

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГОУ ВПО «ВЯТСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»
КАФЕДРА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

В. А. ЛИХАНОВ, Р. Р. ДЕВЕТЬЯРОВ

**Т Р А Н С М И С С И О Н Н Ы Е
М А С Л А**

КИРОВ 2006

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГОУ ВПО «ВЯТСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»
КАФЕДРА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

В. А. ЛИХАНОВ, Р. Р. ДЕВЕТЬЯРОВ

**Т Р А Н С М И С С И О Н Н Ы Е
М А С Л А**

Учебное пособие

КИРОВ 2006

УДК 631.372

Лиханов В.А., Деветьяров Р.Р. Трансмиссионные масла: Учебное пособие. – Киров: Вятская ГСХА, 2006. - 100 с.

Рецензенты: доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургского института ГПС МЧС России **В.Н. Ложкин** (ФГОУ ВПО Санкт-Петербургский институт ГПС МЧС России);
доктор технических наук, профессор кафедры гидравлики Санкт-Петербургского государственного политехнического университета **М.Р. Петриченко** (ФГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет).

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к печати учебно-методической комиссией инженерного факультета Вятской ГСХА (протокол № 7 от 15 июля 2005 г.).

Учебное пособие «Трансмиссионные масла» предназначено для лабораторных занятий студентов инженерного факультета по специальностям:

190601 - Автомобили и автомобильное хозяйство;

190603 - Сервис и техническая эксплуатация;

110301 - Механизация сельского хозяйства;

110304 - Технология обслуживания и ремонта машин в АПК всех форм обучения. Пособие разработано академиком Российской Академии транспорта, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой двигателей внутреннего сгорания **Лихановым В.А.** и старшим преподавателем кафедры двигателей внутреннего сгорания кандидатом технических наук **Деветьяровым Р.Р.**

© Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2006

© В.А. Лиханов, Р.Р. Деветьяров, 2006

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	4
1. Трансмиссионные масла. Назначение и требования к качеству масел	5
1.1. Назначение трансмиссионных масел	5
1.2. Автомобильные трансмиссии и требования к качеству масел	6
2. Свойства масел и методы их оценки	14
2.1. Условия работы	14
2.2. Эксплуатационные свойства	16
2.2.1. Смазывающая способность	16
2.2.2. Вязкость и вязкостно-температурные свойства	21
2.2.3. Термостабильность и стойкость к окислению	24
2.2.4. Антикоррозионные свойства	27
2.2.5. Склонность к пенообразованию	29
2.2.6. Совместимость с эластомерами	30
2.3. Оценка качества масел	31
3. Международные классификации	35
3.1. Классификация по вязкости	35
3.2. Классификация по назначению	40
3.3. Классификация масел по ГОСТ	49
4. Эксплуатационные группы	53
4.1. Зарубежные масла	53
4.2. Масла российского производства	64
4.2.1. Масла для механических коробок передач	64
4.2.2. Масла для гидромеханической и гидрообъемной передачи	66
4.2.3. Применение отечественных масел при низких температурах	67
4.3. Периодичность замены трансмиссионных масел	68
Литература	70
Приложение	73

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение парка автомобилей зарубежного производства способствовало расширению ассортимента смазочных материалов, удовлетворяющих требованиям ведущих мировых производителей. Недостаточность специальной литературы по существующим международным классификациям и требованиям автопроизводителей затрудняет оптимальный выбор смазочных материалов для конкретного применения.

Исходя из этого основное внимание в учебном пособии уделено основам производства, свойствам и методам их оценки, зарубежным классификациям по качеству и назначению автомобильных трансмиссионных масел, а также требованиям мировых автопроизводителей.

Учебное пособие позволит студентам дать правильные рекомендации по необходимому уровню качества автомобильных трансмиссионных масел в зависимости от конкретного назначения и условий эксплуатации.

1. ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА. НАЗНАЧЕНИЕ И ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ МАСЕЛ

1.1. Назначение трансмиссионных масел

Трансмиссионные масла предназначены для смазки механических, гидромеханических и гидрообъемных трансмиссий. Состав и свойства масел зависят от конструкции трансмиссий и условий работы (температура, контактные напряжения скорости скольжения и др.)

Трансмиссионные масла отличаются по своим свойствам от моторных масел ввиду существенного различия в условиях работы:

- не соприкасаются с горячими поверхностями камеры сгорания;
- не имеют контакта с продуктами сгорания топлива;
- подвергаются высокому контактному давлению одновременно с большой скоростью сдвига в сопряженных поверхностях.

Агрегаты трансмиссий могут иметь в одном корпусе все виды передач и механизмов: зубчатые, фрикционные, гидравлические. Поэтому трансмиссионные масла должны обладать универсальными свойствами: смазывающего материала механических зубчатых передач, среды для обеспечения сцепления во фрикционных передачах и жидкости, передающей мощность в гидравлических передачах и регулирующих устройствах.

Функции трансмиссионных масел.

В механических трансмиссиях:

- снижение износа;
- уменьшение коэффициента трения;
- отвод тепла от трущихся поверхностей;
- защита от коррозии;
- подавление вибрации и смягчение ударных нагрузок;
- удаление продуктов износа и загрязнений.

Во фрикционных механизмах:

- обеспечение прочного контакта смыкающихся поверхностей;
- обеспечение необходимого статического и динамического коэффициента трения при разных скоростях скольжения;
- обеспечение смазывания в экстремальных условиях, пре-

дотвращение проскальзывания пар трения и подавление вибрации.

В гидромеханических передачах:

- снижение износа;
- снижение трения в зубчатых передачах;
- обеспечение необходимого коэффициента трения для фрикционных механизмов;
- защита от коррозии;
- отвод тепла от трущихся поверхностей.

1.2. Автомобильные трансмиссии и требования к качеству масел

Узлы и агрегаты, составляющие трансмиссию автотранспортных средств:

- коробки передач: механическая (ручного управления), автоматическая, коробка передач с главной передачей переднего ведущего моста (transaxle);
- сцепление;
- главная передача;
- дифференциал;
- передача рулевого управления;
- раздаточная коробка;
- механизм отбора мощности в тракторах и других мобильных рабочих машинах;
- карданный вал с шарнирами.

По принципу действия узлы и агрегаты трансмиссии разделяются на 3 основные группы:

1. зубчатые передачи и механизмы (коробка передач, раздаточная коробка, главная передача, дифференциал, рулевая передача, колесная передача, редуктор колеса и др.);

2. фрикционные механизмы (синхронизаторы механической коробки передач, тормоза и сцепления автоматической коробки передач (фрикционы), фрикционная муфта дифференциала повышенного трения, фрикционная бесступенчатая коробка передач и др.);

3. гидродинамические и гидравлические механизмы (гидро-

трансформатор, гидравлическая муфта, гидрообъемная (гидростатическая) трансмиссия, гидродинамический замедлитель, гидравлический усилитель рулевого механизма, гидравлические механизмы управления).

Все механизмы трансмиссии в агрегатах, за редкими исключениями, находятся погруженными в масло, которое служит одновременно и как смазочный материал, и как гидравлическая среда или среда фрикционного сцепления. Каждая из этих групп предъявляют разные требования к маслам в зависимости от того, какую функцию масло выполняет и каковы конструкционные особенности и задачи механизма.

Зубчатые передачи.

Зубчатые передачи отличаются большим разнообразием конструкций, от которых, как и от условий работы, зависят износ и энергетические потери на трение. Это вызывает и особый подход к их смазыванию.

Виды зубчатых передач механических трансмиссий: цилиндрическая, конусная, конусно-спиральная, гипоидная, червячная.

Каждая из этих передач характеризуется различными условиями работы, трения и смазывания.

В зависимости от конструкций шестерен зубья могут соприкасаться небольшой площадью, линией или точкой. Профиль зубьев сконструирован так, чтобы при движении зубья перемещались путем качения, а не скольжения. Это позволяет уменьшить трение и износ. В цилиндрических передачах наибольшее трение скольжения проявляется у основания и вершины зубьев. Скорость скольжения в цилиндрических и конических передачах составляет от 1,5...3,0 до 9...12 м/с, а контактные давления – 500...2000 МПа. Наиболее трудными условиями работы отличаются гипоидные и червячные передачи, в которых одновременно проявляются высокая скорость сдвига (до 15 м/с и 25 м/с, соответственно) и контактные давления выше 3000 МПа.

Конкретные агрегаты трансмиссии имеют свойственную им конструкцию, которая определяется характером работы и величиной передаваемого крутящего момента. Коробки передач, редукторы, раздаточные и другие коробки обычно состоят из цилиндрических шестерен с прямыми или косыми зубьями. Глав-

ные передачи некоторых машин имеют гипоидную конструкцию.

В зависимости от условий работы трущихся пар, узлы и агрегаты механической трансмиссии автомобилей можно разделить на две группы:

1. скорость скольжения сравнительно невелика, до 12 м/с, и нагрузка распределена относительно равномерно, не превышает 2100 МПа - это коробки передач и редукторы;

2. скорость скольжения велика, выше 15 м/с, и высокие нагрузки, более 2100 МПа - это главная гипоидная передача и механизм рулевого управления.

В связи с этим выпускаются и два основных класса масел, отличающиеся смазочной способностью и другими эксплуатационными свойствами. Эти классы трансмиссионных масел условно называются «маслами для коробок передач» (класс по API GL-4) и «маслами для гипоидных передач» (класс по API GL-5).

К трансмиссионным маслам предъявляют самые разнообразные эксплуатационные требования, подчас довольно противоречивые. Масла должны, с одной стороны, сохранять высокую вязкость при рабочих температурах, чтобы не разрушалась пленка и нормально уплотнялись зазоры, с другой - не становиться слишком вязкими при низких температурах окружающей среды, чтобы в начале работы агрегата холодное масло не препятствовало свободному вращению шестерен.

Общими требованиями для всех видов масел, предназначенных для механической трансмиссии, являются:

- снижение износа;
- снижение трения;
- отвод тепла от трущихся поверхностей;
- защита от коррозии;
- подавление вибрации и смягчение ударных нагрузок;
- удаление продуктов износа и загрязнений.

Наиболее важными и определяющими функциями для трансмиссионных масел являются противоизносные и антифрикционные. Для обеспечения нормальной работы передач масла состоят из базовых масел, отличающихся повышенными смазочными и определенными вязкостными свойствами с добавлением тщательно подобранного комплекса присадок.

Для снижения износа высоконагруженных механических

передач применяются более вязкие масла с эффективными противоизносными и противозадирными присадками, в иностранной литературе называемые EP присадками. В зоне высокого нагрева они выделяют активные элементы - хлор, серу, фтор, которые на трущихся поверхностях реагируют с металлом и образуют защитную пленку. Однако эти элементы способны вызывать коррозию деталей из сплавов меди (синхронизаторов, вкладышей подшипников), а также оказывать влияние на фрикционные свойства трущихся поверхностей. Поэтому масла с активными присадками, например гипоидные масла, не всегда могут быть применены для передач с деталями из цветных металлов или имеющих фрикционные элементы - механической коробки передач с синхронизаторами, самоблокирующегося дифференциала повышенного трения (LS дифференциал) и др. Эти обстоятельства вынуждают создавать либо специализированные масла, либо для повышения универсальности применять особые и более дорогие присадки и синтетические базовые масла. Универсальные трансмиссионные масла содержат активные присадки, которые одновременно способны образовать хемосорбционную пленку и являются малоагрессивными в отношении цветных металлов.

