы, приведены в таблице - 1. Для всесезонных классов, обозначаются дробью, указывают принадлежность к одному из зимних классов в числителе дроби и одному из летних классов в знаменателе дроби.

Таблица - 1

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм ² /с (сСт), при температуре	
	+ 100 °С	- 18 °С, не более*
3з	Не менее 3,8	1250
4з	» » 4,1	2600
5з	» » 5,6	6000
6з	» » 5,6	10400
6	Св. 5,6 до 7,0 включ.	-
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 »	-
3з/8	» 7,0 » 9,3 »	1250
4з/6	» 5,6 » 7,0 »	2600
4з/8	» 7,0 » 9,3 »	2600
4з/10	» 9,3 » 11,5 »	2600
5з/10	» 9,3 » 11,5 »	6000
5з/12	» 11,5 » 12,5 »	6000

5з/14	» 12,5 » 14,5 »	6000
6з/10	» 9,3 » 11,5 »	10400
6з/14	» 12,5 » 14,5 »	10400
6з/16	» 14,5 » 16,3 »	10400

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

В зависимости от эксплуатационных признаков и областей применения моторные масла в соответствии с требованиями данного стандарта принято делить на группы применения, приведены в таблице - 2. Индекс 1 присваивают маслам для бензиновых двигателей, индекс 2 - для дизелей. Универсальные моторные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и в бензиновых двигателях одного уровня форсирования, индекса в обозначении не имеют. Универсальные моторные масла, принадлежащие к разным группам, должны иметь двойное обозначение, в котором первое характеризует качество масла при применении в дизелях, второе - в бензиновых двигателях.

Таблица - 2

Группа масла по эксплуатационным свойствам		Рекомендуемая область применения
А		Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
Б	Б1	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
	Б2	Малофорсированные дизели
В	В1	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, способствующих окислению масла и образованию всех видов отложений
	В2	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и склонности к образованию высокотемпературных отложений
Г	Г1	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению
	Г2	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений
Д	Д1	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых чем для масел группы Г1

	Д2	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	Е1	Высокофорсированные бензиновые и дизельные двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел групп Д1 и Д2. Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами
	Е2	

Примеры обозначения моторных масел: **М-8-В1**

М - моторное масло

8 - класс вязкости

В1 - масло для среднефорсированных бензиновых двигателей

М-6з/10-В

М - моторное масло

6з/10 - класс вязкости

В - универсальное масло для среднефорсированных дизельных и бензиновых двигателей

М-4з/8-В2Г1

М - моторное масло

4з/8 - класс вязкости

В2Г1 - масло для использования как в среднефорсированных дизелях (В2), так и в высокофорсированных бензиновых двигателях (Г1).

После такого обозначения марки масла в скобках могут быть дополнительные индексы, характеризующие специальные свойства, состав или назначение масла. Например, в обозначении марки масла М-8Г2(к), буква "к" означает, что масло предназначено для сильнофорсированных дизельных двигателей автомобилей КамАЗ и тракторов К-701, в обозначении марки М-10Г1(и), буква "и" означает, что в масло введены импортные присадки; в обозначении марки М-8В2(т), буква "т" означает, что масло пригодно и для трансмиссии; в обозначении марки М-10Д(м), буква "м" обозначает, что масло малозольное. Масла М-8Д(м) и М-10Д(м) оптимизированы для применения в двигателях с турбонаддувом.

КЛАССИФИКАЦИЯ SAE J300

Сегодня общепринятой в международном масштабе стала классификация вязкостно-температурных свойств моторных масел SAE J300. SAE это аббревиатура общества автомобильных инженеров США - Society of Automotive Engineers.

В рамках этой классификации предусмотрено деление классов вязкости на зимние и летние. Зимние классы вязкости обозначены цифрой с буквенным индексом *W* – winter. Для этих масел кроме минимальной вязкости при 100°C дополнительно регламентируется предел проворачиваемости коленчатого вала (CCS - Cold Cranking Simulator) и прокачиваемости масла (MRV - Mini Rotary Viscometer) в холодных условиях.

Тест CCS - имитатор холодного пуска, регламентирует максимальную динамическую вязкость при определенной температуре для класса вязкости, при которой будет обеспечена проворачиваемость коленчатого вала. Данный показатель определяется по методике ASTM D 2602.

Тест MRV регламентирует максимальное значение динамической вязкости при определенной температуре для класса вязкости, при которой будет обеспечена прокачиваемость моторного масла по системе смазки. Этот показатель определяется по методикам ASTM D 4684 и D 3829.

Для летних классов вязкости предусмотрен диапазон кинематической вязкости при 100°C, которая определяется согласно методике ASTM D 445. А также регламентируется т.н. показатель HTHS - High Temperature High Shear Rate, что можно трактовать как высокая прочность на сдвиг при высокой температуре. С помощью этой характеристики определяется пригодность масла для работы в зоне экстремально высоких температур с точки зрения стабильности вязкостных характеристик, оценивается согласно стандарта ASTM D 4683.

Классификация SAE J300 стремится описать классы вязкости для условий, близких к реальным. Летние масла имеют достаточную вязкость, чтобы обеспечить надежное смазывание в области высоких температур, но они слишком вязкие при низких температурах. Маловязкие зимнее масла облегчают холодный пуск двигателя в области отрицательных температур, но не обеспечивают надежного смазывания летом. Таким образом, класс вязкости SAE помогает определить диапазон температуры окружающей среды, при котором то или иное масло обеспечит нормальную работу двигателя, его проворачивание стартером и прокачивание масла насосом по системе смазки при холодном пуске, надежное смазывание летом при длительной работе в режиме максимальных нагрузок. Большинство современных товарных моторных масел сегодня являются всесезонными и удовлетворяют требованиям по вязкости как при низких, так и при высоких температурах, обеспечивая меньшую зависимость вязкости от температуры.

Классы вязкости моторных масел SAE J300						
Параметры	Класс вязкости SAE	Низкотемпературная вязкость		Высокотемпературная вязкость		
		CCS, МПа·с. Max, при темп., °C	MRV, МПа·с. Max, при темп., °C	Кинематическая вязкость, мм ² /при 100·°C		HTHS, МПа·с. Min при 150°C и 10 ⁶ с-1,
				Min	Max	
Зимние классы	0W	3250 при-30	30000 при-35	3,8	-	-
	5W	3500 при-25	30000 при-30	3,8	-	-
	10W	3500 при-20	30000 при-25	4,1	-	-
	15W	3500 при-15	30000 при-20	5,6	-	-
	20W	4500 при-10	30000 при-15	5,6	-	-
	25W	6000 при-5	30000 при-10	9,3	-	-
Летние классы	8	-	-	4,0	6,1	1,7
	12	-	-	5,0	7,1	2,0
	16	-	-	6,1	8,2	2,3
	20	-	-	6,9	9,3	2,6
	30	-	-	9,3	12,5	2,9
	40	-	-	12,5	16,3	2,9*
	40	-	-	12,5	16,3	3,7**
	50	-	-	16,3	21,9	3,7
	60	-	-	21,9	26,1	3,7
* для классов 10W40, 5W40, 10W40						
** для классов 15W40, 20W40, 25W40, 40						

КЛАССИФИКАЦИЯ API – AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

API - American Petroleum Institute, совместно с ASTM - American Society for Testing and Materials и SAE - Society of Automobile Engineers, разработал классификацию моторных масел в 1969 году, опирающуюся на эксплуатационные характеристики. Данная классификация разделяет моторные масла на масла для бензиновых двигателей и масла для дизельных двигателей, также описывает масла для двухтактных двигателей и трансмиссионные масла. Классификацию API называют классификацией по качеству моторных масел. Эта система постоянно совершенствуется.

По системе API установлены три эксплуатационные категории назначения и качества моторных масел. Первая S – Service (spark ignition), которая состоит из категорий качества моторных масел для бензиновых двигателей, идущих в хронологическом порядке. Вторая C – Commercial (compression ignition), она состоит из категорий качества и назначения масел для дизельных двигателей, идущих в хронологическом порядке. Третья EC - Energy Conserving, описывает требования к энергосберегающим маслам. Новый ряд высококачественных масел, состоящий из

маловязких, легкотекучих масел, уменьшающих расход топлива по результатам тестов на бензиновых двигателях. Универсальные масла для бензиновых и для дизельных двигателей обозначаются двумя символами соответствующих категорий, первый символ является основным, а второй указывает на возможность применения этого масла для двигателя другого типа.

Следует отдельно отметить, что каждая последующая категория качества согласно классификации API может быть использована в двигателе, где рекомендована любая предыдущая.

Масла, соответствующие требованиям действующих категорий качества и прошедшие официальные испытания API и SAE, имеют на своих этикетках графический круглый знак - API Service Symbol, в котором указаны степень вязкости по SAE, категория качества и назначения по API и возможная степень энергосбережения.

API S

Категории API SA, API SB, API SC, API SD, API SE, API SF, API SG на сегодняшний день признаны недействительными, как устаревшие, однако в некоторых странах масла этих категорий еще выпускаются.

API SH считается условно действующей, она утверждена в 1992 году. На сегодняшний день она может быть сертифицирована только как дополнительная к категориям API C, например - API CF-4/SH. По требованиям соответствует категории ILSAC GF-1, но без обязательного энергосбережения. Автомобильные масла данной категории предназначены для бензиновых двигателей моделей 1996 года и старше. При проведении сертификации на энергосбережение, в зависимости от степени экономии топлива присваивались категории API SH/EC и API SH/ECII.

API SJ утверждена в ноябре 1995 года, лицензии стали выдаваться с октября 1996 года, категория действующая. Данная категория описывает автомасла, которые используются в бензиновых двигателях, начиная с 1996 года выпуска. Она предусматривает такие же минимальные требования, как и API SH, а также дополнительные, например, стойкость к нагарообразованию и улучшенные возможности при работе в области низких температур. Возможность сертификации по категории энергосбережения API SJ/EC

API SL введена с 2001 года, описывает требования к маслам для двигателей, выпущенных после 2001 года, является действующей. В соответствии с требованиями производителей автомобилей, автомасла класса API SL применяются в многоклапанных турбированных моторах, работающих на обеднённых топливо-воздушных смесях, соответствующих современным строгим экологическим требованиям, а также тенденциям к энергосбережению. Ключевые направления совершенствования масел этой категории заключались в увеличении межсервисных интервалов, стабильности энергосберегающих свойств, снижению летучести.

API SM введена в ноябре 2004, категория является действующей. Требования категории API SM обусловлены современными тенденциями развития техники: экологичности, увеличению интервалов техобслуживания, неизменной надежности работы. По сравнению с классом API SL, моторные масла,

соответствующие требованиям API SM, должны обладать более высокими показателями защиты от окисления и преждевременного износа деталей двигателя. Кроме того, повышены стандарты относительно свойств масла при низких температурах. Моторные масла этого класса могут быть сертифицированы по классу энергосбережения ILSAC.

API SN введена в октябре 2010г. Это последняя сервисная категория для автомобилей с бензиновыми двигателями. Отличия класса API SN от предыдущей спецификации SM гораздо более масштабны, нежели отличия класса SM от SL. Основное отличие API SN от предыдущих классификаций API в ограничении содержания фосфора для совместимости с современными системами нейтрализации выхлопных газов, а также комплексное энергосбережение. Масла API SN улучшены по сравнению с API SM в областях окислительной стабильности и контроля отложений и шламов. API также ввело новое обозначение Resource Conserving - ресурсосбережение, которое может использоваться в связке с API SN. Обозначение Resource Conserving заменило предыдущее обозначение Energy Conserving - энергосбережение. В то время как энергосбережение было сфокусировано только на экономии топлива, новое обозначение ресурсосбережение охватывает экономию топлива, защиту системы очистки выхлопных газов и турбонаддувов, а также совместимость с топливами, содержащими этанол, вплоть до 85 % биоэтанола. Стоит добавить, что требования API SN и ILSAC GF-5 достаточно близки и маловязкие масла сертифицируются совместно по этим двум классификациям.

API C

Категории API CA, API CB, API CC, API CD, API CE, API CF, API CF-4, API CG-4 на сегодняшний день признаны недействительными, как устаревшие, однако в некоторых странах масла этих категорий еще выпускаются.

API CH-4 - действует с декабря 1998 года. Моторные масла данного класса применяются в четырехтактных дизельных двигателях, которые эксплуатируются в высокоскоростных режимах и соответствуют требованиям норм и стандартов по токсичности выхлопных газов, принятых в 1998 году. Автomasла API CH-4 соответствуют достаточно жестким требованиям как американских, так и европейских производителей дизельных двигателей. Требования класса специально разработаны для использования в моторах, работающих на высококачественном топливе с удельным содержанием серы до 0,5%. При этом, в отличие от класса API CG-4, ресурс этих моторных масел менее чувствителен к использованию дизельного топлива с содержанием серы более 0,5%, что особенно актуально для стран Южной Америки, Азии, Африки. Моторные масла API CH-4 соответствуют повышенным требованиям и должны содержать присадки, более эффективно предотвращающие износ клапанов и образование нагара на внутренних поверхностях.

API CI-4 - введен в 2002 году и действителен по сей день. Этот класс введен в связи с появлением новых, более жестких требований по экологии и токсичности выхлопных газов, которые предъявляются к двигателям, выпускаемым с 1 октября 2002г. Эти моторные масла применяются в современных дизельных двигателях с различными видами впрыска и наддува. Моторное масло, соответствующее данному классу, должно содержать соответствующие моюще-диспергирующие

присадки и имеет, в сравнении с классом СН-4, повышенную устойчивость к термическому окислению, а также более высокие диспергирующие свойства. Кроме того, такие автомасла обеспечивают существенное уменьшение угара моторного масла за счет снижения летучести и уменьшения испарения при рабочей температуре. Усилены также требования относительно холодной прокачиваемости, за счет улучшения текучести автомасла.

CI-4 PLUS - дополнительный эксплуатационный класс моторных масел для дизельных двигателей введен в 2004 году, действителен по настоящий момент. По сравнению с API CI-4 повышены требования к сажеобразованию, отложениям, вязкостным показателям, ограничению значения TBN. При сертификации в данной классификации моторное масло должно тестироваться в семнадцати моторных тестах.

API CJ-4 - введена в 2006. Для быстроходных четырёхтактных двигателей, проектируемых для удовлетворения норм по токсичности отработавших газов 2007 года на магистральных дорогах. Отвечает ключевым требованиям по нормам выбросов NOx и твердых частиц для двигателей, выпускаемых с 2007г. На масла CJ-4 вводятся лимиты по некоторым показателям: зольность меньше чем 1,0%, сера 0,4%, фосфор 0,12%. Масла CJ-4 допускают использование топлива с содержанием серы вплоть до 500 ppm (0,05% масс.), однако работа с топливом, в котором содержание серы превышает 15 ppm (0,0015% масс.), может сказаться на работоспособности систем очистки выхлопных газов и/или интервалах замены масла. Масла CJ-4 рекомендованы для двигателей, оборудованных дизельными сажевыми фильтрами и другими системами очистки выхлопных газов.

API CK-4 описывает требования к маслам для высокоскоростных четырехтактных дизельных двигателей, выпускаемых с 2017 г. Эти масла допускают использование дизельного топлива с содержанием серы до 500 ppm (0,05% масс), однако работа с топливом, в котором содержание серы превышает 15 ppm (0,0015% масс.), может сказаться на работоспособности систем очистки выхлопных газов и/или интервалах замены масла. Масла этой категории обладают повышенной стойкостью к окислению и отложениям в области поршневых колец, потере вязкости из-за влияния сдвиговых нагрузок и аэрации масла, усиленными противоизносными свойствами, стойкостью к деградации вязкости по причине диспергирования сажи. API CK-4 особенно эффективны для двигателей, оборудованных сажевыми фильтрами и другими системами доочистки выхлопных газов. При использовании масла CK-4 с топливом, содержащим более 15 ppm серы, следует обратиться к изготовителю двигателя за рекомендациями по интервалу обслуживания.

API FA-4 описывает требования к маслам классов вязкости SAE XW30 для высокоскоростных четырехтактных дизельных двигателей, выпускаемых с 2017г. и соответствующих вновь введенным нормам по токсичности отработавших газов. Эти масла спроектированы под новые требования к энергосбережению и для них HTHS должен находиться в диапазоне 2,9 - 3,2 сП. Эти масла также допускают использование дизельного топлива с содержанием серы до 15 ppm (0,0015% масс.). Масла этой категории также разработаны с учетом требований к повышенной стойкости к окислению и отложениям в области поршневых колец, стабильности вязкости из-за влияния сдвиговых нагрузок и аэрации масла. Также, как и масла API CK-4, обладают усиленными противоизносными свойствами, стойкостью к деградации вязкости по причине диспергирования сажи. API CK-4 особенно

эффективны для двигателей, оборудованных сажевыми фильтрами и другими системами доочистки выхлопных газов. Масла API FA-4 не имеют обратной совместимости и не являются взаимозаменяемыми с маслами, отвечающими требованиям API CK-4, CJ-4, CI-4, CI-4 PLUS, CI-4 и CH-4. Следует обратиться к изготовителю двигателя за рекомендациями по использованию масел API CK-4 и интервалу обслуживания.