Фрикционные механизмы.

Фрикционные механизмы трансмиссии находятся в одном корпусе с другими механизмами передачи и работают в масле (фрикционные механизмы мокрого типа). В этом разделе рассматриваются только такие фрикционные механизмы.

В агрегатах трансмиссии автотранспортных средств имеются следующие фрикционные механизмы мокрого типа:

- синхронизаторы механической коробки передач;
- дисковые сцепления и ленточные тормоза (wet brakes, oil immersed brakes) автоматической коробки передач;
- фрикционные механизмы других гидромеханических передач;
- дисковая или коническая муфта (фрикцион) дифференциала повышенного трения (limited slip differential);
- дисковый фрикцион вязкостной муфты (viscous coupling);
- бесступенчатая фрикционная коробка передач (continuously variable transmission, CVT).

Требования к маслам, в которых работают фрикционные механизмы:

- низкая и постоянная вязкость в широком температурном интервале;
- обеспечение прочного контакта смыкающихся поверхностей;
- обеспечение необходимых статического и динамического коэффициентов трения при малой и большой скоростях скольжения;
- минимальная зависимость коэффициента трения от температуры;
- обеспечение смазывания в экстремальных условиях и одновременно предотвращение проскальзывания пар трения и подавление вибрации во включенном сцеплении.

От коэффициента трения зависит сила сцепления и качество работы фрикционных механизмов: плавное переключение и бесшумная работа передач во всех режимах вне зависимости от передаваемого крутящего момента и температуры. Масло должно обеспечить хорошее сцепление, предотвратить проскальзывания фрикционных дисков мощных сцеплений, например механизмов отбора мощности мобильной техники (independent power take-off (IPTO) clutch slippage). Такие строгие требования могут выполнить только масла очень высокого качества, чаще всего синтетические и содержащие необходимые модификаторы трения.

Масла с улучшенными фрикционными свойствами предназначены для гидромеханических передач, в которых имеются фрикционные механизмы, содержащие в описаниях определение «для тормозов мокрого типа» (wet brakes, oil-immersed brakes).

Фрикционные показатели качества трансмиссионных масел определяются на машине трения SAE No.2 (по стандартам США) или на аналогичной машине ДКА (по европейским стандартам).

Гидравлические и гидромеханические механизмы.

Передачи гидравлической трансмиссии - передачи, работа которых основана на превращении механической энергии в энергию течения потока жидкости в насосе с дальнейшим обратным преобразованием энергии потока жидкости в механическую энергию гидродвигателя или турбины. Самая простая гидродинами-

ческая передача состоит из двух центробежных рабочих колес - насосного и турбинного. При вращении колеса насоса масло непосредственно поступает на лопасти колеса турбины и передает вращательное движение. Такая передача называется гидравлическим сцеплением, гидравлической муфтой.

Гидротрансформатор состоит из двух рабочих колес, между которыми имеется неподвижное рабочее колесо для изменения направления потока жидкости, обеспечивающее трансформирование передаваемого крутящего момента. Гидротрансформаторы применяются в автоматических коробках передач.

Автоматические коробки передач.

Автоматическая коробка передач легкового автомобиля состоит из гидротрансформатора, через который вращательное движение передается от двигателя на зубчатую передачу, состоящую из одной или двух планетарных передач. Передачи переключаются при помощи дискового сцепления и ленточного тормоза мокрого типа. Управление осуществляется гидравлическим или электронно-гидравлическим устройством. Передачи переключаются автоматически в зависимости от подачи топлива, частоты вращения двигателя, скорости движения автомобиля и нагрузки.

В автомобилях с передним ведущим мостом автоматическая коробка передач размещается в одном корпусе с главной передачей и дифференциалом (automatic transaxle).

Автоматическая коробка передач автобусов, грузовых автомобилей и мощной мобильной техники является более сложной и имеет дополнительные механизмы: многоступенчатую планетарную передачу, гидродинамический замедлитель и др.

Планетарная передача, применяемая в автоматической коробке передач, отличается высоким передаточным числом, способностью суммировать несколько движений, тихой работой, малыми размерами и массой по сравнению с системой цилиндрических шестерен механической коробки передач. Нагрузка в них распределяется на несколько сателлитов, чаще всего на три, поэтому шестерни, подшипники и валы менее нагружены и более плавно принимают динамические нагрузки.

В автоматической коробке передач и других гидромехани-

ческих передачах переключение передач осуществляется при помощи мокрых дисковых сцеплений и ленточных тормозов.

Несмотря на технические преимущества автоматической коробки передач, они поглощают больше энергии, чем механические передачи, и расход горючего повышается примерно на 10 %.

Масло автоматической коробки передач (АТФ) должно выполнять функции:

- смазочного материала зубчатой передачи;
- жидкой среды фрикционных механизмов;
- рабочей жидкости гидравлических систем.

В связи с этим к маслу для гидромеханических передач предъявляются сложные, иногда противоречивые требования:

- смазывание и снижение износа подшипников и зубчатых передач,
- снижение трения сопряженных пар;
- обеспечение плавной работы фрикционных механизмов;
- передача крутящего момента в гидротрансформаторе;
- отвод тепла;
- защита от коррозии;
- отсутствие влияния на эластомеры;
- высокий индекс вязкости для обеспечения плавной и устойчивой работы во всем температурном интервале;
- устойчивость к пенообразованию.

Считают, что наиболее важными являются стойкость к окислению и фрикционные свойства. При окислении образуются малорастворимые осадки, которые могут засорять очень чувствительные поверхности трения сцепления и тормоза. Поэтому в масло наряду с противоокислительными вводятся и моющие присадки, способные создать устойчивую суспензию образующихся продуктов износа и окисления.

Отличия масел для автоматической и механической коробок передач.

Масла для автоматической коробки передач - особый вид масел с конкретными физико-химическими, вязкостными и эксплуатационными свойствами. Они не подразделяются ни на эксплуатационные, ни на вязкостные группы или классы.

Кроме отличия значений эксплуатационных свойств, масла

для автоматической коробки передач отличаются также малыми диапазонами отклонений от номинальных значений свойств. Высокий индекс вязкости обеспечивает высокую температурную стабильность вязкости, а высокая термоокислительная стойкость позволяет поддерживать стабильность других свойств во всем намеченном интервале службы.

Таблица 1.1.

Сравнение свойств жидкостей ATF и масел для механических передач (API GL-4)

Свойство	ATF	API GL-4
Вязкость при 40 °С, мм ² /с	35...38	50...150
Вязкость при 100 °С, мм ² /с	7...8	8...20
Индекс вязкости	160...200	100...180
Коэффициент статического трения (на машине SAE №2)	0,09	0,15...0,18
Коэффициент динамического трения (на машине SAE №2)	0,09	0,13...0,15

Другие гидромеханические узлы автотранспортных средств.

Гидравлический усилитель руля - усилитель, в котором масло из насоса через клапан управления приводит в движение поршень усилителя и облегчает проворачивание руля. Усилитель бывает независимым, когда выполнен отдельно от рулевой передачи, и интегральным, когда находится в одном корпусе с рулевой передачей. В обоих случаях для усилителя руля применяется масло автоматической коробки передач (ATF).

2. СВОЙСТВА МАСЕЛ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

2.1. Условия работы масел

Зубчатые передачи работают при высоком контактном давлении, высокой температуре и относительно больших скоростях перемещения трущихся поверхностей.

Трение деталей происходит в режиме граничной и полужидкой смазки. Жидкостное трение возникает лишь при благоприятных условиях в цилиндрических и конических зубчатых парах. Наиболее типичным повреждением шестерен, зависящим от свойств масел, является износ по толщине зуба вследствие истирания и заедания, а также выкрашивание вследствие питтинга.

Износ - результат изнашивания, определяемый в установленных единицах (длины, объема, массы и др.).

Изнашивание - процесс отделения материала с поверхности твердого тела при трении и (или) накопление его остаточной деформации, проявляющейся в постепенном изменении размеров и (или) формы тела.

Заедание - процесс возникновения и развития повреждений поверхностей трения вследствие схватывания и переноса материала.

Выкрашивание, или питтинг, - образование ямок на поверхности трения в результате отделения частиц материала при усталостном изнашивании.

Схватывание - явление местного соединения двух твердых тел, происходящее при трении вследствие молекулярных сил.

В обычных зубчатых передачах (цилиндрических, конических) удельное давление в зоне зацепления составляет $6000 \dots 20000 \text{ кг/см}^2$, а в гипоидных достигает 40000 кг/см^2 . В цилиндрических и конических передачах трущиеся поверхности при вращении колес взаимно обкатываются практически без скольжения, т.е. в полосе зацепления имеет место трение качения.

Трение качения - трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел одинаковы по величине и направлению, по крайней мере, в одной точке зоны контакта.

В гипоидных передачах происходит дополнительное скольжение вдоль зуба. Поэтому абсолютное значение результирующей

щей скорости скольжения в гипоидных передачах больше, чем в зубчатых передачах, и достигает 5...10 м/с. Самое неблагоприятное условие для создания масляного слоя между зубьями гипоидной передачи заключается в разности между скоростями качения и скольжения зубьев, что приводит к проскальзыванию поверхностей и повышению температуры в зоне контакта. Температура масла в зоне контакта зубьев достигает 350...400 °С.

Трение скольжения - трение движения, при котором скорости соприкасающихся тел в точках касания различны по величине и направлению или по величине или направлению.

Трение качения с проскальзыванием - трение движения двух соприкасающихся тел при одновременном трении качения и скольжения в зоне контакта.

Температура масла в зоне контакта.

Температура масла в картере трансмиссии зависит от количества энергии, расходуемой на трение в данном агрегате, и от интенсивности отвода тепла в окружающую среду. Энергия трения зависит от мощности, передаваемой через агрегат, а отвод тепла является функцией окружающего воздуха.

В трансмиссиях автомобилей различают три рабочих температуры масла в картере:

- минимальная температура, соответствующая температуре окружающего воздуха в момент начала работы агрегата;
- средняя, представляющая преобладающую эксплуатационную температуру;
- максимальная, наблюдаемая при работе агрегата при наиболее высоких температурах воздуха.

Для средней климатической зоны указанные температуры составляют, соответственно, минус 40 °С, плюс 10...20 °С и плюс 70 °С.

При высокой температуре в зоне контакта зубьев (от 320...330 °С) начинается задиранье зубьев.

Задир - повреждение поверхности трения в виде широких и глубоких борозд в направлении скольжения.

Под действием повышенных температур и катализаторов в виде металлических частиц износа масло окисляется, в результате чего в нем появляются сгустки (осадки) и повышается вязкость. Образование продуктов окисления особенно вредно для

гидротрансформаторов, так как в них масло протекает через отверстия с малым диаметром. В зависимости от конструкции и режима работы температура масла в гидротрансформаторе поднимается до 130 °С, а в отдельных случаях до 175 °С.

Контакт и смешение масла с воздухом при одновременном воздействии повышенных температур приводит к его окислению с образованием кислых продуктов и отложений, которые могут забивать трубки и отверстия и нарушать работу агрегата.

2.2. Эксплуатационные свойства

Для обеспечения надежной и эффективной работы узлов и агрегатов трансмиссий, масла должны обладать целым комплексом положительных эксплуатационных свойств: высокой смазывающей способностью, которая обеспечивается хорошими противоизносными и антифрикционными свойствами; высокой термической стойкостью и стойкостью к окислению; антикоррозионной стойкостью; совместимостью с уплотнителями; стойкостью при хранении и взаимосмешиваемостью.

2.2.1. Смазывающая способность

Смазывающая способность трансмиссионного масла характеризует особенности и результат процессов трения и проявляется в способности масла снижать сопротивление движению (уменьшать силы трения) и предупреждать изнашивание трущихся деталей в условиях жидкофазного и граничного режимов.

Жидкофазная смазка - смазка, при которой разделение поверхностей трения деталей, находящихся в относительном движении, осуществляется жидким смазочным материалом.

Граничная смазка - смазка, при которой трение и износ между поверхностями, находящимися в относительном движении, определяются свойствами поверхностей и свойствами смазочного материала, отличными от объемных.

Смазывающая способность масла должна находиться в соответствии с тем режимом трения, который имеет место в каждом

конкретном случае смазки.

Все свойства смазочного материала, обеспечивающие снижение затрат энергии на трение и уменьшение изнашивания механизмов, можно разделить на две большие группы свойств: противоизносные и антифрикционные.

Противоизносные свойства. Заключаются в способности масел снижать процесс изнашивания трущихся деталей за счет образования на них граничного слоя, препятствующего непосредственному контакту трущихся деталей.

Изнашивание деталей происходит в результате механического, абразивного, гидроабразивного, коррозионно-механического и окислительного воздействия на трущиеся поверхности.

Известны два основных механизма противоизносного действия граничного слоя: расклинивающее действие и модифицирующее действие. Смазочные материалы, проявляющие эти действия, обладают, соответственно, расклинивающими и модифицирующими свойствами.

Расклинивающие свойства масла - способность создавать граничный слой, обеспечивающий высокое сопротивление сближению контактирующих поверхностей твердых тел под действием нормальной нагрузки и малое сопротивление тангенциальным силам сдвига. Это связано с полярностью молекул и наличием в них гидроксильных, карбоксильных и других функциональных групп, содержащих кислород, серу, азот, хлор и др. ПАВ-ы образуют с поверхностью трения граничную пленку, которая сопротивляется своему утоньшению и развивает противодействие (отталкивание) пленкой. К ПАВ-м относятся высокомолекулярные кислоты, сернистые соединения, смолистые вещества, жирные кислоты, эфиры, животные жиры и растительные масла. Расклинивающее действие углеводов возрастает с увеличением их вязкости, плотности, теплоты смачивания, краевого угла смачивания. Эти показатели служат косвенными характеристиками противоизносных свойств.

Модифицирующие свойства (полирующие) - способность отдельных элементов смазочного материала взаимодействовать с металлом с образованием новых веществ, отличающихся по механическим свойствам от основного металла. В маслах таких

компонентов нет. Они вводятся с присадками, обладающими полирующими свойствами. Это вещества, содержащие серу, хлор, фосфор, а также различные соединения металлов, органические соединения молибдена и др. В результате химического взаимодействия с поверхностью металла образуются новые продукты, отличающиеся более низкой температурой плавления и пластичностью. Сера, например, образует сульфиды металла. Температура плавления сульфида железа на $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, а фосфида железа на $515\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже температуры плавления железа. Течение сплава в местах контакта производит химическое полирование поверхности, в результате чего удельное давление и температура снижаются.

Противозадирные свойства - способность смазочного материала предотвращать повреждение трущихся поверхностей в направлении скольжения в виде широких и глубоких борозд, которое называется задиром. Задир может произойти в результате процессов схватывания или заедания поверхностей при трении.

Противоизносные свойства трансмиссионного масла повышают путем увеличения вязкости, сохранения в базовом масле природных полярно-активных веществ.

При установлении требований к величине вязкости трансмиссионных масел исходят из необходимости обеспечения высоких противоизносных свойств и предотвращения утечек, с одной стороны, уменьшения затрат энергии на трение и улучшения пусковых свойств - с другой.

Чем выше вязкость, тем лучше противоизносные свойства и тем большую нагрузку могут выдержать трущиеся детали.

На улучшение несущей способности масляного слоя благоприятно сказывается местное повышение вязкости в зоне высокого давления.

Несущая (нагрузочная) способность - свойство масла сохранять пленку масла на поверхностях трения и предохранять их от интенсивного износа и схватывания под воздействием большой нагрузки, скорости и температуры. Несущая способность принята за основу при классификации трансмиссионных масел для механических передач (ГОСТ 17479.2-85).

Трансмиссионные масла для зубчатых передач отличаются от моторных масел повышенной вязкостью $20\text{...}30\text{ сСт}$ при

100 °С.

Для улучшения противоизносных свойств трансмиссионных масел при их приготовлении используют неочищенные остатки от прямой перегонки нефти, которые содержат естественные полярно-активные вещества: смолы, асфальтены, сернистые и кислородные соединения. Используют также экстракты от селективной очистки моторных масел.

Повышение нагрузок и температуры вызывает необходимость введения в масло расклинивающих присадок.

В связи с невозможностью использования в гидромеханических трансмиссиях высоковязкого масла единственным оказывается использование маловязких масел (жидкостей) и эффективных противоизносных присадок.

Характеристики противоизносных свойств. Существуют две группы характеристик противоизносных свойств смазочных материалов.

Первая группа - характеристики, непосредственно оценивающие противоизносные свойства, полученные на лабораторных машинах трения; на стендах, имитирующих рабочие узлы шестеренчатых и червячных передач, подшипники скольжения или качения; на стендах с реальными отдельными агрегатами трансмиссий.

Вторая группа - характеристики, позволяющие косвенно судить о противоизносных свойствах смазочных материалов.

К прямым характеристикам относятся:

критическая температура - температура, при которой разрушается или плавится адсорбированный слой смазки. Это мера прочности граничной пленки при переходе к сухому трению, которая обычно не превышает 200 °С;

критическая нагрузка - давление, при котором происходит резкое увеличение коэффициента трения за счет разрушения или плавления адсорбированного граничного слоя смазки;

критическая нагрузка сваривания - давление, при котором происходит прочное соединение двух трущихся поверхностей металла в форме сваривания;

критическая нагрузка заедания - давление, при котором возникают и развиваются повреждения поверхностей трения вследствие схватывания и переноса материала;

показатели износа - результаты изнашивания, измеряемые в единицах длины и массы путем обмера или взвешивания изнашиваемых деталей, или определением качества продуктов износа в испытуемом смазочном материале;

скорость изнашивания - отношение показателя износа к интервалу времени, в течение которого возник износ;

интенсивность изнашивания - отношение показателя износа к обусловленному пути, на котором происходило изнашивание, или объему выполненной работы;

обобщенный показатель износа (ОПИ) - показатель, учитывающий нагрузки истирания, задира и сваривания, представляющий собой среднее отношение осевых нагрузок к соответствующим показателям износа в области 20 последовательных нагрузок, предшествующих нагрузке сваривания.

К косвенным характеристикам относятся:

массовая доля активных элементов, содержащихся в масле после добавления в него противоизносных присадок. Количество активных элементов должно быть в каждом случае оптимальным, так как их недостаток снижает противоизносные свойства, а избыток может привести к увеличению коррозионной агрессивности масла;

показатели физико-химических свойств масла (содержание сернистых и смолистых веществ, плотность, вязкость, кислотность, содержание воды, краевой угол смачивания) позволяют косвенно прогнозировать противоизносные свойства масла.

Например, присутствие в трансмиссионном масле воды значительно изменяет (преимущественно ухудшает) противоизносные и противозадирные свойства. Вода оказывает существенное влияние на химические процессы, протекающие на границе раздела фаз. Наибольшие изменения наблюдаются при содержании воды в масле 0,5...2 %.

Наличие воды в объеме масла способствует гидролизу присадок определенного химического состава, в результате чего их химическая активность возрастает. Вода участвует в формировании граничного слоя на поверхности металла и может привести к интенсивному коррозионно-механическому изнашиванию и задиру пар трения.

Антифрикционные свойства - способность масла умень-

шать затраты энергии в механизмах и агрегатах трансмиссии. Затраты энергии на трение зависят от коэффициента трения;

Коэффициент трения - отношение силы трения между двумя телами к нормальной силе, прижимающей эти тела друг к другу;

Сила трения - сила сопротивления при относительном перемещении одного тела по поверхности другого под действием внешней силы, тангенциально направленная к общей границе между двумя телами.

При гидродинамическом режиме трения затраты на преодоление сил трения будут определяться только силами внутреннего трения масла - вязкостью.

При граничном режиме трения затраты энергии на трение будут определяться коэффициентом трения, который зависит не только от вязкости масла, но и от свойств граничного слоя масла, т.е. от свойств поверхности.

Уровень антифрикционных свойств трансмиссионного масла зависит от его состава, условий работы узла трения (температура, давление, скорость относительного перемещения поверхностей трения), конструкции и материала деталей трансмиссии.

Основным показателем антифрикционных свойств масел является вязкость.

2.2.2. Вязкость и вязкостно-температурные свойства

Вязкость - это объемное свойство жидкого, полужидкого или полутвердого вещества, способное оказывать сопротивление при течении.

Вязкость зависит от химического состава масла, высших факторов температуры, давления (нагрузки) и скорости сдвига. Поэтому рядом с числовым значением вязкости всегда должны указываться условия определения вязкости.

Кинематическая вязкость характеризует текучесть масел при нормальной и высокой температурах. Стандартными температурами приняты 40 °С и 100 °С. Определяется стандартным капиллярным вискозиметром по времени истечения масла при фиксированной температуре. Единицы измерения - стокс (Ст) или

сантистокс (сСт) = мм²/с.

Динамическая вязкость характеризует текучесть масел в реальных условиях работы, обычно при крайних значениях температур и скорости сдвига.

Низкотемпературная вязкость выражается несколькими характеристиками:

- вязкость при наиболее низкой температуре, обеспечивающая работу трансмиссии в холодное время;
- вязкость при наиболее низкой температуре, обеспечивающая перекачку масла без подогрева;
- вязкость при низкой температуре и низкой скорости сдвига;
- условная низкотемпературная вязкость при низкой скорости сдвига.

Динамическая вязкость определяется ротационным вискозиметром. Единицы измерения динамической вязкости - $\eta = \text{ПУАЗ (П)}$ или сантипуаз (сП), сП = МПа·с. Высокотемпературная вязкость выражается несколькими характеристиками:

- кинематической вязкостью при низкой скорости сдвига;
- кинематической вязкостью при высокой температуре и высокой температуре и высокой скорости сдвига, определяемая при 150 °С и скорости сдвига 10⁶ с⁻¹;
- сдвиговой стабильностью, или способностью масла выдерживать стабильную вязкость при продолжительном действии высокой деформации сдвига.

Вязкость масла уменьшается при повышении температуры. Величина вязкости всецело определяется его групповым углеводородным и фракционным составом.

Низкотемпературные свойства трансмиссионного масла определяются температурой застывания. Это критическая точка, ниже которой масло теряет подвижность и не может выполнять функции смазывания. Температура застывания хотя и не включена в комплекс вязкостных показателей по SAE, но является одной из важнейших характеристик масел, особенно при эксплуатации в условиях холодного климата.

Температурная зависимость вязкости.