КЛАССИФИКАЦИЯ ILSAC – INTERNATIONAL LUBRICANTS STANDARDISATION AND APPROVAL COMMITTEE

Американская ассоциация производителей автомобилей AAMA - American Automobile Manufacturers Association, и японская ассоциация производителей автомобилей JAMA - Japan Automobile Manufacturers Association, совместно создали международный комитет по стандартизации и апробации моторных масел ILSAC - International Lubricant Standardization and Approval Committee. От имени этого комитета издаются стандарты качества масел для бензиновых двигателей легковых автомобилей. Масла, сертифицированные ILSAC, часто сертифицируются совместно с API.

Отличительными особенностями масел, сертифицированных по ILSAC являются энергосбережение и экономия топлива, достигаемая пониженным значением HTHS (2,6-2,9 мПа·с при 150°C и скорости сдвига 10^{-6}с^{-1}), малая испаряемость по методикам NOACK или ASTM, улучшенная фильтруемость в условиях низких температур, стойкость к вспениванию, высокая стабильность к сдвигу, защита систем снижения токсичности выхлопных газов путем ограничения содержания фосфора.

ILSAC GF-1 создан в 1990 году и обновленная в 1992 году, эта спецификация стала минимально допустимым требованием к моторным маслам, используемых в американских и японских автомобилях. Допустимые классы вязкости в рамках этой спецификации SAE 0W-XX, SAE 5W-XX, SAE 10W-XX; где XX - 30, 40, 50, 60. В рамках ILSAC GF-1 утверждены требования к моторному маслу по экономии топлива, снижению отложений, повышению противоизносных свойств. Для защиты систем снижения токсичности выхлопных газов введено требование к содержанию фосфора не превышающее 0,12%. Спецификация ILSAC GF-1 указывает, что масло соответствует API SH, и дополнено требованиями по энергосбережению EC-II. На данный момент она является не действительной.

ILSAC GF-2 утвержден в 1996 году. Эти масла одновременно соответствуют требованиям API SJ с дополнительным требованием по энергосбережению EC-II. Под стандарт ILSAC GF-2 подпадают моторные масла тех же классов вязкости, что и масла ILSAC GF-1, а также дополнительные классы SAE 0W20 и 5W20. Ограничения по содержанию фосфора еще более строгие, его значение не должно превышать 0,1%. Масла отличаются улучшенными низкотемпературными свойствами, повышенной стойкостью к образованию высокотемпературных отложений и к пенообразованию.

ILSAC GF-3 утвержден в 2001 году. Масла ILSAC GF-3 во многом соответствуют API SL, но к маслам, в рамках GF-3 обязательно предъявляются требования к энергосбережению уровня EC-II. От GF-2 и API SJ существенно отличаются лучшими антиокислительными и противоизносными свойствами, а также меньшей испаряемостью. Эти масла также обладают лучшими

характеристиками по экономии топлива, снижению высокотемпературных отложений и стабильной, в течение периода эксплуатации, вязкости. Стандарт ILSAC GF-3 предъявляет повышенные требования к истощению пакета присадок, а также к нормам расхода на угар в течение всего срока службы масла. ILSAC GF-3 имеет более строгие параметры, касающиеся долгосрочных последствий влияния масла на современные системы нейтрализации токсичности выхлопа транспортных средств.

ILSAC GF-4 утвержден в январе 2004 года. Эти масла проходят тесты, схожие с тестами для стандарта API SM, кроме того, дополнительно проводятся испытания на топливную экономичность по стандарту ASTM D6837. Для спецификации регламентированы 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, усиленными противоизносными характеристиками. Кроме того, улучшена топливная экономичность, снижена испаряемость, повышена стабильность характеристик масла в течение периода эксплуатации. Предъявляются еще более строгие требования к содержанию фосфора, его содержание не должно превышать 0,08%.

ILSAC GF-5 утвержден в декабре 2009 года. Эти масла соответствуют требованиям классификации API SM с более жесткими требованиями к экономии топлива, совместимости с каталитическими системами, к испаряемости, моющим свойствам, стойкости к образованию отложений. Вводятся новые требования по защите систем турбонаддува от образования отложений и совместимости с эластомерами. Основные же отличия ILSAC GF-5 от предыдущей классификации GF-4, в возможности работы с биотопливом, улучшенной защитой от износа и коррозии, большей топливной экономичности, улучшенной совместимостью с уплотнительными материалами и улучшенной защитой от шламообразования.

КЛАССИФИКАЦИЯ ACEA – ASSOCIATION DES CONSTRUCTEURS EUROPÉENS DE L'AUTOMOBILES

ACEA - Association des Constructeurs Europeens de L'Automobiles - ассоциация европейских производителей автомобилей. Представляет интересы 15 европейских производителей легковых и грузовых автомобилей, а также автобусов на уровне Европейского Союза. Ассоциация ACEA организована в Европе в 1991 году с главным офисом в Брюсселе, включающим генерального секретаря и секретариат. Эта классификация устанавливает новую, более жесткую по сравнению с ССМС, европейскую классификацию моторных масел по эксплуатационным свойствам. ССМС - Committee of Common Market Automobile Constructors - комитет производителей автомобилей общего рынка, организация предшественница ACEA. Совет директоров ACEA состоит из топ-менеджеров компаний автопроизводителей, членов ассоциации, таких как BMW GROUP, PORSCHE AG, DAF TRUCKS NV, PSA PEUGEOT CITROËN, DAIMLER AG, RENAULT SA, FIAT S.p.A, SCANIA AB, FORD OF EUROPE GmbH, TOYOTA MOTOR EUROPE, GENERAL MOTORS EUROPE AG, VOLKSWAGEN AG, JAGUAR LAND ROVER, AB VOLVO, MAN NUTZFAHRZEUGE AG.

Современная редакция ACEA от 2016 состоит из трех классов моторных масел, отличающихся областью применения по типу двигателя: А, В, С и Е. Соответственно А и В - для бензиновых и дизельных двигателей легковых автомобилей; С - для бензиновых и дизельных двигателей легковых автомобилей,

оборудованных сажевыми фильтрами и системами нейтрализации токсичности выхлопа, предъявляющими особые требования к зольности моторного масла; E – для тяжелонагруженных дизельных двигателей. Начиная с редакции 2004 года моторные масла для дизельных и бензиновых двигателей легковых автомобилей по ACEA объединены в одну категорию.

Каждый класс подразделяется на категории различного уровня эксплуатационных свойств. Четыре для бензиновых и дизельных двигателей легковых автомобилей - A1/B1, A3/B3, A3/B4, A5/B5. Пять для бензиновых и легких дизельных двигателей, оборудованных сажевыми фильтрами и каталитическими системами доочистки - C1, C2, C3, C4, C5. Четыре для тяжелонагруженных дизельных двигателей - E4, E6, E7, E9.

ACEA A/B-16

A1/B1-12 спецификация описывает стойкие к механической деструкции масла, предназначенные для применения с увеличенными интервалами замены в бензиновых и дизельных двигателях легковых и легких грузовых транспортных средств, разработанных для применения маловязких масел, снижающих трение. Для этой категории масел характерно пониженное значение НТНС, 2,6 мПа•с для SAE XW-20 и от 2,9 до 3,5 мПа•с для прочих классов вязкости. Эти масла могут быть не пригодны для смазывания некоторых двигателей. Щелочное число не менее 8 мгКОН/г, сульфатная зольность не более 1,3%. Необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации. После выпуска редакции 2016 года эта категория стала не действительной.

A3/B3-16 спецификация описывает стойкие к механической деструкции масла с высокими эксплуатационными свойствами, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств. Подразумевает возможность увеличения межсервисного интервала в соответствии с рекомендациями изготовителей двигателей, а также применения в особо тяжелых условиях эксплуатации и всесезонного использования маловязких масел. Щелочное число не менее 8 мгКОН/г, сульфатная зольность в диапазоне 0,8-1,5%. Для этой категории масел характерно значение НТНС более 3,5 мПа•с.

A3/B4-16 спецификация описывает стойкие к механической деструкции масла с высокими эксплуатационными свойствами, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых и дизельных двигателях с непосредственным впрыском топлива. Эти масла также пригодны для применения там, где регламентирован уровень свойств ACEA A3/B3. Щелочное число не менее 10 мгКОН/г, сульфатная зольность в диапазоне 0,8-1,6%. Для этой категории масел характерно значение НТНС более 3,5 мПа•с.

A5/B5-16 спецификация описывает стойкие к механической деструкции масла с высокими эксплуатационными свойствами, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых двигателях и дизелях легких транспортных средств. Подразумевает возможность увеличения межсервисного интервала в соответствии с рекомендациями изготовителей двигателей. Щелочное число не менее 8 мгКОН/г, сульфатная зольность не более 1,6%. Для этой категории масел характерно пониженное значение НТНС, от 2,9 до 3,5 мПа•с.

ACEA C-16

C1-16 описывает стойкие к механической деструкции масла, совместимые с системами нейтрализации отработанных газов, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых и дизельных двигателях легких транспортных средств, оборудованных сажевыми фильтрами и трехкомпонентными катализаторами. Для этой категории масел характерно пониженное значение НТНС, от 2,9 мПа·с, что обуславливает топливную экономичность. Также эти масла имеют наименьшее значение сульфатной зольности, содержание фосфора и серы. Не более 0,5%, не более 0,05% и не более 0,02% соответственно. Испаряемость Noack должна быть не более 13%. Они могут быть не пригодны для смазывания некоторых двигателей, необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации.

C2-16 описывает стойкие к механической деструкции масла, совместимые с системами нейтрализации отработанных газов, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых и дизельных двигателях легких транспортных средств, оборудованных сажевыми фильтрами и трехкомпонентными катализаторами. Для этой категории масел характерно пониженное значение НТНС, от 2,9 мПа·с, что обуславливает топливную экономичность. Также эти масла имеют низкую сульфатную зольность, содержание фосфора и серы. Не более 0,8%, от 0,07 до 0,09% и, не более 0,3% соответственно. Испаряемость Noack должна быть не более 13%. Они могут быть не пригодны для смазывания некоторых двигателей, необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации.

C3-16 описывает стойкие к механической деструкции масла, совместимые с системами нейтрализации отработанных газов, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых и дизельных двигателях легких транспортных средств, оборудованных сажевыми фильтрами и трехкомпонентными катализаторами. Для этой категории масел характерно пониженное значение НТНС, от 3,5 мПа·с. Также эти масла имеют низкую сульфатную зольность, содержание фосфора и серы. Не более 0,8%, от 0,07 до 0,09% и, не более 0,3% соответственно. Испаряемость Noack должна быть не более 13%, также нормируется щелочное число не менее 6 мгКОН/г. Они могут быть не пригодны для смазывания некоторых двигателей, необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации.

C4-16 описывает стойкие к механической деструкции масла, совместимые с системами нейтрализации отработанных газов, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых и дизельных двигателях легких транспортных средств, оборудованных сажевыми фильтрами и трехкомпонентными катализаторами. Для этой категории масел характерно пониженное значение НТНС, от 3,5 мПа·с. Также эти масла имеют низкую сульфатную зольность, содержание фосфора и серы. Не более 0,5%, не более 0,09% и не более 0,2% соответственно. Испаряемость Noack должна быть не более 11%, также нормируется щелочное число не менее 6 мгКОН/г. Они могут быть не пригодны для смазывания некоторых двигателей, необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации.

C5-16 описывает стойкие к механической деструкции масла, совместимые с системами нейтрализации отработанных газов, предназначенные для применения в высокофорсированных бензиновых и дизельных двигателях легких транспортных

средств, оборудованных сажевыми фильтрами и трехкомпонентными катализаторами. Для этой категории масел характерно самое низкое в категории значение НТНС, от 2,6 до 2,9 мПа·с. Также эти масла имеют низкую сульфатную зольность, содержание фосфора и серы. Не более 0,8%, от 0,07% до 0,09% и, не более 0,03% соответственно. Испаряемость Noack должна быть не более 13%, также нормируется щелочное число не менее 6 мгКОН/г. Они могут быть не пригодны для смазывания некоторых двигателей, необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации.

ACEA E-16

E4-16 описывает стойкие к механической деструкции масла, обеспечивающие великолепный контроль за чистотой поршней, снижение износа и сажеобразования и стабильность смазывающих свойств на значительно увеличенных межсервисных интервалах. Рекомендованы для применения в высокооборотных дизельных двигателях, удовлетворяющих требованиям Euro-1, Euro-2, Euro-3, Euro-4 и в некоторых случаях Euro-5 по эмиссии токсичных веществ и работающих в особо тяжелых условиях эксплуатации, например, значительно увеличенных интервалах замены масла в соответствии с рекомендацией автопроизводителя. Масла применимы для двигателей без сажевых фильтров, а также для некоторых двигателей, оборудованных системой рециркуляции отработанных газов – EGR, системой избирательного каталитического восстановления - SCR для снижения уровня оксидов азота NO_x в выхлопных газах. Для этой категории масел характерно значение НТНС не менее 3,5 мПа·с. Также эти масла имеют ограничения по сульфатной зольности, значение нормируется величиной не более 2,0%. Испаряемость Noack должна быть не более 13%, также нормируется щелочное число не менее 12 мгКОН/г. У разных производителей двигателей рекомендации могут быть различными, поэтому необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации.

E6-16 описывает стойкие к механической деструкции и старению масла, обеспечивающие высокую чистоту поршней, малый износ и предотвращающие негативное влияние сажи на свойства масла. Рекомендованы для применения в высокооборотных дизелях, работающих в особо тяжелых условиях эксплуатации, выполняющих требования Euro-1, Euro-2, Euro-3, Euro-4 и Euro-5 по эмиссии токсичных веществ, и работоспособных при значительно увеличенных интервалах между сменами масла в соответствии с рекомендациями автопроизводителей. Они применимы как при наличии, так и при отсутствии сажевых фильтров - DPF, в том числе и для двигателей с рециркуляцией отработанных газов – EGR, с системой избирательного каталитического восстановления - SCR. Масла данной категории следует применять в сочетании с малосернистым дизельным топливом, содержание серы не должно превышать 0,005%. Для этой категории масел характерно значение НТНС не менее 3,5 мПа·с. Также эти масла имеют низкую сульфатную зольность, содержание фосфора и серы. Не более 1,0%, не более 0,08% и, не более 0,3% соответственно. Испаряемость Noack должна быть не более 13%, также нормируется щелочное число не менее 7 мгКОН/г. У разных производителей двигателей рекомендации могут быть различными, поэтому необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации.

E7-16 описывает стойкие к механической деструкции масла, обеспечивающие великолепный контроль за чистотой поршней и полировкой стенок цилиндров. Масла также обеспечивают прекрасную защиту от износа и сажеобразования и стабильность смазывающих свойств. Рекомендованы для применения в высокооборотных дизельных двигателях, удовлетворяющих требованиям Euro-1, Euro-2, Euro-3, Euro-4 и в некоторых случаях Euro-5 по эмиссии токсичных веществ и работающих в особо тяжелых условиях эксплуатации, например, увеличенных интервалах замены масла в соответствии с рекомендацией автопроизводителя. Масла применимы для двигателей без сажевых фильтров - DPF, а также для некоторых двигателей, оборудованных системой рециркуляции отработанных газов - EGR и системой избирательного каталитического восстановления – SCR, для снижения уровня оксидов азота NOx в выхлопных газах. Для этой категории масел характерно значение HTHS не менее 3,5 мПа•с. Также эти масла имеют ограничения по сульфатной зольности, значение нормируется величиной не более 2,0%. Испаряемость Noack должна быть не более 13%, также нормируется щелочное число не менее 9 мгКОН/г. У разных производителей двигателей рекомендации могут быть различными, поэтому необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации.

E9-16 описывает стойкие к механической деструкции масла, обеспечивающие великолепный контроль за чистотой поршней, снижение износа и сажеобразования и стабильность смазывающих свойств. Рекомендованы для применения в высокооборотных дизельных двигателях, удовлетворяющих требованиям Euro-1, Euro-2, Euro-3, Euro-4 и Euro-5 по эмиссии токсичных веществ и работающих в особо тяжелых условиях эксплуатации, например, значительно увеличенных интервалах замены масла в соответствии с рекомендацией автопроизводителя. Масла данной категории прямо рекомендованы для двигателей с сажевыми фильтрами – DPF, но могут работать и в моторах без них. Подходят для большинства двигателей, оборудованных системой рециркуляции отработанных газов – EGR, а также системой избирательного каталитического восстановления – SCR, для снижения уровня оксидов азота NOx в выхлопных газах. Масла данной категории следует применять в сочетании с малосернистым дизельным топливом, содержание серы не должно превышать 0,005%. Для этой категории масел характерно значение HTHS не менее 3,5 мПа•с. Также эти масла имеют низкую сульфатную зольность, содержание фосфора и серы. Не более 1,0%, не более 0,12% и, не более 0,4% соответственно. Испаряемость Noack должна быть не более 13%, также нормируется щелочное число не менее 7 мгКОН/г. У разных производителей двигателей рекомендации могут быть различными, поэтому необходимо руководствоваться инструкцией по эксплуатации.