Температурный режим трансмиссионных масел тяжелый. Рабочая температура агрегатов трансмиссии достигает 150 °С и

выше, а температура старта автомобиля может быть низкой, в зависимости от температуры окружающей среды. При высокой температуре масло должно быть достаточно вязким для поддержания прочности высоконагруженной масляной пленки. Индекс вязкости масел должен быть высоким. Повышение индекса вязкости путем введения полимерных загустителей для трансмиссионных масел не всегда приемлемо ввиду высоких деформаций сдвига в нагруженных элементах передач. Для повышения индекса вязкости высококачественных масел применяются минеральные базовые масла гидрокрекинга или синтетические.

Затраты энергии на трение зависят от величины вязкости и температуры застывания трансмиссионного масла.

Фактическая рабочая вязкость в агрегатах трансмиссии зависит от температуры окружающей среды и эксплуатационной температуры масла в объеме картера.

По минимальной температуре масла определяют предельное значение вязкости, обеспечивающее пуск механизма без подогрева масла. Это значение устанавливается экспериментально для каждого вида трансмиссии и мощности двигателя. Для автомобильных трансмиссий предельное значение вязкости составляет 4500 П.

Средняя эксплуатационная температура позволяет выбрать вязкость масла с минимальными потерями энергии на трение. Для автомобильных трансмиссий максимальная рабочая вязкость, не вызывающая значительных затрат на трение, составляет 10...20 П.

В гидромеханических трансмиссиях масло движется с большой скоростью (80...100 м/с) в узких каналах между лопатками насосного и направляющего колес и турбины. Для снижения энергетических затрат на преодоление внутреннего трения вязкость масла должна быть возможно более низкой во всем диапазоне рабочих температур. Практически вязкость масел для гидромеханических трансмиссий должна быть 4...8 сСт.

Максимальная температура масла предопределяет выбор минимально допустимой вязкости для предотвращения значительных утечек через неплотности агрегатов трансмиссии. Если вязкость масла в автомобильных трансмиссиях не ниже 25...30 сСт, заметной утечки масла не происходит. Нижний пре-

дел вязкости масла для гидромеханических трансмиссий (который составляет 3...5 сСт) устанавливаются по соображениям возникновения кавитации и подтекания масла через уплотнения.

По максимальному и минимальному значениям вязкости масла для агрегатов трансмиссий и кривой зависимости вязкости от температуры можно определить температурную область применения данного масла. Чем шире эта область, тем лучше эксплуатационное свойство масла.

Таким образом, вязкость трансмиссионных масел является комплексным показателем и характеризует поведение масла как при температуре установившегося режима работы, так и при запуске холодного автомобиля. Она характеризуется двумя показателями:

- **кинематической вязкостью** при рабочей температуре в сСт при 100 °С.

- **минимальной температурой работоспособности масла**, ниже которой динамическая вязкость масла превышает 150000 сП (150 Па·с) и не обеспечивает надежное смазывание трансмиссии.

Энергетические потери в трансмиссии составляют до 20 % всей потребляемой мощности автомобиля. Уменьшение вязкости трансмиссионных масел является одним из путей увеличения экономичности автомобиля. Вязкое масло затрудняет плавное движение холодного автомобиля, труднее проникает в узкие зазоры между поверхностями трения.

2.2.3. Термостабильность и стойкость к окислению

Углеводородные соединения масел способны окисляться. Окисление ускоряется при повышении температуры, увеличении доступа кислорода при перемешивании с воздухом, каталитическом воздействии ионов металлов (особенно цветных), механическом напряжении при большой скорости сдвига и др.

Окисление масла при высокой температуре называется термоокислением, а способность противостоять окислению - антиокислительной стабильностью (oxidation stability).

Окисление углеводородов является многостадийным про-

цессом. В начале окисления накапливаются исходные продукты - перекиси, которые впоследствии резко ускоряют процесс. Первый этап заметно не изменяет физических свойств масла и называется индукционным периодом. Его продолжительность служит показателем стойкости масла к окислению.

После индукционного периода начинаются самоускоряющиеся реакции окисления, заметно изменяющие химические и физические свойства масла. Образуются кислоты, смолы, увеличивается вязкость масла. На нагретых поверхностях образуются отложения, которые могут привести к повышенному износу. Кислые продукты окисления способствуют коррозии деталей.

В итоге термоокислительные процессы ухудшают эксплуатационные свойства, и поэтому стойкость к окислению является одним из основных эксплуатационных свойств масел.

Термоокисление масла в реальных условиях эксплуатации автомобиля является сложным и зависит от многих факторов: температуры масла и деталей двигателя (трансмиссии), взаимодействия с продуктами сгорания и др.

Для оценки окислительной стойкости моторных и трансмиссионных масел используются лабораторные, стендовые и моторные испытания.

Лабораторные испытания применяются для прогнозирования срока службы масла и поведения масла во время эксплуатации. Они проводятся при разработке новых масел с базовыми маслами и готовыми продуктами с целью определения эффективности присадок. Антиокислительная стабильность оценивается несколькими стандартными методами и большим числом методов, разработанных отдельными компаниями.

Основные характеристики термоокислительной стабильности:

- индукционный период окисления;
- стойкость к термоокислению;
- склонность к коксованию;
- изменение щелочного числа.

Индукционный период окисления определяется по скорости расхода кислорода и применяется для моторных масел. Метод TFOUT, ASTM D 4742 «Испытание окислительной стабильности моторных масел для бензиновых двигателей методом по-

глощения кислорода тонким слоем».

Стойкость к термоокислению (ГОСТ 23175-78) - показатель, оценивающий стойкость моторного масла к образованию нагара на горячих поверхностях ЦПГ. Измеряется временем в мин, в течение которого масло при температуре 250 °С превращается в остаток, состоящий из 50 % фракций масла и 50 % нагара.

Склонность к коксованию (коксуемость) - свойство образовывать твердый кокс при нагревании масла без доступа кислорода. Определяется по методу Конрадсона, стандарты: ГОСТ 19932-74, ISO/DIS 6617, DIN 51352, ГОСТ 8852-74, DIN 51551.

Трансмиссионное масло во время работы не подвергается такому перегреву, как моторное, но рабочие условия являются жесткими:

- постоянно высокая температура до 150 °С;
- интенсивное перемешивание;
- наличие цветных металлов - возможных катализаторов окисления;
- влияние больших нагрузок и высокой скорости сдвига.

При стендовом испытании трансмиссионное масло легковых автомобилей подвергается окислению в шестеренчатой машине.

Американский стандарт CRC L-60 (FTM 2504) «Метод испытания стойкости к термическому окислению TOST» (Thermal Oxidation Stability TEST) оценивает изменение свойств трансмиссионного масла при воздействии сильного окисления. Определяется увеличение вязкости, общего кислотного числа и нерастворимой части масла.

В Европе стойкость к окислению трансмиссионных масел оценивается стандартом CEC L-48-A-95 «Определение окислительной стабильности масел, используемых в коробках передач автомобилей, путем искусственного старения».

Масла (жидкости) для автоматических коробок передач (АТФ) должны иметь высокую стойкость к термоокислению. Как и в трансмиссионных маслах механических передач, рабочая температура жидкостей АТФ достигает 150 °С и более. Жидкости подвергаются интенсивному перемешиванию в присутствии катализирующих окисление сплавов меди. При этом жидкости АТФ

должны иметь большой ресурс работы (интервал замены через 30000...50000 км пробега). Кроме того, автоматическая коробка передач - агрегат высокой точности, работа которого в значительной степени зависит от чистоты деталей. Любые отложения продуктов окисления масла могут испортить автоматическую коробку передач.

Стойкость к термоокислению жидкостей Dexron определяется при помощи лабораторной машины «GM» («General Motors») окислением жидкости при 135 и 163 °С. Жидкости Mercon исследуются при помощи прибора ABOT (Aluminum Beaker Oxidation Test) компании «Ford Motor».

2.2.4. Антикоррозионные свойства

Коррозия металлов является основной причиной преждевременного разрушения конструкционных материалов трансмиссии. Коррозия сопровождает процессы образования отложений и изнашивания деталей механизмов. В конечном результате коррозия снижает эффективность и надежность техники, ухудшает эксплуатационные свойства масла.

Трансмиссионные масла должны исключать коррозию не только в процессе работы машины, но и в нерабочем состоянии.

Коррозионная стойкость масел оценивается методикой в условиях переменного контактирования с воздухом. Результат коррозии оценивается потерей массы испытуемой пластинки металла относительно ее поверхности в г/м² в заданных условиях испытания.

Хорошими антикоррозионными свойствами обладают присадки, содержащие сульфонат кальция, окисленный петролатум, нейтрализованные нитрованные масла.

Лабораторными методами коррозионные свойства масла оцениваются по следующим характеристикам:

- содержанию водорастворимых кислот и оснований;
- кислотному числу;
- содержанию серы;
- содержанию воды;
- характеру коррозии медной пластинки.

При моторных и стендовых испытаниях антикоррозионные свойства определяются совместно с другими характеристиками масла.

Коррозионность масла чаще всего определяется методом металлической пластинки. Коррозионные соединения не одинаково действуют на разные металлы. Испытанию подвергаются только те металлы, которые наиболее чувствительны к коррозии и контактируют с маслом.

Коррозийность трансмиссионного масла определяется отдельно для меди, медных сплавов и стали. Коррозия цветных металлов оценивается на пластинах при выдерживании их в течение установленного времени в горячем масле с последующей визуальной оценкой повреждения поверхности и изменения цвета или структуры поверхности.

Противозадирные EP присадки трансмиссионного масла, содержащие активные соединения серы, хлора и фосфора, являются агрессивными в отношении медных сплавов, поэтому коррозийность трансмиссионного масла определяется пробой медной пластинки по ISO 2160, ASTM D 130, ГОСТ 2917-76 и др. Медный стержень выдерживается в течение 3 ч в масле при температуре 150 °С (или в других стандартных условиях) с последующей оценкой (в баллах) поверхности на интенсивность коррозии и на цвет. Интенсивность побежалости обозначается в цифрах (1 - слабая побежалость, 2 - умеренная побежалость, 3 - сильная побежалость, 4 - коррозия), а цвет - в буквах (a, b, c, d, e). Например, балл «2с» означает поверхность средней интенсивности (2) с фиолетово-синими и серебряными пятнами (с). Масло считается непригодным, если на поверхности медной пластины появляются зеленоватые, темно-серые, коричневые, черные пятна, отложения или поверхность покрывается пленкой. Жидкости автоматической трансмиссии пригодны к применению, если повреждение медного стержня не превышает 1b.

При испытании стальной пластинки масло считается пригодным, если на поверхности нет точек и пятен коррозии, замечаемых невооруженным глазом (по ASTM D 1748, ГОСТ 2917-76). Коррозийность масла в присутствии воды определяется по стандарту ASTM D 665/Ргос.А и ГОСТ 19199-73 и оценивается терминами «соответствует» или «несоответствует».

Защитные свойства масел - способность масел предохранять от коррозии ржавления - определяются по двум методам:

- CRC L-33 (FTM 5326.1) «Определение способности трансмиссионного масла подавлять коррозию, вызываемую влагой» (Axle test to determine moisture corrosion protection of gear lubricants). Условия испытаний: дифференциал «Spicer» прокручивается в течение 4 ч при частоте вращения 2500 мин^{-1} и температуре $82 \text{ }^\circ\text{C}$; в последующем узел выдерживается 7 дней при температуре $52 \text{ }^\circ\text{C}$, масло сливается, узел разбирается и осматривается. Для соответствия требованиям по категориям качества трансмиссионного масла допускаются следы ржавчины на крышке и никакой ржавчины на шестернях.