КЛАССИФИКАЦИЯ JASO – JAPANESE AUTOMOBILE STANDARDS ORGANIZATION

Классификация моторных масел JASO - японской организации автомобильных стандартов, является системой сертификации и лицензирования моторных масел для двигателей, производимых в Японии или предназначенных для японского рынка. Колоссальный опыт по производству и эксплуатации двигателей накопленный в Японии, является основной причиной все более широкого признания стандартов JASO и за пределами страны.

Причинами, побудившими японские регулирующие органы создать данную классификацию стали повышающиеся требования экологических стандартов в области двигателестроения, а также невозможность ни одной из существующих на тот момент классификаций, удовлетворить жесткие требования к качеству смазочных материалов для японских моторов ввиду их конструктивных особенностей. Долгое время японские автопроизводители рекомендовали к применению масла ссылаясь на качественные категории API. Со временем выявились проблемы с повышенным износом деталей клапанного механизма, на что влияло высокое содержание дисперсантов. Это привело к появлению теста на японском двигателе Mitsubishi 4D34T, призванного оценивать и регламентировать степень износа. Еще одной конструктивной особенностью японских двигателей является относительно низкое расположение верхнего поршневого кольца в сравнении с европейскими и североамериканскими двигателями, в результате чего максимальные температуры в зоне верхних поршневых колец ниже. Для максимального соответствия реальным температурным условиям, измерения отложений на поршне планируется проводить на двигателе Nissan TD-25. Повсеместное распространение систем EGR не обошло и японских производителей дизельных двигателей. Использование этой системы способствует увеличению количества кислот сгорания, что значительно усиливает коррозионный износ. В этой связи в маслах стали регламентировать минимальное значение общего щелочного числа.

Классификация масел JASO вмещает в себя описание моторных масел для двухтактных бензиновых двигателей – JASO F, для четырехтактных бензиновых двигателей JASO M, ну и конечно для четырехтактных дизельных двигателей JASO D.

JASO F

Для моторных масел, использующихся в двухтактных двигателях JASO установила следующие эксплуатационные уровни: FA, FB, FC и FD. Ключевыми факторами, определяющими основные различия между данными эксплуатационными уровнями, являются моющие и смазывающие свойства, токсичность выхлопных газов, а также дымность.

Основной проблемой двухтактных двигателей, работающих на высоких оборотах и при экстремальных рабочих температурах, является коксуемость поршней. Для предотвращения коксуемости в данных двигателях необходимо использовать моторные масла с высокими моющими свойствами. Поэтому в 2004 году был принят новый класс моторных масел для двухтактных двигателей JASO FD. Моторные масла, отвечающие требованиям данной спецификации, обладают высокими моющими свойствами. Однако использование масел с более низкими эксплуатационными уровнем JASO FB, FC также имеет свое обоснование, поскольку мотопарк состоит не только из высокоскоростной техники, но и из техники предыдущих годов выпуска не требующей высочайшего уровня эксплуатационных свойств масла.

JASO M

Для четырехтактных мотоциклетных двигателей вполне успешно могут применяться масла для автомобильных бензиновых двигателей. Но, при эксплуатации в мотоциклетной технике к ним предъявляются дополнительные требования относительно фрикционных свойств, так как в одном агрегате с двигателем мотоцикла имеется фрикционный механизм сцепления. Моторное масло должно обеспечить хорошее сцепление и не допустить проскальзывание. Для этой цели непригодны маловязкие и энергосберегающие масла, содержащие

присадки — модификаторы трения, снижающие коэффициент трения, поэтому были введены отдельные классы. Для того, чтобы моторное масло соответствовало любому из стандартов JASO M, оно должно быть, по крайней мере, одного из следующих уровней качества: API SG/SH/SJ/SL/SM, ILSACGF-1/GF-2/GF-3, ACEA A1-B1/A3-B3/A3-B4/A5-B5/C2/C3. Кроме того, регламентируются дополнительные фрикционные характеристики: индекс динамического трения моторного масла - DFI, индекс статического трения - SFI и индекс времени остановки STI. Значения этих индексов должны находиться в определенных диапазонах для каждого из классов, приведенных ниже.

JASO MA если некоторые фрикционные характеристики попадают в подкатегорию MA-1, а другие в MA-2, то продукт классифицируют как JASO MA. Частично соответствует API SG.

JASO MA-1 отличается от JASO MB большим коэффициентом трения, но меньшим чем у JASO MA-2. Подходит для мотоциклов с мокрым сцеплением, но с умеренной нагрузкой.

JASO MA-2 отличается большим коэффициентом трения, чем MA-1. Идеально подходит для мощных спортивных мотоциклов с мокрым сцеплением. Частично соответствует API SL.

JASO MB отличается малым коэффициентом трения. Не подходит для мотоциклов с мокрым сцеплением. Применяется в технике оборудованной исключительно сухим сцеплением.

ИНДЕКС	JASO MA	JASO MB
DFI	≥1,35 и <2,5	≥0,4 и <1,35
SFI	≥1,45 и <2,5	≥0,4 и <1,45
STI	≥1,40 и <2,5	≥0,4 и <1,40
ИНДЕКС	JASO MA1	JASO MA2
DFI	≥1,35 и <1,50	≥1,50 и <2,5
SFI	≥1,45 и <1,60	≥1,60 и <2,5
STI	≥1,40 и <1,60	≥1,60 и <2,5

JASO D

JASO DH-1 был разработан для дизельных двигателей, которые должны соответствовать долгосрочным нормам по выбросам отработанных газов до 2009 года, и предусматривает требования к эксплуатационным характеристикам по таким параметрам, как предотвращение износа, предотвращение коррозии, стабильность к высокотемпературному окислению, а также снижению образования сажи. Кроме того, эти масла контролируют износ поршня, предотвращают образование отложений при высокой температуре, вспенивание, износ сальников,

сокращают расход масла на испарение. Масла DH-1 также могут использоваться в двигателях, выпущенных до вступления долгосрочных норм по выбросам отработанных газов. При условии соблюдения рекомендованных интервалов замены, указанных изготовителем двигателя, масла DH-1 могут применяться, если доля серы в используемом дизельном топливе превышает 0,05%.

JASO DH-2 был разработан для дизельных двигателей, которые должны соответствовать долгосрочным нормам по выбросам отработанных газов после 2009 года, и предусматривают требования к эксплуатационным характеристикам по таким параметрам, как предотвращение износа, предотвращение коррозии, стабильность к высокотемпературному окислению, а также снижению образования сажи. Кроме того, эти масла уменьшают износ поршня, предотвращают образование отложений при высокой температуре, вспенивание, износ сальников, сокращают расход масла на испарение, снижают усилие сдвига. При условии соблюдения рекомендованных интервалов замены, указанных изготовителем двигателя, Масла DH-2 являются низкосольными, что делает их совместимыми с сажевыми фильтрами – DPF и системами нейтрализации выхлопа – SCR, могут применяться только при условии ограничения содержания серы в дизельном топливе превышает 0,005%. Для этих масел регламентировано значение общего щелочного числа не менее 5,5 мгКОН/г и сульфатной зольности не более 1,0±0,1%.

JASO DL-1 был разработан для дизельных двигателей пассажирских автомобилей, которые должны соответствовать долгосрочным нормам по выбросам отработанных газов после 2009 года, и предусматривают требования к эксплуатационным характеристикам по таким параметрам, как предотвращение износа, предотвращение коррозии, стабильность к высокотемпературному окислению, а также снижению образования сажи. Кроме того, эти масла должны обеспечивать топливную экономичность, допустимые классы вязкости для этой категории SAE XW20 и XW30. При условии соблюдения рекомендованных интервалов замены, указанных изготовителем двигателя, масла DL-1 являются низкосольными, что делает их совместимыми с сажевыми фильтрами – DPF и системами нейтрализации выхлопа – SCR, могут применяться только при условии ограничения содержания серы в дизельном топливе превышает 0,005%. Для этих масел регламентировано значение сульфатной зольности не более 0,6%.

ОДОБРЕНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ OEM – ORIGINAL EQUIPMENT MANUFACTURER

Одобрение производителя это главное, что стоит учитывать при выборе смазочного материала. Сегодняшние тенденции развития техники диктуют все большие требования к смазочным материалам. В конкурентной среде автопроизводителей не прекращается гонка за высокими достижениями в области эффективности, экономичности, высокого ресурса и экологичности узлов и агрегатов. С каждым поколением машин в их конструкции привносятся изменения, призванные устранить откровенные ошибки и усовершенствовать достигнутые результаты прошлых разработок. Производители применяют новые материалы, элементы конструкции, сопутствующие системы. Часто, добившись успеха, изобретая и реализуя свое достижение, через некоторое время его уже берут на вооружение конкуренты.

Для достижения заявленных характеристик, автопроизводитель регламентирует подход к обслуживанию своей техники, в том числе и в части применяемых смазочных материалов. Смазочный материал, являясь элементом конструкции узла, является важнейшим фактором для обеспечения ресурса узла и

всех заявленных производителем характеристик. Именно поэтому OEM предъявляют индивидуальные требования. Часто они опираются на общепринятые стандарты API, ACEA или JASO, дополняя их собственными требованиями. В этом отношении, у каждого из них уникальный подход. Одни уделяют повышенное внимание противоизносным свойствам, оценивая их в рамках дополнительных моторных стендовых или полевых тестов, другие особое внимание уделяют стойкости к отложениям на поршне и термоокислительной стабильности, прочие всему в совокупности.

Для удобства пользования, многие OEM публикуют данные о своих одобрениях и о соответствующих их требованиям смазочных материалах. В целом это весьма удобный и клиентоориентированный подход, позволяющий сделать выбор конечному потребителю.

BMW

BMW Longlife-98 (BMW LL-98). Специальное моторное масло, одобренное BMW для увеличенных межсервисных интервалов. Уровень базовых свойств для масел этого типа: ACEA A3/B3, API SJ/CD, EC SAE 5W-40. Требуется для автомобилей BMW, изготовленных до 2002. Стандарт является устаревшим с 2009 года.

BMW Longlife-01 (BMW LL-01). Специальное одобрение BMW для полностью синтетического масла с длительным сроком службы. Уровень базовых свойств для масел этого типа: ACEA A3/B3 и API SJ/CD EC-II. Требуется для автомобилей BMW, выпускаемых после 2002. Может также использоваться там, где рекомендуется масло BMW Longlife-98.

BMW Longlife-01 FE (BMW LL-01 FE). Полностью синтетическое моторное масло для увеличенных межсервисных интервалов с функцией топливной экономичности. Масла, отвечающие этим требованиям, должны иметь низкое значение НТНС, чтобы соответствовать требованиям экономии топлива. Эти масла подходят только для следующих двигателей: N1x, N2x, N54, N55, N63, N74.

BMW Longlife-04 (BMW LL-04). Специальное одобрение BMW для полностью синтетических моторных масел для увеличенных межсервисных интервалов. Данным одобрением предусматриваются следующие классы вязкости: SAE 0W-30, 0W-40, 5W-30 и 5W-40. Эти масла имеют ограничение по сульфатной зольности и требуются в том числе для автомобилей, оснащенных DPF - сажевым фильтром. Может также использоваться там, где рекомендуется масло BMW Longlife-98 или BMW Longlife-01.

BMW Longlife-12 (BMW LL-12). Специальное моторное масло для ограниченного количества бензиновых двигателей и только следующих дизельных двигателей: Nx7K1, Nx7U1, Nx7O1 с 2013 года. Не подходит для двигателей с 2 или 3 турбинами.

BMW Longlife-14 + (BMW LL-14 +). Специальное моторное масло только для следующих бензиновых двигателей: N20, Vx8 с 2014 года выпуска. Не допускается использование в дизельных двигателях.

Mercedes-Benz

MB 229.1 масла для бензиновых и дизельных двигателей начиная с 1998 года выпуска. Для соответствия этому стандарту необходимо иметь минимальный уровень свойств ACEA A3/B3. Масла для стандартных интервалов замены.

MB 229.3 масла для бензиновых и дизельных двигателей начиная с 1998 года выпуска. Для соответствия этому стандарту необходимо иметь минимальный уровень свойств ACEA A3/B4. По сравнению с маслами MB 229.1 должны обеспечивать увеличенный межсервисный интервал, до 20 тысяч км., и обладать экономией топлива не менее 1%. Данным одобрением предусматриваются следующие классы вязкости: SAE 0W-30, 0W-40, 5W-30, 5W-40, 5W-50 и 10W-40.

MB 229.31 моторные масла с низким содержанием сульфатной золы серы и фосфора, рекомендованные для дизельных двигателей, оснащенных DPF - сажевым фильтром. Спецификация введена в 2003 году. Для соответствия этому стандарту необходимо иметь минимальный уровень свойств ACEA C3. Это одобрение могут получить масла с низким значением HTHS. Эти масла, также должны обеспечивать увеличенный межсервисный интервал, до 15 тысяч км., и обладать экономией топлива не менее 1%. Данным одобрением предусматриваются следующие классы вязкости: SAE 0W-30, 0W-40, 5W-30, 5W-40.

MB 229.5 моторные масла, рекомендованные как для дизельных, так и для бензиновых двигателей. Спецификация впервые введена в 2002 году. Для соответствия этому стандарту необходимо иметь минимальный уровень свойств ACEA A3/B4. Эти масла должны обеспечивать еще больший межсервисный интервал чем MB 229.3, до 30 тысяч км., и обладать экономией топлива не менее 1.8%. Данным одобрением предусматриваются следующие классы вязкости: SAE 0W-30, 0W-40, 5W-30, 5W-40.

MB 229.51 моторные масла, рекомендованные для дизельных двигателей, оснащенных DPF - сажевым фильтром. Спецификация впервые введена в 2005 году. За основу этого одобрения были взяты требования стандартов ACEA A3/B4 и C3. Эти масла должны обеспечивать еще больший межсервисный интервал чем MB 229.31, до 20 тысяч км. Данным одобрением предусматриваются следующие классы вязкости: SAE 0W-30, 0W-40, 5W-30, 5W-40.

MB 229.52 моторные масла, рекомендованные для дизельных двигателей, оснащенных DPF - сажевым фильтром. Спецификация впервые введена в 2007 году. За основу этого одобрения были взяты требования стандарта ACEA C4. Эти масла должны обеспечивать еще больший межсервисный интервал и топливную экономичность чем MB 229.51. Данным одобрением предусматриваются следующие классы вязкости: SAE 0W-30, 5W-30.

MB 228.1 моторные масла для высоконагруженных дизельных двигателей коммерческого транспорта. Для соответствия этому стандарту необходимо иметь минимальный уровень свойств ACEA E2. Масла для стандартных интервалов замены, до 30 тысяч км.

MB 228.3 моторные масла для высоконагруженных дизельных двигателей коммерческого транспорта, системами рециркуляции отработавших газов - EGR и/или селективной каталитической нейтрализации выхлопа – SCR. Для соответствия этому стандарту необходимо иметь минимальный уровень свойств ACEA E7. Масла для увеличенных по сравнению с 228.1 интервалов замены, до 45 тысяч км. Это одобрение предъявляет повышенные требования к маслам для дизельных двигателей, оборудованных системами рециркуляции отработавших газов - EGR, в части стойкости к окислению и изменению вязкости при диспергировании сажи.

MB 228.31 моторные масла для высоконагруженных дизельных двигателей коммерческого транспорта, оборудованных сажевыми фильтрами – DPF, системами рециркуляции отработавших газов - EGR и/или селективной каталитической нейтрализации выхлопа – SCR. Для одобрения требуется полный

набор тестов API CJ-4, а также два дополнительных моторных теста на двигателях MB OM611 и OM441LA. Эти масла имеют низкую сульфатную зольность и могут применяться только в сочетании с топливом с низким содержанием серы.

MB 228.5 моторные масла для высоконагруженных дизельных двигателей коммерческого транспорта, системами рециркуляции отработавших газов - EGR и/или селективной каталитической нейтрализации выхлопа – SCR. Для соответствия этому стандарту необходимо иметь минимальный уровень свойств ACEA E4. Масла для увеличенных по сравнению с 228.3 интервалов замены, до 90 тысяч км. Это одобрение предъявляет повышенные требования к маслам для дизельных двигателей, оборудованных системами рециркуляции отработавших газов – EGR, в части стойкости к окислению и изменению вязкости при диспергировании сажи.

MB 228.51 моторные масла для высоконагруженных дизельных двигателей коммерческого транспорта, оборудованных сажевыми фильтрами – DPF, системами рециркуляции отработавших газов - EGR и/или селективной каталитической нейтрализации выхлопа – SCR. Для соответствия этому стандарту необходимо иметь минимальный уровень свойств ACEA E6. Масла для увеличенных по сравнению с 228.31 интервалов замены, до 90 тысяч км. Эти масла имеют низкую сульфатную зольность и могут применяться только в сочетании с топливом с низким содержанием серы.

GENERAL MOTORS

Одобрения начинаются с буквенного кода GM-LL, за которым, по аналогии с классификацией ACEA, следует буква A – для бензиновых двигателей, B – для дизельных. GM-LL-A-025 Автомасла для бензиновых двигателей легковых автомобилей, базовый уровень свойств одобрения соответствует стандарту ACEA A3. GM-LL-B-025 для дизельных двигателей легковых автомобилей, базовые требования допуска соответствуют стандартам ACEA B3/B4.

GM Dexos 1 международная спецификация корпорации GM для бензиновых двигателей. Заменяет спецификации GM-LL-A-025A, GM 6094M и GM4718M. Эта спецификация обычно рекомендуется для автомобилей GM, построенных для рынков Северной Америки и Азии. По сравнению с ILSAC GF-5 он предъявляет более строгие требования к образованию, аэрации, окислению, износу, низкотемпературной прокачиваемости и летучести. Эта спецификация была обновлена до GM Dexos 1 Gen2 в 2015 году. В новой генерации повысились общие требования к производительности и особенно к работе в двигателях малого рабочего объема, с использованием непосредственного впрыска и турбонаддува.

GM Dexos 2 международная спецификация корпорации GM для бензиновых и дизельных двигателей с дизельными сажевыми фильтрами – DPF. Предусматривает увеличение межсервисного интервала до 30 000 км или раз в год. Заменяет спецификации GM-LL-B-025. Масла, соответствующие Dexos 2, относятся к классу низкозольных масел, близки к маслам ACEA C3 и много общего с допусками MB 229.51 и BMW Longlife 04, имеют HTHS более 3,5. Отличительной особенностью допуска является требование по повышенному сопротивлению аэрации масла воздухом.

VW – VOLKSWAGEN

В настоящее время существует множество различных спецификаций моторного масла Volkswagen. Производитель впервые представил свои собственные одобрения в середине 90-х годов. Некоторые из них рекомендуются для автомобилей с бензиновым двигателем, другие для дизелей. Некоторые из них предназначены для стандартных интервалов замены, другие для расширенных.

VW 500.00 спецификация, описывающая всесезонные моторные масла для бензиновых двигателей, произведенных до 1999 г. Базовые требования соответствуют ACEA A3. Для данных масел не подразумевается увеличение межсервисных интервалов.

VW 501.01 спецификация, описывающая всесезонные моторные масла для бензиновых и дизельных не турбированных двигателей, произведенных после 1997 г. Базовые требования соответствуют ACEA A3/B3. Регламентировано минимальное значение щелочного числа 7 мгКОН/г, сульфатной зольности не более 1,5%, испаряемость Noack не более 13, НТНС не менее 3,5. Подходит для двигателей R3, R4, R5, V6, V8. Для данных масел не подразумевается увеличение межсервисных интервалов.

VW 502.00 спецификация, описывающая всесезонные моторные масла для бензиновых двигателей, произведенных до 1999 г. Для данного одобрения предусмотрены классы вязкости SAE 0W-30, 0W-40, 5W-30, 5W-40, 10W-30, 10W-40. Предъявляются дополнительные требования к стабильности вязкостных свойств и уровню щелочных характеристик на протяжении всего срока службы масла. Регламентировано минимальное значение щелочного числа 7 мгКОН/г, сульфатной зольности не более 1,5%, испаряемость Noack не более 13, НТНС не менее 3,5. Для данных масел не подразумевается увеличение межсервисных интервалов. Подходит для двигателей VR5, VR6, W8, W12. Для данных масел не подразумевается увеличение межсервисных интервалов.

VW 503.00 спецификация, описывающая всесезонные моторные масла для бензиновых двигателей с системой WIV. Базовые требования соответствуют ACEA A1. Для данного одобрения предусмотрены классы вязкости SAE 0W-30 и 5W-30. Предназначалось главным образом для AUDI S4. Рекомендовано к применению в двигателях с мощностью не более 180 л.с. НТНС в диапазоне 2,9 - 3,5. Применять строго в соответствии с требованиями производителя.

VW 503.01 спецификация, описывающая всесезонные моторные масла для турбированных бензиновых двигателей. Для данного одобрения предусмотрен класс 5W-30. Предназначалось главным образом для AUDI RS4, TT, S3, A8 6.0 V12. Рекомендовано к применению в двигателях с мощностью не более 180 л.с. Применять строго в соответствии с требованиями производителя. Допуск предусматривал увеличенный интервал замены, на сегодняшний день он заменен на VW 504.00.

VW 504.00 спецификация, описывающая всесезонные моторные масла для бензиновых двигателей, превосходит требования спецификации VW 503.00 и VW 503.01, подходит для двигателей, отвечающих требованиям стандартов выбросов Евро IV. Для данного одобрения предусмотрены классы вязкости SAE 0W-30, 5W-30. Главное отличие - обеспечение топливной экономичности не менее 2,0% и 2,5% для классов вязкости SAE 0W-30 и 5W-30, соответственно. Предъявляются дополнительные требования к стабильности вязкостных свойств и уровню щелочных характеристик на протяжении всего срока службы масла. Регламентировано минимальное значение сульфатной зольности не более 1,5%, испаряемость Noack не более 11, НТНС не менее 3,5. Для данных масел предусмотрено увеличение межсервисных интервалов. Рекомендовано к применению в двигателях с мощностью не более 180 л.с. Применять строго в соответствии с требованиями производителя.

VW 505.00 спецификация, описывающая всесезонные моторные масла для дизельных двигателей как с наддувом, так и без него, подходит для двигателей, отвечающих требованиям стандартов выбросов Евро IV. Для данного одобрения предусмотрены классы вязкости SAE 5W/10W/15W 20W-X, где X-30/40/50/60. Регламентировано минимальное значение сульфатной зольности не более 1,5%, испаряемость Noack не более 13, НТНС не менее 3,5. Для данных масел не предусмотрено увеличение межсервисных интервалов.

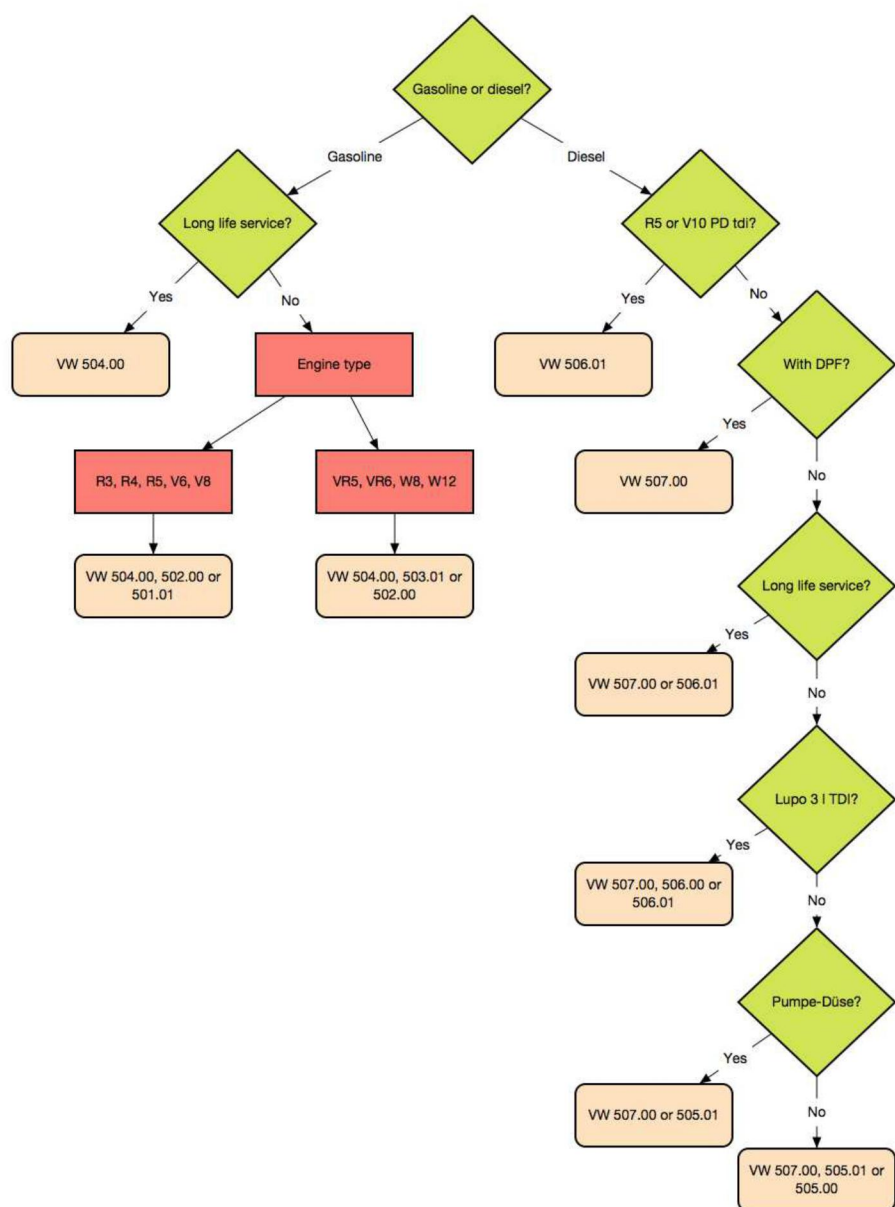
VW 505.01 спецификация, описывающая всесезонные моторные масла для дизельных двигателей с наддувом, оборудованных системой насос-форсунок Commonrail, а также сажевым фильтром – DPF. Для данного одобрения предусмотрены классы вязкости SAE 0W-30, 0W-40 5W-30, 5W-40 10W-30, 10W-40. Регламентировано минимальное значение щелочного числа не менее 7 мгКОН/г, сульфатной зольности не более 0.8%, испаряемость Noack не более 13, НТНС не менее 3,5. Для данных масел не предусмотрено увеличение межсервисных интервалов.

VW 506.00 спецификация, описывающая всесезонные моторные масла для дизельных двигателей с наддувом, оборудованных системой насос-форсунок Commonrail и системой WIV. Масла имеют пониженную высокотемпературную вязкость для обеспечения топливной экономичности. Для данных масел предусмотрен увеличенный межсервисный интервал. Применять строго в соответствии с требованиями производителя.

VW 506.01 спецификация, описывающая всесезонные моторные масла для дизельных двигателей Pumpe-Düse, оборудованных системой насос-форсунок Commonrail и системой WIV. Масла имеют пониженную высокотемпературную вязкость для обеспечения топливной экономичности. Для данных масел предусмотрен увеличенный межсервисный интервал. Применять строго в соответствии с требованиями производителя.

VW 507.00 спецификация, описывающая всесезонные моторные масла для любых дизельных двигателей Volkswagen, оборудованных сажевыми фильтрами - DPF. Исключение составляют моторы R5 и V10 PD TDI Для данного одобрения предусмотрены классы вязкости SAE 0W-30, 5W-30. Регламентировано минимальное значение сульфатной зольности не более 1.5%, испаряемость Noack не более 11, НТНС не менее 3,5. Для данных масел предусмотрено увеличение межсервисных интервалов. Применять строго в соответствии с требованиями производителя.

VW 508.00/509.00 эти спецификации, 508.00 для бензиновых и 509.00 для дизельных ДВС, требует класса вязкости SAE 0W20. Эти масла созданы для обеспечения новых требований по топливной экономичности. Они рекомендуются для новых двигателей 2.0 TFSI 140 кВт и 3.0 TDI CR 160 кВт. Применять строго в соответствии с требованиями производителя.



CAT – CATERPILLAR

ECF-1 спецификация, введена в 2003 году. Предназначена для двигателей с технологией ACERT - Advanced Combustion Emission Reduction Technology, усовершенствованная технология сокращения выбросов при сжигании топлива. В основе этой спецификации лежит API CH-4/CI-4, наложены ограничения на содержание сульфатной зольности, менее $1,3\%$. А также предусмотрено прохождение дополнительного теста CAT 1P (ASTM D 6681).

ECF-1-a спецификация, введена в 2007 году для замены ECF-1. Она предназначена для всех дизельных двигателей Caterpillar произведенных после 2006 года, для серии 3500 и небольших коммерческих дизельных двигателей с технологией ACERT. В основе этой спецификации лежит CH-4, наложены ограничения на содержание сульфатной зольности, от 1,3% до 1,5%. А также предусмотрено прохождение дополнительного теста CAT 1P (ASTM D 6681).

ECF-2 спецификация, введена в 2007 году. Она предназначена для всех дизельных двигателей Caterpillar произведенных после 2006 года, для серии 3500 и небольших коммерческих дизельных двигателей с технологией ACERT. В основе

этой спецификации лежит CI-4/CI-4-Plus, наложены ограничения на содержание сульфатной зольности, до 1,5%. А также предусмотрено прохождение дополнительного теста CAT C3.

ECF-3 спецификация эквивалентна API CJ-4 и является основной рекомендацией Caterpillar для своих современных двигателей. Эти масла обеспечивают совместимость с сажевыми фильтрами - DPF. Эти масла следует использовать только в сочетании с низкосернистым топливом, содержание серы не более 0,05%.

CUMMINS

CUMMINS 20071 спецификация определяет качество моторного масла, которое может использоваться в двигателях Cummins с 1997 года, работающих по всему миру. Эти двигатели не должны быть оборудованы системой EGR – Exhaust Gas Recirculation. Базовым уровнем свойств является API CH-4, с дополнительным испытанием на двигателе Cummins M-11 на протяжении 200 часов.

CUMMINS 20072 спецификация определяет качество моторного масла, которое может использоваться в двигателях Cummins с 1997 года, работающих по всему миру. Эти двигатели не должны быть оборудованы системой EGR – Exhaust Gas Recirculation. Базовым уровнем свойств является ACEA E3, с дополнительным испытанием на двигателе Cummins M-11 на протяжении 200 часов.

Cummins 20075 спецификация определяет минимальное качество моторного масла, которое может использоваться в двигателях Cummins, работающих за пределами Северной Америки. Эти двигатели не должны быть оборудованы системой EGR – Exhaust Gas Recirculation. Базовым уровнем свойств является API CF-4/SG, ACEA E3 и JASO DH-1.

Cummins 20076 спецификация определяет качество моторного масла, которое может использоваться в двигателях Cummins с 1999 года, работающих по всему миру. Эти двигатели не должны быть оборудованы системой EGR – Exhaust Gas Recirculation. Базовым уровнем свойств является API CH-4, с дополнительным испытанием на двигателе Cummins M-11 на протяжении 300 часов.

Cummins 20077 спецификация определяет качество моторного масла, которое может использоваться в двигателях Cummins, работающих за пределами Северной Америки. Эти двигатели не должны быть оборудованы системой EGR – Exhaust Gas Recirculation. Базовым уровнем свойств является ACEA E5, с дополнительным испытанием на двигателе Cummins M-11 на протяжении 300 часов.

Cummins 20078 спецификация определяет качество моторного масла, которое может использоваться в двигателях Cummins, работающих по всему миру. Эти масла могут быть использованы в двигателях, оборудованных системой EGR – Exhaust Gas Recirculation. Базовым уровнем свойств является API CI-4 и ACEA E7.