- CRC L-13 (FTM 5315.1) «Определение подавления коррозии в присутствии воды универсальными трансмиссионными маслами». Условия: два стальных стержня, очищенные струей песка, прокручиваются в масле, содержащем 2,5 % воды, в течение 4 ч при температуре $83 \text{ }^\circ\text{C}$. Степень ржавления определяется визуально.

2.2.5. Склонность к пенообразованию

Пенообразование - процесс образования пены при интенсивном перемешивании и взбалтывании работающего масла. Пена ухудшает смазывающие и защитные свойства масла, ускоряет окисление, уменьшает производительность масляного насоса. Интенсивность пенообразования и стабильность пены зависит от химического состава масла, вязкости, поверхностного натяжения, наличия присадок, условий эксплуатации и др. При повышении температуры и уменьшении плотности масла интенсивность пенообразования повышается, но стабильность пены уменьшается. Меньше пенятся масла низкой вязкости. Моющие, вязкостные, противоизносные, антикоррозионные присадки усиливают пенообразование. Пенообразование проявляется как в моторных, так и в трансмиссионных маслах и гидравлических жидкостях. Причина пенообразования трансмиссионных масел при высоких оборотах шестерен - интенсивное перемешивание с воздухом. Агрегаты трансмиссии рассчитаны на образование некоторого количе-

ства пены, которая не должна выходить через сапуны. Пенообразование усиливается при наличии в масле воды. Прорыв масляной пены является первым признаком присутствия воды в масле.

Пенообразование масла, определяемое по стандарту ASTM D 892, оценивается двумя показателями: **склонностью к пенообразованию и стабильностью пены**. Количество пены (мл), образующееся в масле в градуированном мерном цилиндре, прогретом до 24 °С и продуваемом воздухом в течение 5 мин, называется склонностью к пенообразованию (foaming tendency). Оставшийся объем пены (мл) после 10 мин называется стабильностью пены.

Более строгие требования по пенообразованию предъявляются к жидкостям для автоматических коробок передач. Для Dexron III оно определяется по методике «General Motors» (GM).

Пенообразование уменьшается в присутствии специальных присадок, особенно силиконовых жидкостей.

2.2.6. Совместимость с эластомерами

Стойкость эластомерных деталей (сальников, манжет, прокладок и др.) при продолжительном контакте с маслом оценивается в зависимости от состава и типа эластомера.

Так как в эластомеры вводят противоокислительные, антифрикционные и другие добавки, при воздействии масла и смазки эластомерные детали могут набухать, терять свою эластичность или твердеть. Интенсивность старения зависит от свойств эластомеров, химического состава масла и температуры. Эластомеры быстро стареют при воздействии на них продуктов окисления масла. Отрицательное влияние на эластомеры, особенно при повышенной температуре, оказывают противозадирные (EP) присадки. Сера, входящая в состав таких присадок, вулканизирует резину, которая от этого твердеет и уменьшается по объему. Воздействие масла для гипоидных передач на эластомеры всегда проверяется. В лучшем случае изменение объема эластомеров не должно превышать 6 %, на практике допускается до 15 %.

Воздействие масла на эластомеры определяется стандартными методами по CEC L-39-X-95, ISO 1817, DIN 53521,

ASTM D 471. ASTM D 2240, IP 278, ГОСТ 9.030 и др. Оценивается, например, изменение свойств образцов четырех эталонных резин при выдерживании их в масле в течение установленного времени при определенных условиях.

Оценочные показатели:

- увеличение твердости, ед. DIDC;
- изменение напряжения разрыва, %;
- изменение удлинения до разрыва, %;
- изменение объема, %, (увеличение (+), уменьшение (-)).

2.3. Оценка качества масел

Основные критерии при выборе масла для механической трансмиссии:

- степень вязкости SAE;
- класс качества и назначения.

При выборе масла в районах с холодным климатом следовало бы обратить внимание на температуру застывания.

В листах данных в списке типовых характеристик трансмиссионных масел наряду с классом вязкости по SAE обычно представляются следующие параметры:

- плотность;
- кинематическая вязкость при 40 °С;
- кинематическая вязкость при 100 °С;
- индекс вязкости;
- вязкость по Брукфильду;
- температура вспышки;
- температура застывания.

Эти показатели не характеризуют эксплуатационные свойства масел и являются ориентационными при выборе масла по вязкости и температуре замерзания, а также для идентификации.

При определении класса качества трансмиссионных масел определяются следующие эксплуатационные показатели:

несущая способность: повреждение шестерен при низкой скорости и большом вращающем моменте; задир шестерен при высокой скорости и ударных нагрузках; нагрузка до появления задира прямозубой цилиндрической шестерни;

термическая стойкость и стойкость к окислению: термическая стойкость и стойкость к окислению; чистота деталей; высокотемпературная циклическая стойкость;

пенообразование;

антикоррозионная стойкость: испытание на коррозию медной пластинки; защита от коррозии в присутствии воды;

совместимость с уплотнителями;

стойкость при хранении;

взаимосмешиваемость.

Методы испытаний.

Американские методы испытаний масел регламентируются стандартами США (ASTM, CRC и FTM). Некоторые европейские производители машин (OEM) вносят свои коррективы и дополнения. Наиболее значительны спецификации «Zahnradfabrik Friedrichshafen», «Volkswagen», «Mercedes-Benz». Другие компании если и не оглашают своих дополнительных спецификаций, требуют применять только масла, получившие их лицензии, например, «Opel», «Renault», BMW и др.

Каждая категория качества масла API проверяется по отдельному комплексу испытаний, который может дополняться другими методами, если производители автомобилей или трансмиссионных агрегатов требуют качества выше, чем установлено категориями масел и жидкостей API.

Соответствие качества трансмиссионных масел выдвигаемым требованиям и пригодность трансмиссионных масел для механических шестеренчатых передач определяется на стендах, имитирующих работу трансмиссии. Ниже приводятся некоторые лабораторные и стендовые испытания качества трансмиссионных масел.

Спецификации MIL.

Спецификации трансмиссионных масел Вооруженных сил США были первыми, широко признанными во многих странах мира. На основе этих спецификаций были разработаны не только стандарты категорий качества API, но и спецификации почти всех производителей машин. В спецификациях MIL предусмотрена целая система химических, физических и стендовых испы-

таний, позволяющих оценить свойства трансмиссионных масел.

Спецификации OEM's.

Как и в случае моторных масел, некоторые производители автомобилей, передач и других агрегатов трансмиссий выдвигают дополнительные требования к трансмиссионным маслам. Эти требования оформляются в виде заводских (фирменных) стандартов - спецификаций. Чаще всего в спецификациях изготовителей машин требуется проведение дополнительных испытаний, не предусмотренных в общей спецификации, или когда значение нормативного показателя является недостаточным для изготовителя машин. После проведения соответствующих испытаний производители масел получают подтверждения в виде документа о соответствии конкретной марки масла дополнительным требованиям. Кроме того, производители машин включают эти масла в список допускаемых к применению материалов. На этикетке и в описании конкретного масла указывается номер спецификации производителя машин, который является официальным заявлением о признании соответствия масла требованиям изготовителя машин. При необходимости поставщик масла обязан предоставить покупателю копию подтверждающего документа или его номер. Кроме того, представитель изготовителя машин должен иметь список утвержденных материалов, по которому определяется действительность маркировки масла.

Испытания жидкостей ATF.

Жидкости для автоматической трансмиссии (ATF) - это хорошо очищенные и специально подобранные минеральные или синтетические масла с присадками, придающими маслу требуемые свойства. Статический и динамический коэффициенты трения должны иметь постоянные значения в ходе всей эксплуатации для обеспечения легкого переключения передач и избежания рывков при работе трансмиссии. Плавная работа трансмиссии без рывков обеспечивается применением модификаторов трения, которые вводятся почти во все жидкости гидродинамических передач и имеют особое значение для жидкостей автоматической коробки передач. Параметры трения жидкостей автоматической коробки передач определяются в машине трения SAE №2. Высокий

индекс вязкости (180 и более) обеспечивается модификаторами индекса вязкости или специально подобранными базовыми минеральными или синтетическими маслами. Пенообразование должно быть минимальным при самых больших оборотах и нагрузках. Жидкости для автоматической трансмиссии должны обладать быстрой деаэрацией (выделением воздуха). Противоокислительная стойкость должна обеспечить стабильность свойств масла в ходе всего периода эксплуатации масла (30000...50000 км пробега).

Для улучшения смазочных свойств вводятся противоизносные и разделяющие присадки.

Обобщая вышеизложенное, можно отметить следующие основные требования к качеству жидкостей для автоматической трансмиссии:

- статический и динамический коэффициенты трения должны быть стабильными в течение всего периода эксплуатации жидкости;
- хорошие низкотемпературные свойства;
- высокий индекс вязкости;
- хорошие противоизносные свойства;
- высокая стойкость к окислению при высокой температуре и интенсивном перемешивании с воздухом;
- хорошие диспергирующие и моющие свойства;
- хорошие антикоррозионные свойства;
- малое пенообразование и хорошая деаэрация;
- хорошая совместимость с прокладками и деталями из синтетических эластомеров полимеров.

3. МЕЖДУНАРОДНЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ

3.1. Классификация по вязкости

Стандарт SAE J306.

Для классификации трансмиссионных масел по вязкости наибольшее распространение и признание в мире получила система, разработанная Американским Обществом Автомобильных Инженеров - SAE. Она описывается стандартом SAE J306 «Классификация вязкости трансмиссионных масел для ведущих мостов и механических коробок передач» (Axle and Manual Transmission Lubricant Viscosity Classification). Вязкость масла выражается в условных единицах - степенях вязкости по SAE.

Спецификация SAE J306 (табл. 3.1) используется производителями автомобильных трансмиссий при определении и рекомендации трансмиссионных масел для ведущих мостов и механических коробок передач, а также производителями масел при разработке новых составов, производстве и маркировке готовых продуктов.

Информация о рекомендованных к применению вязкостях трансмиссионных масел заносится в руководство по обслуживанию автомобиля, на основании которого пользователь выбирает соответствующий продукт в ассортименте смазочных материалов.

Вязкость трансмиссионного масла должна выбираться с учетом наибольшей и наименьшей температур окружающей среды, при которых планируется эксплуатация автомобиля. Исходя из этих соображений классификация SAE J306 основана на показателях низкотемпературной и высокотемпературной вязкостей.

Показатель низкотемпературной вязкости оценивается путем определения температуры, при которой вязкость масла по Брукфильду достигает значения 150000 сР. Вязкость определяется по методу ASTM D2983-87(1993) «Стандартный метод определения низкотемпературной вязкости автомобильных масел путем измерения на вискозиметре Брукфильда» (Standard Test Method for Low-Temperature Viscosity of Automotive Fluid Lubricants Measured by Brookfield Viscometer).

**Степени вязкости масел для механических трансмиссий
(SAE J306 JUL98)**

Степень вязкости по SAE	Максимальная температура при вязкости 150000 сП, °С ^{(a), (e)}	Вязкость при 100 °С, мм ² /с ^(b)	
		min ^(c)	max
70W	-55 ^(d)	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	-

Примечания: (a) По методике ASTM D2983.

(b) По методике ASTM D445.

(c) Лимит должен выдерживаться после 20-ти часов испытания SAE L-45-T-93, Method C.