Cummins 20081 спецификация определяет качество моторного масла, которое может использоваться в двигателях Cummins, оснащенных DPF – сажевыми фильтрами. Эти масла могут быть использованы в двигателях, оборудованных системой EGR – Exhaust Gas Recirculation. Была создана для соответствия нормам по выбросам EPA 2007 и 2010 года. Базовым уровнем свойств является API CJ-4. Дополнительных тестов не предусмотрено, но в рамках API CJ-4 есть более жесткие ограничения для некоторых тестов. Эти масла могут быть использованы в сочетании с низкосернистым топливом, содержание серы не более 0,005%

CUMMINS 20086 спецификация определяет качество моторного масла, которое может использоваться в двигателях Cummins, оснащенных DPF – сажевыми фильтрами. Эти масла могут быть использованы в двигателях, оборудованных системой EGR – Exhaust Gas Recirculation. Была создана для соответствия нормам по выбросам EPA 2017 года. Базовым уровнем свойств является API CK-4. Дополнительных тестов не предусмотрено, но в рамках API CK-4 есть более жесткие ограничения для некоторых тестов. Эти масла могут быть использованы в сочетании с низкосернистым топливом, содержание серы не более 0,0015%

CUMMINS 20087 спецификация определяет качество моторного масла, которое может использоваться в двигателях Cummins, оснащенных DPF – сажевыми фильтрами. Эти масла могут быть использованы в двигателях, оборудованных системой EGR – Exhaust Gas Recirculation. Базовым уровнем свойств является API FA-4. Дополнительных тестов не предусмотрено, но в рамках API FA-4 есть более жесткие ограничения для некоторых тестов. Эти масла могут быть использованы в сочетании с низкосернистым топливом, содержание серы не более 0,0015%

DETROIT DIESEL

DD 93K215 настоящая спецификация определяет требования к дизельным двигателям, не имеющим системы EGR – Exhaust Gas Recirculation. Базовым уровнем свойств является API CH-4. Дополнительных тестов не предусмотрено, но в рамках API CH -4 есть более жесткие ограничения для некоторых тестов. Эти масла могут быть использованы в сочетании с высокосернистым топливом, содержание серы не более 0,5%

DD 93K214 настоящая спецификация определяет требования к дизельным двигателям, оборудованными системой EGR – Exhaust Gas Recirculation. Базовым уровнем свойств является API CI-4 PLUS. Дополнительных тестов не предусмотрено, но в рамках API CI-4 PLUS есть более жесткие ограничения для некоторых тестов. Эти масла могут быть использованы в сочетании с высокосернистым топливом, содержание серы не более 0,05%

DD 93K218 настоящая спецификация определяет требования к дизельным двигателям, оборудованными системой EGR – Exhaust Gas Recirculation, а также DPF – сажевыми фильтрами. Была создана для соответствия нормам по выбросам EPA 2007 и 2010 года. Базовым уровнем свойств является API CJ-4. Дополнительных тестов не предусмотрено, но в рамках API CJ-4 есть более жесткие ограничения для некоторых тестов. Эти масла могут быть использованы в сочетании с высокосернистым топливом, содержание серы не более 0,0015%

DD 93K222 настоящая спецификация определяет требования к дизельным двигателям, оборудованными системой EGR – Exhaust Gas Recirculation, а также DPF – сажевыми фильтрами и SCR – каталитическими нейтрализаторами выхлопа. Была создана для соответствия нормам по выбросам EPA 2017 года. Базовым уровнем свойств является API CK-4. Дополнительных тестов не предусмотрено, но в рамках API CK-4 есть более жесткие ограничения для некоторых тестов. Эти масла могут быть использованы в сочетании с высокосернистым топливом, содержание серы не более 0,0015%

DD 93K223 настоящая спецификация определяет требования к дизельным двигателям, оборудованными системой EGR – Exhaust Gas Recirculation, а также DPF – сажевыми фильтрами и SCR – каталитическими нейтрализаторами выхлопа. Базовым уровнем свойств является API FA-4. Дополнительных тестов не предусмотрено, но в рамках API FA-4 есть более жесткие ограничения для

некоторых тестов. Эти масла могут быть использованы в сочетании с высокосернистым топливом, содержание серы не более 0,0015%.

MAACK

MAACK EO-M PLUS спецификация была введена в 1999 году, для использования во всех двигателях MAACK 1999 года. Межсервисные интервалы могут достигать 50 тыс. миль или 80 тыс. км. Масла Базовым уровнем свойств является API CH-4. Также масла проходят дополнительные тесты: Mack T-8E, Mack T-9, Cummins M-11 до 300 часов.

MAACK EO-N PLUS спецификация была введена в 2003 году, для использования в двигателях MAACK ASET, оборудованных системой EGR – Exhaust Gas Recirculation. Базовым уровнем свойств является API CI-4.

MAACK EO-O PREMIUM PLUS спецификация была введена в 2007 году для определения требований к дизельным двигателям, оборудованными системой EGR – Exhaust Gas Recirculation, а также DPF – сажевыми фильтрами. Базовым уровнем свойств является API CJ-4. В рамках API CJ-4 есть более жесткие ограничения для некоторых тестов, а также дополнительный тест на двигателе Volvo D12D. Эти масла могут быть использованы в сочетании с высокосернистым топливом, содержание серы не более 0,005%.

MAACK EOS-4.5 / VOLVO VDS-4.5 / RENAULT RLD-4 спецификация была введена в 2017 году для определения требований к дизельным двигателям, оборудованными системой EGR – Exhaust Gas Recirculation, а также DPF – сажевыми фильтрами и SCR – каталитическими нейтрализаторами выхлопа. Была создана для соответствия нормам по выбросам EPA 2017 года. Базовым уровнем свойств является API CK-4. В рамках API CK-4 есть более жесткие ограничения для некоторых тестов. Эти масла могут быть использованы в сочетании с высокосернистым топливом, содержание серы не более 0,0015%.

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ. ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ТРАНСМИССИЙ.

Между двигателем и приводом существует совокупность устройств, которая в целом носит название - трансмиссия. Трансмиссия служит для передачи и изменения величины крутящего момента, а также для изменения направления движения или вращения. Следует отметить, что трансмиссия есть не только у транспортных средств, а также у специальной техники и промышленного оборудования. В зависимости от типа транспортного средства, скорости передвижения, грузоподъемности, качества дорожного покрытия, существует несколько устоявшихся со временем технических решений. На сегодняшний день наиболее популярной в автомобилестроении является механическая трансмиссия. На примере автомобильной трансмиссии можно выделить ключевые элементы, к ним относятся: сцепление, коробка передач, карданный вал, главная передача, приводной вал, шарнир равных угловых скоростей. Для внедорожной техники, чаще применяются иные принципы передачи крутящего момента двигателя, а трансмиссия таких машин включает в себя также различного рода гидрообъемные коробки передач, раздаточные коробки, конечные передачи, тандемные приводы и т.п.

По характеру связи между двигателем и ведущими колесами, трансмиссии принято разделять на: механические, гидрообъемные, а также электрические. Стоит отметить, что возможны варианты комбинированных трансмиссий, к примеру: гидромеханические или электромеханические. По принципу передачи крутящего момента трансмиссии могут быть ступенчатыми или бесступенчатыми

Наиболее широкое распространение в компоновке колесных транспортных средств получила механическая трансмиссия. Преимущества её заключаются в коэффициенте полезного действия, небольшой массе и компактности, простоте в эксплуатации и надежности в работе. Недостаток трансмиссии такого типа – ступенчатость изменения передаточных чисел, понижающая использование мощности силового агрегата. Длительное время на переключение передач снижает эффективность управления транспортным средством. Механическая трансмиссия состоит из корпуса, нескольких валов с зубчатыми шестернями, а также механизма синхронизации угловых скоростей шестерен при переключении передач. Ее устройство, а также режим эксплуатации предъявляют определенные требования к вязкостным характеристикам и эксплуатационным свойствам смазочных материалов, применяющихся в системе смазки. Передача крутящего момента происходит между валами, расположенными параллельно друг другу, что определяет характер нагрузок на зубья шестерен. В этих условиях требуются масла со средними вязкостными характеристиками. Использование цветных металлов в конструкции муфт синхронизаторов не позволяет применять для смазки высоколегированные масла.

Для того чтобы облегчить управление автомобилем, снизить нагрузку на водителя, улучшить качество переключения передач, что сказывается на долговечности как самой трансмиссии, так и двигателя, за счет снижения уровня ударных и пиковых нагрузок, все чаще стала применяться автоматическая или гидромеханическая трансмиссия. Данный вид трансмиссий позволяет переключать передачи не механическим способом, а путем использования гидравлических потоков и электронного управления. Конструкция такой трансмиссии гораздо сложнее. Помимо механической составляющей, которая состоит из нескольких валов с зубчатыми шестернями, образующих планетарную передачу, в конструкции предусмотрена и гидравлическая составляющая, представляющая из себя гидротрансформатор и систему управления переключением передач. В таких трансмиссиях смазочный материал выполняет функционал не только трансмиссионного масла, но и гидравлического. Для смазки используется низковязкое масло, стойкое к термической деструкции, способное справляться с нагрузками на зубья шестерен, а также совместимое с материалами фрикционов. Подобный тип трансмиссий применяется не только в гражданском автомобилестроении, но и в сельскохозяйственной, строительной и военной технике. В этом случае расчет элементов трансмиссий преследует достижение особых целей, а масла должны соответствовать дополнительным требованиям.

Еще одним важным видом, применяемым чаще в специальной технике, является гидрообъемная трансмиссия. Здесь в основе лежит принцип передачи энергии давления жидкости от гидравлического насоса на гидравлический привод. Этот тип трансмиссии обеспечивает бесступенчатую передачу крутящего момента, обеспечивает большую свободу в компоновке техники т.к. её элементы не имеют жесткого сцепления с двигателем. Этот тип трансмиссии применяется только в

сельскохозяйственной, строительной и военной технике. К маслам для смазки таких агрегатов предъявляются особые требования в части повышенной чистоты и стабильности вязкостно-температурных характеристик.

Электромеханическая трансмиссия основана на преобразовании энергии ДВС в электрическую энергию, а затем электрической в механическую. Таким образом транспортное средство приводится в движение посредством тягового электромотора находящегося в конструкции мотор-колеса. Данный тип трансмиссии используется в железнодорожных транспортных средствах, карьерной технике, на судах. Требования к смазочному материалу, главным образом, определяются степенью нагрузки на зубчатые зацепления. Поэтому как правило широко используются высоковязкие и высоколегированные трансмиссионные масла.

ОСНОВНЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ

Трансмиссионные масла служат, главным образом, для смазывания зубчатых передач в агрегатах трансмиссии автомобилей. Их назначение - уменьшение износа рабочих поверхностей зубьев шестерен и снижение потерь на трение в агрегатах трансмиссии. Они должны обеспечивать отвод тепла от трущихся деталей, защиту от коррозии, а также длительно сохранять основные характеристики при эксплуатации автомобилей.

Основные требования к трансмиссионным маслам складываются из анализа материала контактных поверхностей, назначения масла по типу применения, а также из эксплуатационных условий трансмиссии. Масло должно выдерживать высокие скорости сдвигов, высокие контактные давления, значительные перепады температур. Именно поэтому трансмиссионное масло должно соответствовать строгим требованиям в зависимости от предъявляемых задач. К ключевым задачам трансмиссионных масел, рассматривая их в общем, можно отнести: предотвращение износа и задиров, снижение потерь энергии на трение, уменьшение шума и вибрации, гашение ударных нагрузок, предотвращение коррозии деталей, способность обеспечить вязкостные характеристики в широком диапазоне температур, стойкость к образованию пены, совместимость с конструкционными материалами элементов трансмиссии, сохранение своих эксплуатационных свойств на максимальных межсервисных интервалах.

ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

Важнейшим свойством любого смазочного материала, и трансмиссионные масла не исключение, является вязкость. Она обуславливает множество эксплуатационных характеристик. Противозносные свойства масла, с точки зрения его вязкости, характеризуются толщиной масляного клина и стойкостью к сдвиговым нагрузкам. Стойкость к сдвиговым нагрузкам обусловлена качеством применяемых базовых масел, а также величиной нагрузок. Не корректный подбор класса вязкости может привести к нарушению работы трансмиссионного узла. Низкая вязкость не обеспечит надлежащего разделения трущихся поверхностей, приведет к образованию задиров и питтинга зубьев шестерен и ускоренному выходу из строя. Высокая вязкость масла обеспечит сопротивление

проворачиванию, как следствие увеличению потерь энергии при передаче мощности. Вязкостные характеристики трансмиссионного масла должны учитывать уровень нагрузок, скорости вращения шестерен, перепады температур с учетом минимальных при выходе на режим эксплуатации и максимальных при пиковых нагрузках. Рабочая температура масла в агрегатах трансмиссий изменяется от температуры окружающего воздуха до 200°C, однако в точках контакта зубьев часто возникает кратковременный локальный нагрев до 300°C и выше. Поэтому важно чтобы трансмиссионное масло обладало стабильностью вязкостных характеристик на протяжении всего межсервисного интервала. Для всесезонных трансмиссионных масел, как и для моторных, используются загустители. Стоит отметить, что стойкость к деструкции загустителей для трансмиссионных масел существенно выше чем для моторных.

ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА.

Противоизносные свойства масел, наряду с правильным подбором вязкостных характеристик, обеспечиваются вводимыми в состав специальными функциональными присадками. Трансмиссионные масла в сравнении с моторными работают в менее нагруженных условиях, с точки зрения температурной нагрузки. Но, в свою очередь, контактные напряжения в трансмиссионных узлах могут быть более существенны чем в двигателе. Давление в зонах контакта цилиндрических, конических и червячных передач может составлять от 500 до 2000 МПа, а гипоидных – до 4000 МПа. Скорость скольжения зубьев относительно друг друга на входе в зацепление изменяется в диапазоне 1,5-12 м/с в конических и цилиндрических передачах, 20-25 м/с в червячных, а в гипоидных 15 м/с и более. Таким образом, характер трения большую часть времени является граничным, а в области пиковых нагрузок граничным, что приводит к существенному локальному нагреву поверхностей трения, создавая условия для работы специальных присадок. В подобных условиях, активные элементы противозадирных и противоизносных присадок, представленные серо- фтор- и бор-органическими соединениями, вступают в химическое взаимодействие с металлом, образуя модифицированные слои, с более низким напряжением сдвига, чем у металлов. Модифицированный слой представляют собой сульфиды, оксиды, фосфаты или фосфиды железа, в зависимости от присадки, входящей в состав трансмиссионного масла. Модифицированная пленка образуется мгновенно, предотвращая задир зубчатых колес. Далее, под воздействием сил, возникающих в агрегате трансмиссии, эта пленка может быть подвергнута частичному сдвигу. При этом в точке контакта зубьев шестерен снова происходит быстрое повышение температуры, которое вызывает повторение реакции и повторное образование пленки.

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ И СТОЙКОСТЬ К ОКИСЛЕНИЮ

В процессе эксплуатации трансмиссионные масла интенсивно разогреваются вследствие трения, возникающего в зубчатых зацеплениях, а также в результате повышенного давления, если речь идет об автоматических трансмиссиях. Повышенная температура в присутствии кислорода воздуха и каталитического действия различных металлов приводит к усилению

окислительных процессов в масле, к образованию в нем нерастворимых веществ, выпадающих в осадок или отлагающихся на элементах конструкции. Окислению подвергаются все компоненты масла, как базовые масла, так и функциональные присадки. В результате окисления, изменяются физико-химические и эксплуатационные свойства масла. Увеличивается его вязкость, возрастает коррозионная агрессивность, ухудшаются противозадирные и противоизносные свойства. Скорость и глубина окисления масла зависят от длительности окисления, температуры, силы каталитического действия того или иного металла, концентрации кислорода. В зависимости от типа применяемого базового масла можно улучшить стойкость трансмиссионного масла к окислению, чем меньше доля остаточных компонентов и чем в большей степени преобладает доля синтетических базовых масел, тем выше термоокислительная стабильность. Также, стоит отметить, что для замедления процесса окисления в трансмиссионные масла вводят антиокислительные присадки.

В агрегатах трансмиссии широко используют детали, изготовленные из сплавов стали и алюминия, меди, олова, свинца и т.д. Детали с включением цветных металлов активно корродируют под воздействием продуктов окисления масла. Чем сильнее окисляется масло, тем интенсивнее оно окисляет металл. Таким образом, коррозионная агрессивность масла зависит от тех же факторов, что и его окисление. Коррозия поверхности металла увеличивается также в присутствии воды. Для защиты деталей от окисления в трансмиссионное масло вводят ингибиторы коррозии. Эти присадки тормозят окислительные процессы, снижают концентрацию коррозионно-агрессивных веществ в масле путем их нейтрализации, образуют на поверхности металла защитную пленку, предотвращающую прямой контакт с агрессивными средами.

КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОСТ 17479.2-2015.

Настоящий стандарт введен взамен ГОСТ 17479.2-85 и устанавливает классификацию и обозначение трансмиссионных масел для агрегатов трансмиссий автомобилей, тракторов, тепловозов, сельскохозяйственных, дорожных, строительных машин и судовой техники. Стандарт не распространяется на масла, используемые в зубчатых передачах промышленного оборудования, а также на масла для гидромеханических и гидрообъемных передач. Настоящий стандарт соответствует международному документу SAE J306:2005 Surface vehicle standard. Automatic gear lubricant viscosity classification - Наземные транспортные средства. Классификация автомобильных трансмиссионных масел по вязкости. Обозначение трансмиссионных масел состоит из групп знаков:

- первая группа знаков - буквы ТМ (трансмиссионное масло), она не зависит от состава и свойств масла;
- вторая группа знаков - цифры, характеризующие принадлежность масла к группе в зависимости от области его применения;

- третья группа знаков - цифры, характеризующие класс трансмиссионного масла в соответствии с величиной вязкости, которую определяют при высокой температуре по ГОСТ 33 и при низкой температуре по ГОСТ 1929.

В зависимости от области применения трансмиссионные масла подразделяют на пять групп:

Группа трансмиссионного масла по области применения		
Группа масла	Состав	Рекомендуемая область применения
1	Трансмиссионные масла без присадок	Цилиндрические конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях от 900 до 1600 МПа и температуре масла в объеме не выше 90°C
2	Трансмиссионные масла с противоизносными присадками	Цилиндрические конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла в объеме до 130°C
3	Трансмиссионные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	Цилиндрические, конические, спирально-конические передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла в объеме не выше 150°C
4	Трансмиссионные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	Цилиндрические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме не выше 150°C
5	Трансмиссионные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях выше 3000 МПа и температуре масла в объеме не выше 150°C

В зависимости от сезона эксплуатации трансмиссионные масла подразделяют на зимние, летние и всесезонные, которые обозначают:

- для эксплуатации в зимнее время числовым значением с буквой «з» (зимнее). Например «9з»;
- для эксплуатации в летнее время только числовым значением. Например «18»;
- для всесезонной эксплуатации дробью, при этом цифра в числителе указывает на низкотемпературные свойства масла, цифра в знаменателе на высокотемпературные свойства масла.

Классы вязкостей трансмиссионных масел			
Класс вязкости		Кинематическая вязкость при 100°С, мм ² /с	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 мПа С, °С
Зимние	5з	Свыше 4.1	Не выше -55
	9з	Свыше 7.0	Не выше - 40
	12з	Свыше 11.0	Не выше - 26
	18з	Свыше 13.5	Не выше - 12
Летние	9	От 7.0 до 11.0	
	12	От 11.0 до 13.5	
	18	От 13.5 до 24.0	
	34	От 24.0 до 41.0	

Таким образом, классификация ГОСТ 17479.2-2015 учитывает все аспекты требований к трансмиссионному маслу, в стандарте учтены как вязкостные так и эксплуатационные характеристики, вследствие чего достаточно легко определить возможности смазочного материала. Для наглядности стоит рассмотреть несколько примеров:

ТМ-3-18, где ТМ - трансмиссионное масло; 3 - группа масла по области применения - трансмиссионные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности; 18 - класс вязкости летнего трансмиссионного, которому при температуре 100 ВС соответствует кинематическая вязкость в пределах от 13.5 до 24 мм²/с.

ТМ-5-9з/18, где ТМ - трансмиссионное масло; 5 - группа масла по области применения - трансмиссионные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия; 9з/18 - класс вязкости всесезонного трансмиссионного масла, в обозначении которого первая цифра обозначает низкотемпературные свойства масла, т.е. масло гарантированно работоспособно до температуры минус 40°С, так как динамическая вязкость масла при этой температуре не превышает 150000 мПа с, а вторая высокотемпературные свойства масла, т.е. кинематическая вязкость масла при температуре 100°С находится в пределах от 13.5 до 24.0 мм²/с.

КЛАССИФИКАЦИЯ SAE J 308.

Стандарт SAE J308 - Axle and Manual Transmission Lubricant Viscosity Classification - классификация вязкости масел для ведущих мостов и механических коробок передач, в настоящее время является общепринятой в международном масштабе классификацией вязкостно-температурных свойств трансмиссионных масел.

В рамках этой классификации предусмотрено деление классов вязкости на зимние и летние. Зимние классы вязкости обозначены цифрой с буквенным индексом W – winter. Для этих масел регламентируется температурный предел, при котором динамическая вязкость достигает значения 150000 сП, где Вязкость определяется по методу ASTM D2983-87. Также регламентируется, минимальная кинематическая вязкость при 100°C. Для летних классов вязкости предусмотрен диапазон кинематической вязкости при 100°C, которая определяется согласно методике ASTM D 445.

Лимитирующее значение динамической вязкости 150000 сП, используемое для определения низкотемпературных свойств трансмиссионных масел, выбрано не случайно. В результате стендовых испытаний на мостах различной конструкции было установлено, что при больших значениях вязкости наблюдалось разрушение подшипников вала-шестерни. Важно понимать, что подобные последствия могут наступать и при меньших значениях вязкости, в зависимости от конструкции мостов. Именно по этой причине следует четко соблюдать рекомендации производителей автомобиля или трансмиссии. Значение кинематической вязкости при 100°C позволяет косвенно судить о величине нагрузочной способности защитной масляной пленки и ее достаточности для защиты передач в режиме высоких рабочих температур и нагрузок. Минимальное значение кинематической вязкости при 100°C не должно опускаться ниже указанного предела даже после 20-ти часового воздействия деформации сдвига в рамках испытания СЕС L-45-T-93 Данное требование позволяет выявить трансмиссионные масла, производители которых максимально близко приблизились к граничным лимитам вязкости, либо использовали в составах недостаточно стабильные к напряжениям сдвига загустители.

Инженеры SAE, учитывая диапазон условных классов от 0 до 60, используемых для обозначения вязкости моторных масел, выбрали для обозначения степеней вязкости трансмиссионных масел классы от 70 до 250. Это сделано во избежание возможных ошибок при выборе масла на основе вязкости.

Классы вязкости трансмиссионных масел SAE J 308			
Класс вязкости SAE	Максимальная температура при вязкости 150000 сП, °C	Вязкость при 100°C, мм ² /с	
		Min	Max
70W	-55	4.1	-
75W	-40	4.1	-
80W	-26	7.0	-
85W	-12	11.0	-
80	-	7.0	11.0
85	-	11.0	13.5
90	-	13.5	24.0
140	-	24.0	41.0
250	-	41.0	

КЛАССИФИКАЦИЯ API 1560 - AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE.

API - American Petroleum Institute, совместно с ASTM - American Society for Testing and Materials и SAE - Society of Automobile Engineers, разработал классификацию трансмиссионных масел, описывающую их эксплуатационные характеристики. Данная классификация разделяет масла по категориям согласно условиям эксплуатации и особенностям конструкции элементов трансмиссии. Класс API выражается в виде аббревиатур GL - Gear Lubricant и MT- Manual Transmission. Классификация предусматривает разделение трансмиссионных масел по уровню противозадирных свойств. Чем выше номер группы, тем эффективнее присадки и существеннее степень легирования, что обеспечивает эти свойства. Стоит отметить, действующими на сегодняшний день, являются спецификации API GL-4, API GL-5 и API MT-1.

API GL-1 описывает требования к трансмиссионным маслам для механических трансмиссий, работающих в режиме слабых нагрузок. Для смазки в таких условиях могут быть использованы минеральные масла без присадок или с легким легированием ингибиторами коррозии, антиокислительными, депрессорными и антипенными присадками.

API GL-2 описывает требования к трансмиссионным маслам для трансмиссий в конструкции которых присутствуют червячные передачи. Применяются там, где свойства масел API GL-1 не достаточны. Содержат в своем составе противоизносные присадки.

API GL-3 описывает требования к трансмиссионным маслам для механических трансмиссий, работающих в условиях не высоких температур, умеренных нагрузок и скоростей, в конструкции которых присутствуют цилиндрические, конические и спирально-конические шестерни. Применяются там, где свойства масел API GL-1 не достаточны. Содержат в своем составе противоизносные присадки. Не должны применяться в гипоидных передачах

API GL-4 описывает требования к трансмиссионным маслам для передач, работающих в условиях умеренных температур, высоких скоростей и средних нагрузок, в конструкции которых присутствуют спирально-конические и гипоидные шестерни с малым смещением осей. Применяются там, где свойства масел API GL-3 не достаточны. Содержат в своем составе высокоэффективные противоизносные присадки в достаточном количестве.

API GL-5 описывает требования к трансмиссионным маслам для передач, работающих в условиях повышенных температур, высоких скоростей и ударных нагрузок, а также низких скоростей и чрезвычайно высоких крутящих моментов, в конструкции которых присутствуют гипоидные шестерни с большим смещением осей. Применяются там, где свойства масел API GL-4 не достаточны. Содержат в своем составе высокоэффективные противоизносные присадки в большом количестве.

API GL-6 описывает требования к трансмиссионным маслам для передач, в конструкции которых присутствуют гипоидные шестерни с еще большим смещением осей, чем для категории масел API GL-5. Содержат в своем составе высокоэффективные противоизносные и противозадирные присадки в еще большем количестве.

API MT-1 описывает требования к трансмиссионным маслам для несинхронизированных механически коробок передач, используемых в междугородних автобусах и высокопроизводительных коммерческих грузовиках. Эти масла очень стойки к воздействию температуры, обладают уникальными противоизносными характеристиками. В области применения для механических трансмиссий превышают характеристики масел группы API GL-4.

В качестве противоизносных и противозадирных присадок в трансмиссионных маслах используются органические соединения с включением серы и фосфора. Эти химические соединения позволяют снизить износ и предотвратить задиры деталей из стали или чугуна. Детали из цветных металлов, к примеру, синхронизаторы механических коробок переключения передач, принцип работы которых основан на наличии трения, могут существенно пострадать от использования масел категории API GL-5, т.к. высокоэффективные антифрикционные характеристики этих масел влияют на коэффициент трения, что делает синхронизацию шестерен при переключении передач затруднительным, приводя со временем, к выходу из строя этих элементов трансмиссии.

ОДОБРЕНИЯ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСМИССИЙ НА ПРИМЕРЕ ZF.

ZF - Zahnradfabrik Friedrichshafen. Это компания с многолетней историей, являющейся одной из влиятельнейших в Европе и мире в области конструкции узлов различного назначения. Товарный знак ZF был зарегистрирован в 1917 году. На сегодняшний день, с этой компанией ведут сотрудничество множество крупнейших мировых производителей техники, используя в конструкции своих машин целую гамму компонентов производства ZF, начиная от механизмов рулевого управления, продолжая коробками передач различного принципа действия и производительности, заканчивая судовыми и авиационными трансмиссиями. Компания имеет множество производственных площадок по всему миру, сотрудничая с такими известными брендами как MB, MAN, VW, BMW, VOLVO и многими другими, находящимися за пределами Европы. Имея такой богатейший опыт, конструирования и производства узлов и агрегатов, этот производитель формирует множество дополнительных критериев к обслуживанию и сервису, в том числе и в области смазочных материалов. Компания классифицировала все виды передач собственного производства. Каждый вид имеет свой список смазочных материалов. Эти списки обозначаются буквенным кодом и цифрами от ZF TE-ML 01 до ZF TE-ML 24. В списках для каждого вида передач перечисляются виды и классы качества смазочных материалов, допустимые классы вязкости, продукты с указанием марки и производителя и товарным наименованием, имеющие официальное одобрение ZF.

Список смазочных материалов ZF	
Спецификация	Назначение узлов и агрегатов
ZF TE-ML 01	Механические несинхронизированные коробки передач с шестернями постоянного зацепления
ZF TE-ML 02	Механические и автоматические трансмиссии грузовых автомобилей и автобусов

ZF TE-ML 03	Коробки передач с гидротрансформаторами для внедорожной мобильной техники
ZF TE-ML 04	Судовые трансмиссии
ZF TE-ML 05	Ведущие мосты внедорожной мобильной техники
ZF TE-ML 06	Трансмиссия и гидравлические навесные системы тракторов
ZF TE-ML 07	Передачи с гидростатическим и механическим приводом, системы с электроприводом
ZF TE-ML 08	Системы рулевого управления (без гидроусилителя) легковых и грузовых автомобилей, автобусов и внедорожной мобильной техники
ZF TE-ML 09	Системы рулевого управления (с гидроусилителем и маслонасосом) легковых и грузовых автомобилей, автобусов и внедорожной мобильной техники
ZF TE-ML 10	Коробки передач типа Transmatic для легковых и коммерческих транспортных средств
ZF TE-ML 11	Механические и автоматические трансмиссии легковых автомобилей
ZF TE-ML 12	Ведущие мосты легковых автомобилей, коммерческих транспортных средств и автобусов
ZF TE-ML 13	Агрегаты ZF в транспортных средствах специального назначения
ZF TE-ML 14	Автоматические трансмиссии коммерческих транспортных средств
ZF TE-ML 15	Тормозные системы транспортных средств спецназначения
ZF TE-ML 16	Трансмиссии для рельсовых транспортных средств
ZF TE-ML 17	Трансмиссии и оси для лифтов
ZF TE-ML 18	Оси для автомобилей
ZF TE-ML 19	Передаточные и офсетные передачи для грузовых автомобилей
ZF TE-ML 20	Трансмиссии Powershift типа EcoLife для автобусов, грузовиков, специальных транспортных средств и стационарных применений
ZF TE-ML 21	Тракторные мосты, трансмиссии для комбайнов и конечных приводов
ZF TE-ML 23	Стационарные приложения
ZF TE-ML 24	Исторические ручные трансмиссии для грузовых автомобилей и легковых автомобилей

На примере спецификации ZF TE-ML 02 можно убедиться в основательности подхода к определению круга требований. Производителем описаны все серии трансмиссий отнесенных к данной категории, типы смазочных материалов, способные получить соответствующее одобрение с указанием назначения по серии узла, классы вязкостей, межсервисные интервалы, а также полный перечень

допущенных смазочных материалов на текущий момент. Стоит отметить, что перечень одобренных продуктов регулярно обновляется.



Commercial Vehicle Technology

**Manual and automated transmissions
for trucks, buses, light commercial vehicles and special
vehicles with "TE-ML 02" entry on the type plate**

List of lubricants TE-ML 02

Table of contents	Page
1. Approved lubricant classes	1
1.1 Trucks and special applications	1
1.2 Buses	4
1.3 Light commercial vehicles	5
1.4 Product groups/Models/Versions from the past, not individually listed	5
2. Oil and filter change intervals (filter replacement affects only transmission with Intarder or WSK [torque converter clutch])	6
3. Low temperatures limits	7
4. Explanation of footnotes and comments	7
5. Lubricant classes and approved trade products	8

1. Approved lubricant classes

1.1 Trucks and special applications

Product groups trucks Note: Instead of the "0" as the last figure, there may also be a: 2;3;4;5. (Example: 12AS1935, 16S2223)	Lubricant classes	
	First fill ⁽⁵⁾	Service fill ⁽⁶⁾
Ecolite S5-42, S6-36, S6-36/2, S5-420	ZF-Ecofluid M 02B ⁽¹⁾ / 02E	ZF-Ecofluid M 02B ⁽¹⁾ / 02E / 02L
S5-580	ZF-Ecofluid M 02B ⁽¹⁾ / 02E	ZF-Ecofluid M 02B ⁽¹⁾ / 02E / 02L
6S500	ZF-Ecofluid M 02B / 02E	ZF-Ecofluid M 02B / 02E
Ecolite / AS Tronic lite 6S850, 6AS850	ZF-Ecofluid M 02B ⁽¹⁾ / 02E	ZF-Ecofluid M 02B ⁽¹⁾ / 02E / 02H ⁽¹⁾ / 02L
Ecolite 6S1200, 6S1200	ZF-Ecofluid M 02B ⁽¹⁾ / 02E / 02H ⁽¹⁾	ZF-Ecofluid M 02B ⁽¹⁾ / 02E / 02H ⁽¹⁾ / 02L
Ecolite / AS Tronic lite 6S700, 6AS700, 6S800, 6AS800, 6S1000, 6AS1000	ZF-Ecofluid M 02E	ZF-Ecofluid M 02B ⁽¹⁾ / 02E / 02L
AS Tronic lite Hydraulic actuators	02K	02K







Truck, bus and special applications according to sections 1.1, 1.2 and 1.4

Lubricant class	02B, 02H, ATF	02L	ZF-Ecofluid M 02E	02K
Application	Oil and filter change intervals ⁽³⁾			
- Off-road operation e.g. mining application - Average speed up to 20 km/h - Stationary drives - NMV	1.000 h 20.000 km 1 year	5.000 h 100.000 km 1 year	10.000 h 200.000 km 2 years ⁽⁴⁾	---
- Hot country use ⁽⁸⁾ - Long-distance transport > 44 t - Short-distance transport - Tough operating conditions - Scheduled routes (buses) - Average speed from 20 to 60 km/h	120.000 km 1 year	240.000 km 2 years	360.000 km 3 years ⁽⁴⁾	---
- Long-distance transport (trucks) - Long-distance coach journeys (buses) - Average speed as of 60 km/h	180.000 km 1 year	360.000 km 2 years	540.000 km 3 years ⁽⁴⁾	---
- Hydraulic actuators	---	---	---	no oil change needed

Light commercial vehicles according to section 1.3

Lubricants / Lubricant classes	Oil change intervals
02B Fuchs Titan EG MP 80 Petronas TUTELA OTZ (80W-90)	60.000 km
02L Total Tranself LD 75W-80 Petronas Gear Oil T.E. LD SAE 75W-80	240.000 km
ZF-Ecofluid M / 02E Exxon Mobil Gear Oil MB 317 Mercedes-Benz MB 235.10 -- Manual Transmission Oil A 001 989 26 03	no oil change needed

3. Low temperatures limits

Lubricant classes	Oil type / SAE viscosity grade	Initial vehicle start-up at oil sump temperatures
ZF-Ecofluid M 02B / 02E / 02K / 02L / ATF	75W / 75W-80 / 75W-85 / 75W-90 / ATF	- 40°C 
02B / 02H	80W / 80W-85 / 80W-90	- 20°C 
02B / 02H	40, 85W-90, 90	0°C 
	30	- 15°C 
	20W (Torque converter lock-up clutches TC 2 only)	- 40°C 
	20W (Transmatic only)	- 40°C  - 5°C

Lubricant class 02B**Note:**

In moderate climate zones, shift quality is impaired if viscosity grades higher than SAE 80W are used.