(d) Метод ASTM D2983 не обеспечивает необходимой точности при измерениях ниже - 40°С. Этот факт должен быть учтен потребителями.

(e) Дополнительные требования к низкотемпературной вязкости могут быть предъявлены к жидкостям, предназначенным для использования в легконагруженных синхронизированных МКПП (легковые автомобили, микроавтобусы).

Значение вязкости 150000 сР, используемое для определения низкотемпературных свойств трансмиссионных масел, выбрано по результатам серии реальных испытаний на мостах различной конструкции. Эти тесты показали, что при вязкости трансмиссионных масел более 150000 сР наблюдались разрушения подшипников вала-шестерни. Следует отметить, что подобные разрушения могут наблюдаться и при меньших вязкостях, в зависимости от конструкции мостов. Именно по этой причине следует четко соблюдать рекомендации производителей автомобиля или трансмиссии по низкотемпературным границам применения, занесенные в «Руководство пользователя» (Owners manual).

Требования к низкотемпературной вязкости масла, обеспечивающей бесперебойное переключение передач, в механиче-

ских КПП значительно выше. В стандарте J306 редакции ОСТ-91, действовавшем до середины 1998 года, были приведены данные о том, что большинство механических КПП требуют для исправной работы вязкость масла, не превышающую 20000 сР.

В стандарте J306 JUL98 была введена рекомендация по дополнительному тестированию трансмиссионных масел, предназначенных для использования в легконагруженных синхронизированных механических коробках переключения передач (легковые автомобили и микроавтобусы). В качестве теста рекомендуется использовать метод ASTM D5293-99а «Стандартный метод тестирования кажущейся вязкости моторных масел с использованием имитатора запуска холодного двигателя в интервале от - 5 до - 35 °С» (Standard Test Method for Apparent Viscosity of Engine Oils Between - 5 and - 35 °C Using the Cold-Cranking Simulator). Рекомендован лимит в 5000 сР при температуре - 30 °С. Практически это может означать рекомендацию по применению в механических КПП синтетических, полусинтетических или гидрокрекинговых трансмиссионных масел SAE 75W-XX (для регионов с зимними температурами до - 30 °С).

Показатель высокотемпературной вязкости оценивается на основе значения кинематической вязкости масла при температуре 100 °С. Определяется по методу ASTM D445-97 «Стандартный метод определения кинематической вязкости прозрачных и непрозрачных жидкостей» (Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids).

Значение кинематической вязкости при высокой температуре позволяет косвенно судить о величине нагрузочной способности защитной масляной пленки и ее достаточности для защиты передач в режиме высоких рабочих температур и нагрузок.

Степени вязкости SAE являются условными символами, которые до последней редакции стандарта классифицировали трансмиссионные масла только на основе значений вязкости. С июля 1998 года в стандарте J308 впервые было введено требование по стабильности высокотемпературных вязкостных характеристик (см. примечание (с) к табл. 3.1). Минимальное значение кинематической вязкости при 100 °С не должно опускаться ниже указанного предела даже после 20 часового воздействия деформации сдвига. Условия деформации сдвига обеспечиваются обо-

рудованием в рамках испытания СЕС L-45-T-93 «Тест по определению стабильности вязкости трансмиссионных масел к напряжению сдвига» (Viscosity shear stability of transmission lubricants). Данное требование позволяет выявить трансмиссионные масла, производители которых максимально близко приближались к граничным лимитам вязкости либо использовали в составах недостаточно стабильные к напряжениям сдвига загустители.

Требования маркировки по вязкости.

По аналогии с классификацией моторных масел, степени вязкости трансмиссионных масел можно разделить на условные ряды:

- зимний ряд: SAE 70W, 75W, 80W, 85W;
- летний ряд: SAE 80, 85, 90, 140, 250.

Условность такого деления объясняется конструктивными особенностями агрегатов трансмиссий различных производителей. В зависимости от рабочих температур масла и нагрузок существуют агрегаты (механические коробки передач легковых автомобилей), для которых масла зимнего ряда будут обеспечивать достаточную степень защиты в широком диапазоне внешних температур. Нередки случаи рекомендации всесезонного использования масел зимнего ряда.

Последняя редакция стандарта SAE J306 включает раздел с требованиями по маркировке. Согласно данным требованиям, трансмиссионные масла должны маркироваться по следующим принципам:

- одна степень зимнего ряда W (например, SAE 75W);
- одна степень летнего ряда (например, SAE 85);
- комбинация из двух степеней, зимнего W и летнего ряда (SAE 75W-85).

Маркировка с двумя зимними степенями исключается (например, ранее были допустимы следующие обозначения: SAE 75W-80W, SAE 75W-85W, SAE 80W-85W и т.п.). Степени вязкости SAE 80 и SAE 85 являются новыми и впервые введены в классификацию.

Дополнительные степени вязкости и новые требования по маркировке вынуждают поставщиков смазочных материалов более четко определять уровень вязкостных свойств, а производи-

тель трансмиссии получает возможность более четко сформулировать свои рекомендации. Например:

- SAE 80W (для эксплуатации в зимнее время);
- SAE 80 (для эксплуатации в летнее время);
- SAE 80W-80 (для всесезонной эксплуатации).

После издания новой редакции стандарта некоторые поставщики смазочных масел (oil marketers) вынуждены пересмотреть практику маркировки и, возможно, формулы составов (рецептуры) масел для соответствия новым требованиям отредактированной спецификации SAE.

Таблица 3.2

Примерное сопоставление степеней вязкости SAE моторных и трансмиссионных масел на основе высокотемпературных показателей кинематической вязкости при 100 °С

Степени вязкости по SAE	
Моторные масла	Трансмиссионные масла
0W	70W 75W
5W	
10W	
15W	80W 80
20W	
20	85W 85
25W	
30	90
40	
50	
60	140
	250

Учитывая диапазон условных значений, используемых для обозначения вязкости моторных масел (от 0 до 60), для обозначения степеней вязкости трансмиссионных масел выбраны значения из диапазона от 70 до 250. Это сделано во избежание возможных ошибок при выборе масла на основе вязкости. Моторные и трансмиссионные масла, имеющие одинаковое значение вязкости, будут значительно различаться в обозначениях по SAE (табл. 3.2 и 3.3).

Таблица 3.3

Примерное сопоставление зимних степеней вязкости SAE моторных и трансмиссионных масел на основе показателей низкотемпературной вязкости по Брукфильду

Степени вязкости по SAE	
Моторные масла	Трансмиссионные масла
0W	70W
5W	75W
10W	80W
15W	
20W	85W
25W	

3.2. Классификация по назначению

Единой системы классификации трансмиссионных масел по эксплуатационным свойствам, качеству и назначению нет. Общепризнанной во всем мире является система классификации API масел для механических трансмиссий. По этой системе масла обозначаются знаком класса API GL. Имеются пять классов от API GL-1 до API GL-5 и несколько проектных. В Европе применяется классификация ZF TE-ML («Zahnradfabrik Friedrichshafen»), которая охватывает все масла, включая жидкости для гидромеханических передач.

Система классификации API.

По системе API GL масла подразделяются на классы качества. Основными признаками классификации являются конструкция и условия работы передачи, дополнительными признаками - содержание противоизносных и противозадирных присадок.

Классификация описана в документе API «Обозначение эксплуатационных смазочных масел для коробок передач ручного управления и для мостов. Публикация API 1560, февраль 1976 г.» (API Publication 1560, Lubricant Service Designation for Automotive Manual Transmissions and Axles, February 1976).

Классы качества по API.

API GL-1.

Масла для передач, работающих в легких условиях.

Состоят из базовых масел без присадок. Иногда добавляются в небольшом количестве антиокислительные присадки, ингибиторы коррозии, легкие депрессорные и противопенные присадки.

Предназначены для спирально-конусных, червячных передач и механических коробок передач (без синхронизаторов) грузовых автомобилей и сельскохозяйственных машин.

API GL-2.

Масла для передач, работающих в условиях средней тяжести.

Содержат противоизносные присадки.

Предназначены для червячных передач транспортных средств.

Обычно применяются для смазывания трансмиссии тракторов и сельскохозяйственных машин.

API GL-3.

Масла для передач, работающих в условиях средней тяжести.

Содержат до 2,7 % противоизносных присадок.

Предназначены для смазывания конусных и других передач грузовых автомобилей.

Не предназначены для гипоидных передач.

API GL-4.

Масла для передач, работающих в условиях разной тяжести: от легких до тяжелых.

Содержат 4,0 % эффективных противозадирных присадок.

Предназначены для конусных и гипоидных передач, имеющих малое смещение осей, для коробок передач грузовых автомобилей, для агрегатов ведущего моста.

Масла API GL-4 предназначены для несинхронизированных коробок передач североамериканских грузовых автомобилей, тягачей и автобусов (коммерческих автомобилей), для главных и других передач всех автотранспортных средств. В настоящее время эти масла являются основными и для синхронизированных коробок передач, особенно в Европе. В таком случае на этикетке или в листе данных масла должны быть надписи о таком предназначении и подтверждение о соответствии требованиям производителей машин.

API GL-5.

Масла для наиболее загруженных передач, работающих в суровых условиях.

Содержат до 6,5 % эффективных противозадирных и других многофункциональных присадок.

Основное предназначение - для гипоидных передач, имеющих значительное смещение осей.

Применяются как универсальные масла для всех других агрегатов механической трансмиссии (кроме коробки передач).

Для синхронизированной механической коробки передач применяются только масла, имеющие специальное подтверждение о соответствии требованиям производителей машин.

Могут применяться для дифференциала повышенного трения, если соответствуют требованиям спецификаций MIL-L-2105D (в США) или ZF TE-ML-05 (в Европе). Тогда обозначение класса имеет дополнительные знаки, например, API GL-5+ или API GL-5 SL.

API GL-6.

Масла для наиболее загруженных передач, работающих в очень тяжелых условиях (большие скорости скольжения и значительные ударные нагрузки).

Содержат до 10 % высокоэффективных противозадирных присадок.

Предназначены для гипоидных передач со значительным смещением осей.

Соответствуют наивысшему уровню эксплуатационных свойств.

В настоящее время класс GL-6 больше не применяется, так как считается, что класс API GL-5 достаточно хорошо удовлетворяет наиболее строгим требованиям.

Новые классы API.

API MT-1.

Масла для высоконагруженных агрегатов.

Предназначены для несинхронизированных механических коробок передач мощных коммерческих автомобилей (тягачей и автобусов).

Эквивалентны маслам API GL-5, но обладают повышенной термической стабильностью.

API PG-2 (проект).

Масла для передач ведущих мостов мощных коммерческих автомобилей (тягачей и автобусов) и мобильной техники.

Эквивалентны маслам API GL-5, но обладают повышенной термической стабильностью и улучшенной совместимостью с эластомерами.

Для механических коробок передач (кроме гипоидных) в основном применяются масла API GL-3 и API GL-4. Для гипоидной главной передачи: API GL-4 - для средненагруженных передач и API GL-5 - для сильнонагруженных передач, в том числе гипоидных со значительным смещением осей. Нефтекомпании выпускают универсальные масла, предназначенные одновременно как для коробки передач с синхронизаторами, так и для сильнонагруженных гипоидных передач.

Система классификации ZF.

«Zahnradfabrik Friedrichshafen» (Германия, Фридрихсхафен, далее - ZF) является одной из крупнейших и влиятельных в Европе компаний по производству передач и силовых агрегатов транспортных средств. Компания создала систему классификации всех видов автотранспортных передач. Каждый вид имеет свой список смазочных материалов. Эти списки обозначаются инициалами и цифрами от ZF TE-ML 01 до ZF TE-ML 14. В списках для каждого вида передач перечисляются:

- виды и классы качества смазочных материалов;
- классы вязкости;
- допущенные к применению продукты с указанием марки и производителя.

Таблица 3.4

**Классификация трансмиссионных масел, применяемых
в агрегатах ZF**

Список смазочных материалов	Назначение (узлы и агрегаты)
ZF TE-ML 01	Механические несинхронизированные коробки передач с шестернями постоянного зацепления (коммерческие автомобили)
ZF TE-ML 02	Механические и автоматические трансмиссии грузовых автомобилей и автобусов
ZF TE-ML 03	Коробки передач с гидротрансформаторами для внедорожной мобильной техники (строительная и спец. техника, автопогрузчики и т.п.)
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

Европейские производители масел стараются получить апробацию ZF. Эта система классификации в Европе становится основной.

ZFTE-ML01.

Назначение: механические несинхронизированные коробки передач коммерческих автомобилей с включением всех передач при помощи зубчатых муфт.

При использовании многофункциональных трансмиссионных масел базовое масло должно содержать не более чем 2 % растворимых присадок (модификатора индекса вязкости, депрессанта температуры застывания и др.) помимо противозадирных (EP) присадок.

ZF TE-ML 02.

Назначение: механические и автоматические трансмиссии грузовых автомобилей и автобусов (Ecolite, Ecomid, Ecosplit, Transmatic, AS TRONIC).

Апробированные классы ZF TE-ML 02:

- ZF TE-ML 02A - масла для передач, классы API GL-4, MIL-L-2105; вязкость SAE 80W / 80W-85 / 80W-90;

- ZF TE-ML 02B - масла для передач, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13019; вязкость SAE 80W / 80W-85 / 80W-90 / 75W-80 / 75W-85 / 75W-90;

- ZF TE-ML 02C - сезонные моторные масла, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13020; вязкость SAE 30 / 40;

- ZF TE-ML 02D - масла для передач, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13010 (базовое масло полусинтетическое или синтетическое); вязкость SAE 75W-80 / 75W-85 / 75W-90;

- ZF TE-ML 02F - жидкости для автоматической коробки передач (ATF), соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13015 и специальным требованиям.

ZF TE-ML 102 «Long Drain» (проект).

Назначение: как и ZF TE-ML 02, только масло дополнительно проверяется на продленный интервал замены до 300000 км.

ZF TE-ML 03.

Назначение: гидротрансформаторы (англ. torque converter, нем. Wandlergetriebe) мобильных рабочих машин.

ZF TE-ML 04.

Назначение: судовые трансмиссии.

ZF TE-ML 05.

Назначение: ведущие мосты внедорожной мобильной техники.

Апробированные классы ZF TE-ML 05:

- ZF TE-ML 05A - масла для передач, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13011 (базовое масло минеральное или полусинтетическое); вязкость SAE 75W-90 / 75W-140 / 80W-90 / 80W-140 / 85W-90 / 85W-140 / 90;

- ZF TE-ML 05B - масла для передач, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13011 (базовое масло синтетическое); вязкость SAE 75W-90 / 75W-140;

- ZF TE-ML 05C - масла для передач, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13011, с присадками ограниченного скольжения (базовое масло минеральное); вязкость SAE 75W-90 / 75W-140 / 80W-90 / 80W-140 / 85W-90 / 85W-140 / 90;

- ZF TE-ML 05D - масла для передач, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13011, с присадками ограниченного скольжения, (базовое масло синтетическое); вязкость SAE 75W-90 / 75W-140.

ZF TE-ML 06.

Назначение: трансмиссия и гидравлические навесные системы тракторов.

Апробированные классы ZF TE-ML 06:

- ZF TE-ML 06A - моторные масла (API CD/CE/CF-4/CF/CG-4/SF/SG/SH/SJ или ACEA категории A/B/E);

- ZF TE-ML 06B – «суперуниверсальные» тракторные масла (STOU), соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13022 (тест тормозов); вязкость SAE 10W-30 / 10W-40 / 15W-30 / 15W-40 / 20W-40;

- ZF TE-ML 06C – «суперуниверсальные» тракторные масла (STOU), соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13022 (тест тормозов); вязкость SAE 10W-30 / 10W-40 / 15W-30 / 15W-40 / 20W-40.

ZF TE-ML 07.

Назначение; гидрообъемный или механический приводы, системы электрических приводов (передачи, переключаемые под

нагрузкой), привод мобильной мешалки (mobile mixer drives), передачи подъемных механизмов, приводы поворотных механизмов

Апробированные классы ZF TE-ML 07:

- ZF TE-ML 07A - масла для передач, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13016; вязкость SAE 80W-85 / 80W-90 / 80W-140 / 85W-90 / 85W-140 / 90; наряду с этими маслами допускаются к применению масла по спецификациям API GL-5 и MIL-L-2105D или MIL-PRF-2105E; вязкость SAE 80W-85 / 80W-90 / 80W-140 / 85W-90 / 85W-140/90;

- ZF TE-ML 07B – «суперуниверсальные» тракторные масла (STOU), соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13022; вязкость SAE 10W-30 / 10W-40 / 15W-30 / 15W-40 / 20W-40;

- ZF TE-ML 07C - моторные масла, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13012; вязкость SAE 10W-30 / 10W-40 / 15W-30 / 15W-40;

- ZF TE-ML 07D - моторные масла API CD/CE/CF-4/CF/CG-4/SF/SG/SH/SJ или ACEA категории A/B/E;

ZF TE-ML 08.

Назначение: системы рулевого управления ZF (без гидроусилителя) легковых и грузовых автомобилей, автобусов и внедорожной мобильной техники.

ZF TE-ML 09.

Назначение: системы рулевого управления ZF (с гидроусилителем и маслонасосом) легковых и грузовых автомобилей, автобусов и внедорожной мобильной техники.

Апробированные классы ZF TE-ML 09:

- ZF TE-ML 09A - жидкости для автоматической коробки передач (ATF);

- ZF TE-ML 09B - жидкости для автоматической коробки передач (ATF).

ZF TE-ML 10.

Назначение: механизмы типа «Transmatic» легковых и коммерческих автомобилей (с гидротрансформатором с блокирующей фрикционной муфтой - WSK (англ. torque converter lock-up clutch, нем. Wandlerschaltkupplung)).

ZFTE-MMI.

Назначение: коробки передач легковых автомобилей ручно-

го управления и автоматические.

Апробированные классы ZF TE-ML 11:

- ZF TE-ML ПА - жидкости для автоматической коробки передач (АТФ);

- ZF TE-ML 11В - жидкости для автоматической коробки передач (АТФ).

ZF TE-ML 12.

Назначение: мосты легковых и коммерческих автомобилей и автобусов.

Апробированные классы ZF TE-ML 12:

- ZF TE-ML 12А - минеральные или полусинтетические масла для передач, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13016; вязкость SAE 75W-90 / 75W-140 / 80W-90 / 80W-140 / 85W-90 / 85W-140 / 90;

- ZF TE-ML 12В - синтетические масла для передач, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13016; вязкость SAE 75W-90 / 75W-140;

- ZF TE-ML 12С - минеральные масла для передач, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13016 с присадками ограниченного скольжения; вязкость SAE 75W-90 / 75W-140 / 80W-90 / 80W-140 / 85W-90 / 85W-140 / 90;

- ZF TE-ML 12D - синтетические масла для передач, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN 13016 с присадками ограниченного скольжения; вязкость SAE 75W-90 / 75W-140;

ZF TE-ML 13.

Назначение: агрегаты ZF в специальных транспортных средствах НАТО (колесные и гусеничные машины).

ZF TE-ML 14.

Назначение: автоматические коробки передач коммерческих автомобилей (Ecomat).

Апробированные классы ZF TE-ML 14:

- ZF TE-ML 14А - жидкости для автоматической коробки передач (АТФ) на основе минерального базового масла, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFNM 13015;

- ZF TE-ML 14В - жидкости для автоматической коробки передач (АТФ) на основе полусинтетического базового масла, соответствующие требованиям стандарта Концерна ZFN13015;

- ZF TE-ML 14C - жидкости для автоматической коробки передач (АТФ) на основе синтетического базового масла, соответствующие требованиям стандарта Концернa ZFN Я 13015.

Рекомендованные альтернативные масла из ассортимента масел для легковых автомобилей:

- ZF TE-ML 14D - жидкости для автоматической коробки передач (АТФ) на основе минерального базового масла, соответствующие требованиям стандарта Концернa ZFN 13015.

ZF TE-ML 15.

Назначение: тормозные системы специальных транспортных средств НАТО.

3.3. Классификация масел по ГОСТ

В России (ГОСТ 17479.2-85 «Масла трансмиссионные») четко классифицируют масла для механических трансмиссий по вязкости и уровню эксплуатационных свойств.

По вязкости масла для механических передач делят на четыре класса (табл. 3.5), а по эксплуатационным свойствам - на пять групп (табл. 3.6).

Группу масел устанавливают по результатам оценки их свойств по ГОСТ 9490-75 при разработке новых трансмиссионных масел и постановке их на производство, а также при периодических испытаниях товарных масел 1 раз в 2 года (табл. 3.7).

Таблица 3.5

Классификация трансмиссионных масел по вязкости

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм ² /с	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па·с, не выше
9	6,00...10,99	- 45
12	11,00...13,99	-35
18	14,00...24,99	-18
34	25,00...41,00	

Классификация трансмиссионных масел по эксплуатационным свойствам

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

Примечание: ТМ-1 и ТМ-2 имеют ограниченное применение ввиду низкого уровня смазывающих свойств;

ТМ-3 - смеси дистиллятного маловязкого низкотемпературного масла с остаточными вязкими маслами селективной очистки с добавлением противозадирной, противоизносной и антипенной присадок; иногда смеси дистиллятного масла с деасфальтизатором или загущаются полиметакрилатом;

ТМ-4 - смеси дистиллятных и остаточных масел, а в некоторых случаях включают осерненный нигрол, окисленный петралатум и загустители консистентных смазок;

ТМ-5 - масла предназначены для работы в самых тяжелых условиях и их состав зависит от конструкции трансмиссии и условий работы.

Таблица 3.7

Оценочные показатели при определении группы масла

Определяющее свойство	Группа масла			
	1, 2	3	4	5
Предельная нагрузочная способность по нагрузке сваривания (P_c), Н, не менее	2700	2760	3000	3280
Противоизносное свойство по показателю износа $D_{и}^*$ при осевой нагрузке 392 Н при $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ в течение 1 ч, мм, не более	0,5	-	-	0,4

* $D_{и}$ - диаметр пятна износа при испытании на 4-х шариковой машине трения

Таблица 3.8

Соответствие классов вязкости и групп эксплуатационных свойств трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85 и классификаций SAE и API

Класс вязкости по ГОСТ	Класс вязкости по SAE	Группа по ГОСТ	Группа по API
9	75W	ТМ-1	GL-1
12	80W-85	ТМ-2	GL-2
18	90	ТМ-2	GL-3
34	140	ТМ-4	GL-4
		ТМ-5	GL-5

Маркировка масел состоит из следующих знаков: первая группа знаков состоит из букв ТМ (трансмиссионное масло), вторая обозначается цифрами и характеризует принадлежность масла к группе эксплуатационных свойств, третья группа обозначается цифрами, характеризующими класс вязкости. Применяются уточняющие обозначения: «З» - содержит загущающую присадку, «К» - консервационное, «РК» - рабочее консервационное масло.