Manufacturer (02B)	Trade name (02B)	ZF approval number
ADDINOL LUBE OIL GMBH, LEUNA/DE	ADDINOL GETRIEBEÖL GX 80W-90 ML	ZF000672
ADDINOL LUBE OIL GMBH, LEUNA/DE	ADDINOL GETRIEBEÖL GH 75 W 90 SL	ZF002260
ARAL AG, BOCHUM/DE	ARAL GETRIEBEÖL SNA-E 75W-90	ZF000142
ARAL AG, BOCHUM/DE	ARAL GETRIEBEÖL EP PLUS 80W-90	ZF000460
ARAL AG, BOCHUM/DE	ARAL GETRIEBEÖL EP 80W-90	ZF001715
BAHRAIN PETROLEUM COMPANY, AWALI/BH	SPAREX HP 90 GL-4	ZF001694
BASF SE, LUDWIGSHAFEN/DE	EMGARD UAF 7105	ZF001876
BAYWA AG MÜNCHEN, MÜNCHEN/DE	TECTROL MULTIGEAR PLUS 8090	ZF001160
BP PLC., LONDON/GB	BP ENERGEGEAR HT 80W-90	ZF000200
BP PLC., LONDON/GB	BP ENERGEGEAR SHX-M 75W-90	ZF000208
BP PLC., LONDON/GB	BP ENERGEGEAR EP 80W-90	ZF001216
BUCHER AG LANGENTHAL, LANGENTHAL/CH	UNISYNT ZX SAE 75W90	ZF000354
BUCHER AG LANGENTHAL, LANGENTHAL/CH	GEAR ZX TP SAE 80W/90	ZF001721
CASTROL LTD, LONDON/GB	CASTROL SYNTRAX UNIVERSAL 80W-90	ZF000227
CASTROL LTD, LONDON/GB	CASTROL MANUAL EP 80W-90	ZF001096
CASTROL LTD, LONDON/GB	SYNTRAX UNIVERSAL PLUS 75W-90	ZF001471
CASTROL LTD, LONDON/GB	CASTROL TRANSMAX MANUAL EP 80W-90	ZF002133
CASTROL LTD, LONDON/GB	CASTROL TRANSMAX MANUAL EP 80W-90	ZF002135
CASTROL LTD, LONDON/GB	CASTROL TRANSMAX MANUAL EP 80W-90	ZF002136
CASTROL LTD, LONDON/GB	CASTROL TRANSMAX UNIVERSAL LL 80W-90	ZF002143
CASTROL LTD, LONDON/GB	CASTROL TRANSMAX UNIVERSAL LL 75W-90	ZF002144
CEPSA COMERCIAL PETRÓLEO S.A.U., MADRID/ES	CEPSA TRANSMISIONES EP FE+LD 75W-90	ZF000086
CEPSA COMERCIAL PETRÓLEO S.A.U., MADRID/ES	MAN SUPER AXLE 3343 75W-90	ZF000965
CHEVRON LUBRICANTS, SAN RAMON, CA/US	TRANSLUBE LD SAE 80W	ZF000800
CHEVRON LUBRICANTS, SAN RAMON, CA/US	TRANSLUBE LD SAE 90	ZF000801
CHEVRON LUBRICANTS, SAN RAMON, CA/US	MULTIGEAR 80W-90	ZF000812
CHEVRON LUBRICANTS, SAN RAMON, CA/US	MULTIGEAR S 75W-90	ZF000815
CHEVRON LUBRICANTS, SAN RAMON, CA/US	DELO GEAR TDL 80W-90	ZF002273
CONDAT LUBRIFIANTS, CHASSE SUR RHONE/FR	GEAR TXS 75W90	ZF000829
CONDAT LUBRIFIANTS, CHASSE SUR RHONE/FR	GEAR TDM 80W	ZF001039
DAF TRUCKS NV, EINDHOVEN/NL	DAF SUPER 80W-90	ZF002125
DE OLIEBRON BV, ZWIJNDRECHT/NL	TOR UNI GEAR LD 75W90	ZF000964
DEEP OIL TRADING COMPANY LLP, LONDON/GB	DRIVE RW FORCE S GL-5 75W-90	ZF001453
EXXONMOBIL CORPORATION, HOUSTON, TX/US	MOBILUBE 1 SHC 75W-90	ZF000041
EXXONMOBIL CORPORATION, HOUSTON, TX/US	MOBILUBE S 80W-90	ZF000776
FABRIKA MAZIVA FAM AD, KRUŠEVAC/RS	MULTIHIPO 75W-90 SINT	ZF000653
FABRIKA MAZIVA FAM AD, KRUŠEVAC/RS	MULTIHIPO 80W-90 F PLUS	ZF001456

МАСЛА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ – ATF.**ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ.**

Как уже говорилось ранее, автоматическая или как её правильнее называть - гидромеханическая трансмиссия, имеет массу особенностей. В связи с которыми, к маслам для её смазки предъявляются особые, гораздо более строгие требования. Поскольку возложенные на масло задачи весьма обширны, оно должно одновременно выполнять массу задач.

Принцип работы подобной трансмиссии основан на передаче крутящего момента от двигателя к ведущим колесам через гидротрансформатор или как его называют в англоязычной среде - torque converter - преобразователь крутящего момента. Это первая особенность устройства гидромеханических трансмиссий, которая наделяет масло рядом характеристик. В первую очередь это вязкостно-температурные характеристики, поскольку в гидротрансформаторе жидкость передает крутящий момент от насосного колеса к турбинному. Учитывая скорости вращения, а также степень подгонки элементов конструкции, не трудно догадаться, что для надежной работы вязкость должна быть достаточно низкой. Это подтверждается и на практике, значение кинематической вязкости при 40°C для этого типа жидкостей редко превышает 40 сСт, в то время как для классических трансмиссионных масел распространенного класса вязкости SAE 80W-90 это значение в среднем находится на уровне 150 сСт. В гидротрансформаторе масло выполняет по сути гидравлическую работу, находясь в постоянном турбулентном

потоке под повышенным давлением, которое является причиной роста температуры в этом узле. Если с двигателя снимается мощность большая, чем нужно для преодоления сопротивления трения колес, к примеру, при движении в пробке, что свойственно для городской эксплуатации, ее избыток расходуется на внутреннее трение масла и оно нагревается еще более интенсивно, при том что, отводиться тепло может только через корпус трансмиссии. В среднем, рабочая температура масла в картере АКПП составляет 80-95°C, в жаркую погоду при городском цикле движения она может подниматься до 150 °С. Высокие скорости движения потоков масла в гидротрансформаторе и температура, понижающая и без того невысокую вязкость, предъявляют требования к стабильности вязкостных характеристик в широком диапазоне температур и на всем протяжении межсервисного интервала, к термоокислительной стабильности и антикоррозионным свойствам, стойкости к аэрации и образованию пены.

Помимо гидротрансформатора, который выполняет функцию сцепления между двигателем и коробкой передач, понижая уровень динамических нагрузок на валы и шестерни, есть еще и механическая часть трансмиссии, представляющая собой сложный набор валов, планетарных передач, пакетов фрикционов и т.д. В этой части гидромеханической трансмиссии, требования к вязкости прямо противоположны. Для нормальной работы гидротрансформатора необходима низкая вязкость, для смазки шестерен нужна высокая. Таким образом, недостаток вязкостных характеристик компенсируется более высокопроизводительными противоизносными и противозадирными функциональными присадками.

Переключение передач в гидромеханической трансмиссии осуществляется путем гидравлического воздействия на пакеты фрикционов. Фрикционы представляют собой многослойный элемент с чередующимися дисками из стали и специального фрикционного материала, основанного на целлюлозном материале, пропитанным специальными смолами, чтобы надежно схватываться со стальным диском и без проскальзывания передавать момент вращения. Это накладывает еще одно из важнейших требований к маслам для автоматических трансмиссий - совместимость с материалами фрикционов и обеспечение их работы надлежащим образом. Стоит отметить также, что и в отношении обеспечения работы фрикционов и в отношении гидравлического принципа их включения, очень важна термоокислительная стабильность масла. В обоих случаях, недостаточное противодействие окислению, приведет к отложениям и нарушению корректной работы.

ОДОБРЕНИЯ МАСЕЛ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ.

На заре появления автоматических трансмиссий, как и многие другие узлы, их обслуживали тем же маслом что и двигатель. Это снижало эффективность переключения передач, а также существенно сокращало межсервисный интервал. Поскольку, автоматическими трансмиссиями, впервые массово начали комплектоваться гражданские автомобили в США, законодателями требованиям к жидкостям для этих узлов стали, и являются до сих пор, американские автопроизводители.

В 1949 г. компания General Motors, учла некоторые требования к работе масла для автоматической трансмиссии и, разработала специальную жидкость - ATF-A, которая применялась во всех АКПП, выпускаемых в мире, вплоть до 1957 года. В 1957 г. спецификация была пересмотрена, добавились обновленные требования к маслам этой категории, и она получила название Type A Suffix A или ATF TASA, эта спецификация прослужила десять лет. В 1967 году General Motors ввел новую спецификацию Dexron B, которая стала позднее называться Dexron II, продолжив свою эволюцию в спецификациях Dexron III и Dexron IV. Стоит отметить, что

спецификации Dexron III и Dexron IV были созданы с учетом новых на то время требований к маслам для автоматических трансмиссий с электронным управлением переключения передач. Эволюция этих спецификаций продолжается по сей день, воплотившись в новые требования к маслам для автоматических трансмиссий Dexron V и Dexron VI. Все лицензии до Dexron-III включительно, истекли в 2006 году. После чего, GM лицензирует только масла Dexron - VI для использования в автоматических коробках передач собственного производства. Тем не менее, масла предыдущих категорий GM, продолжают пользоваться спросом в мире, но эти жидкости уже не регулируются GM.

Наряду с требованиями для АКПП легковых автомобилей появлялись и совершенствовались спецификации для масел, работающих в тяжелых условиях эксплуатации в коммерческом транспорте и внедорожной технике. Одним из подразделений GM - Allison transmission, были предложены требования Allison C-4, которые со временем также были пересмотрены и явились причиной появления новых спецификаций Allison 439, Allison 385 и Allison TES 295.

Нельзя пройти мимо еще одного крупнейшего мирового производителя автомобилей и трансмиссий в США, это FORD. Наряду с GM, этим производителем были разработаны свои требования к маслам для гидромеханических трансмиссий, выраженные в спецификациях, позже получивших название - Mercon. По уровню свойств масла, соответствующие спецификации Mercon, максимально близки к маслам Dexron и совместимы с ними. Основные различия между спецификациями компаний GM и Ford - разные требования к фрикционным характеристикам масел. GM закладывает в расчет трансмиссий плавность переключения передач, а Ford - скорость их переключения.

Развитие спецификаций масел для автоматических трансмиссий GM и Ford			
Компания General Motors		Компания Ford	
Дата	Наименование спецификации	Дата	Наименование спецификации
1949	Type A	1959	M2C33 - B
1957	Type A Suffix A	1961	M2C33 - D
1967	Dexron B	1967	M2C33 - F
1973	Dexron II C	1972	SQM -2C9007A, M2C33 - G
1981	Dexron II D	1975	SQM -2C9010A, M2C33 - G
1991	Dexron II E	1987	EAPM - 2C166 - H
1994	Dexron I II	1987	Mercon
1999	Dexron IV	1998	Mercon V

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАСЛА.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ.

Гидравлические системы получили широкое распространение в различных областях промышленности благодаря высокой надежности и простоте конструкции её элементов. Их разновидности обусловлены типами используемых в конструкции гидравлических насосов, как следствие уровнем производительности и коэффициентом полезного действия, Гидравлические системы применяются очень широко, начиная от авиации и космоса, металлургии, сельского хозяйства, широкого спектра промышленного оборудования, горной техники и прочих машин. В зависимости от задач, гидравлические масла могут быть негорючими, например, такие требования предъявляет металлургия; арктическими, для техники,

эксплуатирующейся в суровых климатических условиях; для промышленного оборудования, работающего в стационарных условиях.

Гидравлические механизмы используют в своей работе кинетическую или потенциальную энергию жидкости. Главной задачей рабочих жидкостей для гидравлических систем является передача энергии от насоса к исполнительному механизму. Сегодня, в зависимости от задач гидравлической системы, используются поршневые, шестеренчатые или пластинчатые насосы.

Функции гидравлических жидкостей обусловлены особенностями устройства гидравлических систем и тенденциями их развития. Основные направления развития гидравлических систем выражены в повышении рабочего давления, увеличении рабочей температуры, уменьшении общей массы привода, увеличении отношения передаваемой мощности к массе гидравлической системы, уменьшении рабочих зазоров между деталями рабочего органа и распределительной системы, увеличении сроков службы масла при уменьшении емкости бака, увеличение кратности циркуляции.

Для обеспечения требований, продиктованных тенденциями развития гидроприводов, современные гидравлические масла должны обладать определенными характеристиками. Наиважнейшим аспектом является соответствие оптимальным вязкостно-температурным характеристикам в как можно более широком диапазоне температур, обладание высоким индексом вязкости, высоким антиокислительным потенциалом, а также термоокислительной стабильностью, обеспечение защиты от коррозии, способности к отделению воды и воздуха, предотвращению элементов системы от износа. Гидравлическая жидкость должна быть совместимой с материалами гидросистемы, обеспечивать стабильность свойств на протяжении всего срока службы рабочей жидкости.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ.

ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Вязкостно-температурные характеристики гидравлических масел определяют температурный режим эксплуатации, оказывают решающее влияние на рабочие характеристики исполнительного механизма. Для надежной работы оборудования на этапе проектирования закладываются минимальные и максимальные значения вязкостных характеристик. Вязкостные характеристики при максимальных рабочих температурах устанавливаются для обеспечения надежного смазывания, характеризуя толщину масляной пленки и ее достаточности для защиты элементов гидросистемы при эксплуатации в режиме высоких рабочих температур и нагрузок. В условиях низких температур, в режиме пуска и выхода на рабочий режим давления, важно чтобы вязкость масла соответствовала производительности насоса для создания необходимого давления в системе.

ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ.

Противоизносные свойства гидравлических жидкостей напрямую определяют срок службы гидравлических систем и ее элементов, масла должны обладать высоким стандартом. Жидкости для гидравлических систем проходят обязательные испытания на уровень противоизносных свойств. Наиболее распространенным и общепринятым стандартом является DIN 51524. Для соответствия стандарту DIN 51524-2/3 масла должны быть исследованы в ряде тестов.

Тест FZG. Свойства масел определяются при помощи двух цилиндрических шестерен, погруженных в испытываемое масло. Находясь под нагрузкой, шестерни вращаются в зацеплении 15 минут в рамках одного цикла. Противоизносный потенциал масла выражается через число выдержанных циклов повышения нагрузки. Испытания заканчиваются по мере достижения 12 циклов испытаний или максимальной потери массы в 10 мг. Гидравлические масла HLP и HVLP, в рамках DIN 51524, должны выдерживать этом тесте минимум 10 циклов повышения нагрузки.

Еще одним важным и неотъемлемым тестом является тест на противоизносные свойства на лопастном насосе Vickers V104C. Свойства масел определяются посредством контроля величины износа элементов лопастного насоса, а именно кольца и лопаток. Испытания длятся 250 часов, частота вращения 1440 оборотов, давление в системе 2030 psi (дюйм на квадратный метр), что примерно равно 69 бар или 70 атмосфер. Для масел HLP/HVLP величина износа не должны превышать 150 мг, причем, износ кольца не должен достигать 120 мг, а лопастей, суммарно, не более 30 мг.

Наибольшее распространение в качестве присадок, обеспечивающих достаточный уровень противоизносных свойств гидравлических масел, получили диалкилдитиофосфаты металлов, в основном цинка, хотя, встречаются и беззольные, аминные соли и, сложные эфиры дитиофосфорной кислоты.

АНТИОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ.

Антиокислительная и химическая стабильности, характеризуют стойкость гидравлических масел к окислению в процессе эксплуатации, под воздействием температуры и усиленного барботажа масла воздухом при работе насоса. Окисление масла приводит к изменению его вязкости, как правило, в направлении роста, и к накоплению в нем продуктов окисления, образующих осадки и лаковые отложения на поверхностях деталей гидросистемы, что затрудняет ее работу. Повышение антиокислительных свойств гидравлических масел достигается путем введения антиокислительных присадок, фенольного и аминного типов.

В гидравлических системах машин и механизмов присутствуют детали, включающие в свой состав различные металлы, разные марки стали, алюминий, бронзу. Они могут подвергаться коррозионно-химическому воздействию, приводя к изнашиванию. Коррозия металлов может быть электрохимической, возникающей, как правило, в присутствии воды, и химической, протекающей под воздействием химически агрессивных сред, кислых соединений, образующихся в процессе окисления масла, а также под воздействием химически-активных продуктов

расщепления присадок при повышенных контактных температурах поверхностей трения. Устранению коррозии металлов способствуют вводимые в масло присадки - ингибиторы окисления, препятствующие образованию кислых соединений, и специальные антикоррозионные добавки.

Определение склонности к старению ингибированных масел и гидравлических жидкостей, возможно в рамках стандарта ИСО-6243. Срок службы гидравлического масла зависит, главным образом, от его стойкости к окислению под воздействием температуры, в присутствии кислорода воздуха, воды и некоторых металлов, обладающих каталитическим действием, например, меди. Термоокислительные процессы в гидравлическом масле являются основной причиной его старения. Они происходят в виде комплекса сложных, многостадийных реакций углеводородов, как с атмосферным кислородом, так и с растворенным в масле. Образующиеся в процессе окисления гидравлических масел продукты окисления влияют на вязкость масла, причем, чем выше температура испытания, тем интенсивней увеличивается вязкость окисленного масла.

ПРОТИВОПЕННЫЕ СВОЙСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ

При циркуляции гидравлических масел недопустимо пенообразование. Оно нарушает подачу масла к узлу трения и, насыщая масло воздухом, интенсифицирует его окисление, ухудшает отвод тепла от рабочих поверхностей, может привести к кавитации и повреждению элементов гидросистемы, перегреву гидропривода и его повышенному износу.

Для обеспечения хороших антипенных свойств масла, преимущественное значение имеет глубина очистки применяемых базовых масел. Чтобы предотвратить образование пены или ускорить ее разрушение, в масло вводят антипенные присадки. Наиболее распространенными соединениями, применяемым в качестве таких присадок, являются полиметилсилоксаны, которые снижают поверхностное натяжение на границе раздела жидкости и воздуха, что приводит к ускоренному разрушению пены.

Способность к отделению воздуха, как правило, определяют по методике ISO 9120. Сущность метода заключается в нагнетании воздуха в масло под давлением при температурах 25, 50 и 75°C, затем следят за скоростью снижения уровня пены.

ГИДРОЛИТИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ

Даже незначительное количество воды отрицательно влияет на работу гидравлических систем. Вода, попадающая в гидросистему, ускоряет процессы окисления масла, вызывает гидролиз гидролитически неустойчивых присадок. Продукты гидролиза присадок вызывают электрохимическую коррозию металлов гидросистемы. Вода способствует образованию шлама неорганического и органического происхождения, который забивает фильтры и зазоры между деталями оборудования, тем самым нарушая работу гидросистемы.

Определение способности нефтяных масел и синтетических жидкостей отделяться от воды возможно по методу ISO 6614. Сущность метода заключается

в перемешивании при заданных условиях 40 см³ масла и 40 см³ дистиллированной воды. Регистрируют минимальное время, в минутах, необходимое для разделения эмульсии.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ.

КЛАССИФИКАЦИЯ ГОСТ 17479.4-87. Масла индустриальные. Классификация и обозначения.

В зависимости от назначения, эксплуатационных свойств и состава, наличия соответствующих функциональных присадок, индустриальные масла подразделяют на группы, подгруппы и классы вязкости.

Группа масла	Рекомендуемая область назначения
Л	Легко нагруженные узлы: шпиндели, подшипники и сопряженные с ними соединения.
Г	Гидравлические системы.
Н	Направляющие скольжения.
Т	Тяжело нагруженные узлы, зубчатые передачи.

Подгруппа масла	Состав масла	Рекомендуемая область применения
А	Нефтяные масла без присадок	Машины и механизмы промышленного оборудования, условия работы которых не предъявляют особых требований к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
В	Нефтяные масла с антиокислительными и антикоррозионными присадками	Машины и механизмы промышленного оборудования, условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным и антикоррозионным свойствам масел
С	Нефтяные масла с антиокислительными, антикоррозионными и противоизносными присадками	Машины и механизмы промышленного оборудования, содержащие антифрикционные сплавы цветных металлов, условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным и противоизносным свойствам масел
Д	Нефтяные масла с антиокислительными, антикоррозионными, противоизносными и противозадирными присадками	Машины и механизмы промышленного оборудования, условия работы которых предъявляют повышенные требования к антиокислительным, антикоррозионным, противоизносным и противозадирным свойствам масел
Е	Нефтяные масла с антиокислительными,	Машины и механизмы промышленного оборудования, условия работы которых

	адгезионными, противоизносными, противозадирными и противоскачковыми присадками	предъявляют повышенные требования к антиокислительным, адгезионным, противоизносным, противозадирным и противоскачковым свойствам масел
--	---	---

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при температуре 40°C, мм ² /с (сСт)	Класс вязкости	Кинематическая вязкость при температуре 40°C, мм ² /с (сСт)
2	1,9-2,5	68	61,0-75,0
3	3,0-3,5	100	90,0-110,0
5	4,0-5,0	150	135-165
7	6,0-8,0	220	198-242
10	9,0-11,0	320	288-352
15	13,0-17,0	460	414-506
22	19,0-25,0	680	612-748
32	29,0-35,0	1000	900-1100
46	41,0-51,0	1500	1350-1650

Примеры обозначения промышленных масел в соответствии с ГОСТ 17479.4-87:

И-Г-В-46, где И - промышленное масло, Г - масло предназначено для гидравлической системы, В - масло с антиокислительными и антикоррозионными присадками для машин и механизмов промышленного оборудования с повышенными требованиями к условиям работы, 46 - класс вязкости;

И-ГН-Е-68, где И - промышленное масло, ГН - масло предназначено для гидравлической системы и направляющих скольжения, Е - масло с антиокислительными, адгезионными, противоизносными, противозадирными и противоскачковыми присадками для машин и механизмов промышленного оборудования с повышенными требованиями к условиям работы, 68 - класс вязкости.

КЛАССИФИКАЦИЯ ISO 3448.

Ключевым классификационным признаком гидравлических масел является вязкость. Выбор правильного класса вязкости крайне важен для надежной работы гидравлической системы. Повышенная вязкость будет способствовать повышению гидравлических и механических потерь. Пониженная вязкость приводит к существенному износу компонентов системы, сокращая срок их службы, а также повышает вероятность утечек из системы.

Классификация промышленных масел ISO 3448 состоит из 18 классов вязкости. Характеризующая класс вязкости величина, указывает кинематическую

вязкость при 40°C в мм²/с (сСт). В соответствии со стандартом, допустимое колебание вязкости, от номинальной, возможно в пределах ±10%.

Класс вязкости	Вязкость при 40 °С, мм ² /с		
	Средняя	Минимальная	Максимальная
ISO VG 2	2.2	1.98	2.42
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52
ISO VG 5	4.6	4.14	5.06
ISO VG 7	6.8	6.12	7.48
ISO VG 10	10	9	11
ISO VG 15	15	13.5	16.5
ISO VG 22	22	19.8	24.2
ISO VG 32	32	28.8	35.2
ISO VG 46	46	41.4	50.6
ISO VG 68	68	61.2	74.8
ISO VG 100	100	90	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

КЛАССИФИКАЦИЯ DIN51524 и ISO 6743-4.

DIN 51524 – один из самых распространенных стандартов в Европе, он лежит в основе требований большинства производителей оборудования, а также на него ориентируются многие производители гидравлических масел

Большинство массовых сортов гидравлических жидкостей вырабатывают на основе хорошо очищенных базовых масел. Физико-химические свойства, значительно улучшаются при введении функциональных присадок. В зависимости от состава и обусловленными им свойствами ГМ в соответствии со стандартом DIN 51524 делятся на несколько основных групп.

Состав	Обозначение	
	ISO 6743-4	DIN 51524
Традиционные масла для гидравлических систем на минеральной основе		

Очищенное минеральное масло без присадок	HH	H
Очищенное минеральное масло с антикоррозионными и антиокислительными присадками	HL	HL
Масла HL с противоизносными присадками	HM	HLP
Масла HM/HLP с высоким индексом вязкости, более 130	HV	HVLP
Масла HM/HLP с высоким индексом вязкости и моющими и диспергирующими присадками	L-HM	HVLPD
Синтетические жидкости для гидравлических систем		
Синтетическое базовое масло с противоизносными присадками	HS	HS

Экологически безопасные жидкости для гидравлических систем		
Триглицериды и растительные масла	HETG	-
Синтетические эфиры	HEES	-
Полигликоли	HEPG	-
Полиальфаолефины и другие синтетические углеводороды	HEPR	-

ОДОБРЕНИЯ ВЕДУЩИХ OEM ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАСЕЛ НА ПРИМЕРЕ BOSH REXROTH.

БЮЛЛЕТЕНЬ BOSH REXROTH RRS 90 220/05.03

Для аксиально-поршневых машин производства BOSH REXROTH, рабочие жидкости должны подбираться очень тщательно, с учетом базовых требований, в самом начале создания системы, чтобы обеспечить безотказную и экономически целесообразную эксплуатацию. Обычно, трудно в полной мере выполнить все требования, например, по причине высокой стоимости проекта. Тем не менее, производитель регламентирует очень много критериев предъявляемых к гидравлическим жидкостям. Большинство из них предъявлены ниже.

Диапазон вязкости для применения при продолжительности включения 100 %:

$$v_{\text{работа}} = 16 \text{ — } 100 \text{ мм}^2/\text{с}$$

Диапазон вязкости для оптимального КПД:

$$v_{\text{оптим.}} = 16 \text{ — } 36 \text{ мм}^2/\text{с}$$

Минимально допустимая вязкость (кратковременно):

$$v_{\text{мин}} \geq 5 \text{ мм}^2/\text{с}, \text{ при макс. допуст. температуре } t_{\text{макс.}} = +115 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$v_{\text{мин}} \geq 10 \text{ мм}^2/\text{с}, \text{ при макс. допуст. температуре } t_{\text{макс.}} = +90 \text{ }^\circ\text{C}$$

Показатель класса вязкости соответствует средней вязкости в мм²/с при 40 °С ⑤ (VG: коэффициент вязкости).

VG 22: для очень холодных условий и при крайне длинных трубопроводах

VG 32: для зимних условий

VG 46: для летних условий или закрытых помещений

VG 68: для тропических условий или для жарких помещений

VG 100: для очень жарких условий

Воздух

При вводе системы в эксплуатацию следует полностью удалить воздух из установки.

При нормальном давлении в рабочей жидкости растворяется воздух ③. При пониженном давлении он освобождается.

Из-за высокого содержания воздуха возникает опасность кавитации (разрыв пузырьков в области низкого давления) и дизельный эффект (вспышки смеси паров масла с воздухом в области высокого давления). Это приводит к эрозии материала.

Выделение пузырьков воздуха можно уменьшить, используя подходящую конструкцию бака.

Фильтрация

Чем тоньше фильтрация, тем выше класс чистоты жидкости и тем больше срок службы аксиально-поршневых машин.

Для надежной работы аксиально-поршневой машины класс чистоты рабочей жидкости не должен быть ниже

20/18/15 по ISO 4406.

При очень высоких температурах рабочей жидкости (от +90° C до макс. +115° C) минимальный класс чистоты должен быть:

19/17/14 по ISO 4406.

Если вышеуказанные классы не могут быть соблюдены, обратитесь к нам за консультацией.

Сравнительная таблица классов чистоты

⑰

NAS 1638 (недействительно)	ISO 4406 (с)
7	18/16/13
8	19/17/14
9	20/18/15
10	21/19/16

Выбор сорта жидкости

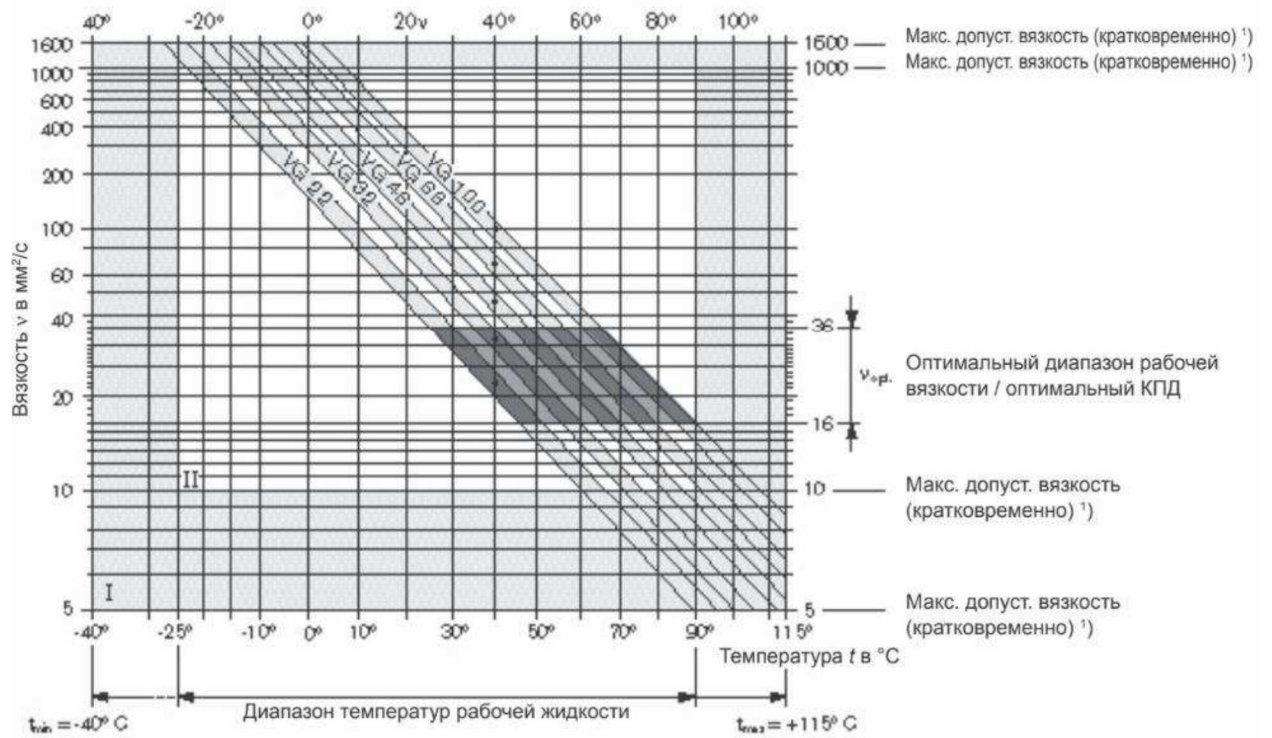
Жидкости на основе минеральных масел подходят для использования в аксиально-поршневых насосах и двигателях.

Их пригодность среди прочего зависит от следующих факторов.

- Износостойкость.
- Зависимость вязкости от температуры.
- Защита от окисления и коррозии.
- Совместимость материалов.
- Способность отделения воздуха (LAV) ⑫.
- Способность отделения воды (WAV) ⑧.

Для мобильных систем характерны высокое давление и большие перепады температуры. Для них лучше всего подходят многоцелевые масла (гидравлические или моторные), масла HLP с детергирующими свойствами ④ и жидкости ATF ⑬.

Диаграмма для выбора



¹⁾ В зависимости от продукта действуют следующие макс. диапазоны вязкости:

I: 5 мм²/с ($t_{max} = +115^\circ \text{C}$) ... 1600 мм²/с ($t_{min} = -40^\circ \text{C}$)

II: 10 мм²/с ($t_{max} = +90^\circ \text{C}$) ... 1000 мм²/с ($t_{min} = -25^\circ \text{C}$)

(Максимально допустимый диапазон вязкости приведен в каталогах отдельных продуктов.)

Способ измерения и нормирование

①	Кинематическая вязкость в мм ² /с Измерение, например, вискозиметром Уббелюде согласно:	DIN 51562
②	Плотность при 15 °С в г/см ³ ареометром по	DIN 51757
③	Индекс вязкости (VI)	DIN ISO 2909
④	Для жидкостей HLP Для жидкостей HVLP	DIN 51524 часть 2 DIN 51524 часть 3
⑤	Классификация вязкости (по ISO)	DIN 51519
⑥	Предел текучести (достижение границы текучести, на 3° выше температуры застывания)	DIN ISO 3016
⑦	Антикоррозионные свойства по отношению к стали (метод А) Коррозионное воздействие на медь	DIN 51585 DIN 51759
⑧	Дезмульгирующая способность Содержание воды	DIN 51599 DIN ISO 3733
⑨	Воздействие на уплотняющий материал в сочетании с и	DIN 53538 часть 1 DIN 53521 DIN 53505
⑩	Кислотное число в $\frac{\text{мг KOH}}{\text{г}}$	DIN 51558 часть 1
⑪	Определение коксового остатка по Конрадсону	DIN 51551
⑫	Способность отделения воды	DIN 51381
⑬	ATF (жидкость для автоматических трансмиссий)	AQ A Suffix A
⑭	Авиационные жидкости	MIL-H-5606 A Nato-H-515
⑮	Жидкости для судов	Nato-H-540
⑯	Смазочные масла	DIN 51517 часть 3
⑰	Классы чистоты	ISO 4406 (c)