Пример маркировки: ТМ-5-12РК - масло трансмиссионное пятой группы по эксплуатационным свойствам, 12 класса вязкости, одновременно является рабочеконсервационным.

Соответствие (приблизительное) классов вязкости и групп эксплуатационных свойств отечественной и зарубежной классификаций показано в табл. 3.8.

4. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ГРУППЫ

4.1. Зарубежные масла

Ассортимент трансмиссионных масел в основном состоит из четырех эксплуатационных групп с условными названиями:

1. Для механической коробки передач (API GL-4);
2. Для заднего моста и гипоидной передачи (API GL-5);
3. Для автоматической коробки передач (ATF);
4. Для гидравлических механизмов и систем.

Для удовлетворения особенностей конструкций некоторых автомобилей имеются дополнительные сорта масел:

- для пятиступенчатой коробки передач;
- для самоблокирующегося дифференциала повышенного трения (API GL-5 LS);
- для тракторов и мобильных рабочих машин;
- для несинхронизированных коробок передач грузовых автомобилей (API MT-1);
- для трансмиссий некоторых моделей автомобилей «Citroen», BMW, VW, Ford и др.

Классификация масел на эксплуатационные группы облегчает составление торгового ассортимента с целью удовлетворения потребностей покупателей с наименьшим рациональным набором масел.

В описаниях марок масел выделяются особенности, которые могут оказать влияние на выбор масла покупателем:

- универсальные для всех видов механических передач;
- синтетические масла;
- масла продленного интервала замены;
- энергосберегающие масла;
- биологически разлагаемые масла и др.

Масла для механической коробки передач легковых автомобилей.

Применяются в механических узлах и агрегатах трансмиссий, которые не предъявляют повышенных требований к устойчивости при высоких нагрузках:

- синхронизированные коробки передач;
- несинхронизированные коробки передач;

- передачи переднего ведущего моста;
- передачи, переключаемые под нагрузкой;
- малонагруженная главная передача с дифференциалом;
- раздаточная коробка;
- редукторы колес;
- делители, дополнительные коробки передач и др.

Основные требования к качеству:

- снижение износа;
- снижение трения;
- отсутствие коррозии синхронизаторов;
- защита от коррозии других деталей;
- отвод тепла;
- подавление вибрации и смягчение ударных нагрузок;
- удаление продуктов износа и загрязнений.

Синтетические трансмиссионные масла отличаются:

- малой вязкостью (SAE 75W-90);
- большим индексом вязкости (175...205);
- низкой температурой замерзания (ниже минус 50 °С);
- высокой устойчивостью к сдвиговой деструкции;
- стойкостью к термическому и окислительному воздействию;
- низкой склонностью к пенообразованию.

Применяют в передачах, которые чувствительны к увеличению вязкости при низкой температуре (пятиступенчатые коробки передач, дифференциалы повышенного трения). Они не заменимы в условиях холодного климата. Синтетические масла обеспечивают хорошее смазывание при больших скоростях вращения передач. Они, как правило, энергосберегающие с продленным интервалом замены. Их цена намного превышает цену минеральных трансмиссионных масел.

Большинство механических коробок передач состоят из системы цилиндрических зубчатых колес и синхронизаторов. Зубчатые передачи сильно нагружены, и для снижения износа предпочтительнее применять вязкие масла с противоизносными присадками. Для работы синхронизаторов вязкость масла должна быть низкой. Кроме того, синхронизаторы изготавливаются из медных сплавов, поэтому противозадирные присадки могут вызывать их коррозию. Вследствие этого для механической коробки

передач применяются масла средней вязкости и с умеренными присадками. Для гипоидной передачи необходимо высокоэффективное масло, подавляющее изнашивание. По этой причине трудно разработать универсальные трансмиссионные масла для всех агрегатов трансмиссии, с высокой несущей способностью, обеспечивающие хорошую работу синхронизаторов и не вызывающие коррозии.

Современные легковые автомобили, как правило, снабжены синхронизированными коробками передач. Синхронизаторы изготавливаются из медных сплавов, что усложняет применение масел с высокоэффективными противозадирными присадками. Коробки передач современных легковых автомобилей имеют конструкционные особенности, размещены в одном корпусе с главной передачей в переднем ведущем мосту, пятиступенчатые и требуют специальных масел.

Синхронизация шестерней при переключении передач осуществляется путем прижатия блокирующего кольца синхронизатора к конусу зубчатого колеса. Их скорости вращения сравниваются, когда между ними масляная пленка выдавливается, смазывание становится полусухим и осуществляется фрикционное сцепление. Для этого требуются маловязкие масла не выше SAE 80W, а для пятиступенчатой коробки передач - SAE 75W и даже SAE 70W. Модификаторы трения, обеспечивающие необходимый коэффициент трения, усложняют применение этих масел в гипоидных передачах, для которых требуется маловязкое масло и без агрессивных для медных сплавов противозадирных присадок.

Новые синтетические базовые масла, будучи весьма маловязкими, обеспечивают хорошее смазывание и гипоидной передачи. Поэтому универсальные трансмиссионные масла, как правило, бывают синтетическими. Синтетические масла применяются и для пятиступенчатой коробки передач, так как только они имеют достаточно высокий индекс вязкости, необходимый для плавной работы при низкой температуре.

В системе качества API не предусмотрены испытания масел по износу и коррозии синхронизаторов коробки передач. Это связано с тем, что в Северной Америке 90 % всех тяжелых автомобилей снабжены ручными коробками передач без синхронизаторов. В Европе наблюдается обратная картина - 90 % тяжелых ав-

томобилей имеют коробку передач с синхронизаторами. Поэтому в Европе класс API GL-4 рассматривают как типичный класс масел для коробок передач ручного управления и с синхронизаторами. На рынке Европы все масла этого класса должны удовлетворять требованиям с учетом наличия синхронизаторов. Европейские производители автомобилей через свою организацию CEC усовершенствуют требования и тестирование масел API GL-4. С этой целью масла API GL-4 должны проходить дополнительные европейские испытания (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Рекомендации CEC по требованиям к маслам коробки передач с синхронизаторами

Свойство	Рекомендованное испытание
Сохранность синхронизаторов	FZG SSP-180
Стойкость к питтингу	FZG «С»
Передача высокого крутящего момента	CRC L-20 (FTM 5317.1)
Стойкость к ударам	FZG S-A10/16.6R/90
Термоокислительная стабильность	ASTM D 5704, CEC L-48-A-93
Стабильность к сдвигу	ASTM D 4683 - имитатор конического подшипника
Совместимость с эластомерами	Динамическое испытание прокладок
Стойкость к коррозии	CRC L-33 (FTM 5326.1), VW

По рекомендациям «ZF» масла для механической коробки передач должны иметь категорию API GL-4 с дополнениями спецификаций ZF TE-ML 02 или других производителей, например, MB 236.2, VW G 50, MAN 341. Если масло можно применять одновременно и для коробки передач, и для гипоидной передачи, изготовитель масла информирует об этом пользователя специальной отметкой о том, что масло не вызывает коррозии деталей из меди и медных сплавов. Поэтому торговые организации и потребители масел должны быть очень внимательными при выборе одного масла для механической коробки передач и для главной передачи. В любом случае следует получить подтверждение изготовителя о целесообразности такого применения масла.

Разрабатываются новые спецификации трансмиссионных

масел, в которых уже предусмотрена проверка совместимости масла с синхронизаторами.

Производители автомобилей рекомендуют применять в коробках передач некоторых своих легковых автомобилей не только трансмиссионные масла, но и жидкости для автоматической коробки передач (BMW, «Mercedes-Benz», «Volvo») или моторные масла («Austin-Rover», «Honda», «Isuzu», «Peugeot», SAAB).

Пятиступенчатые коробки передач требуют масел со слабой зависимостью вязкости от температуры. Такими свойствами обладают масла гидрокрекинга и синтетические. Они должны соответствовать требованиям VW 501.50, Opel part №. 1940 7610, Ford ESD-M2C-175A и других специальных спецификаций и иметь категорию API GL-4 или API GL-5. Оптимальная вязкость таких масел - SAE 75W-90 или SAE 85W-90.

Масла для механической коробки передач грузовых автомобилей.

Мощные грузовые автомобили, автобусы, трактора и другие мобильные рабочие машины имеют механические коробки передач более сложной конструкции: несинхронизированная КПП с предварительным делителем или без него; синхронизированная КПП с предварительным делителем или без него; синхронизированная КПП с гидротрансформатором; синхронизированная КПП с гидротрансформатором и промежуточным гидродинамическим тормозом-замедлителем.

Масла для переднего ведущего моста.

Главная передача, дифференциал переднего моста, коробка передач и сцепление размещены в общем корпусе. Применяются маловязкие масла. Изготовители масел на этикетках отмечают возможность применения масла для переднего ведущего моста и коробки передач. Для этой цели применяются масла API GL-4 с отметкой о специальном назначении, а для некоторых автомобилей применяется моторное масло.

Масла для раздаточной коробки передач.

Для масел раздаточных коробок передач особых требований не предъявляется, и для них применяются те же масла, что и для

механических коробок передач, ручного управления или передач ведущего моста.

Масла для ведущего моста (главной передачи и дифференциала).

Главная передача увеличивает вращательный момент, уменьшает скорость вращения и в заднем мосту меняет направление передаваемого момента вращения на 90° . Она соединяется с дифференциалом, в котором вращение передается на колеса посредством конусных сателитных шестерен. При этом обе полуоси могут вращаться с разной скоростью, когда автомобиль поворачивается. Главная передача чаще всего состоит из пары гипоидных шестерен в легковых автомобилях и конусно - спиральной пары в большинстве грузовых автомобилей. Эти передачи во время работы бывают сильно загруженными и скоростными. Контактное давление в них достигает 2000 МПа и более, а рабочая температура масла - $120 \dots 130^\circ\text{C}$. Для таких передач требуется вязкое масло (SAE 90 или SAE 140), которое содержит много серы (до 1,5 %) в противозадирных присадках. Применяются масла API GL-2 или API GL-4.

Масла для гипоидной передачи.

В гипоидной конусной передаче оси конусов не пересекаются. Скольжение зубьев тем больше, чем больше расстояние между осями. Поэтому одним из показателей масел для гипоидных передач является смещение осей конусов, выраженное в миллиметрах. Этот показатель часто приводится в описаниях масел и служит в качестве признака при классификации масел, предназначенных для гипоидных передач.

В гипоидной передаче условия работы особенно тяжелые. На зубья действует высокое контактное давление (до 4000 МПа), проявляются динамические нагрузки, удары, высокая скорость скольжения (до 15 м/с). Для эффективного смазывания применяются противоизносные и разделяющие присадки. На поверхностях трения гипоидной передачи присадки разлагаются с выделением химически активных элементов и образуется хемосорбционная пленка, отличающаяся пластичностью и хорошим сцеплением с металлом. Присадки EP вводятся во все масла высокого

качества. Они содержат органические соединения хлора и фосфора, которые могут вызвать коррозию цветных металлов. Универсальные трансмиссионные масла, применяемые для гипоидной и механической коробки передач, имеют специальные разделяющие присадки, не вызывающие коррозии цветных металлов и обладающие хорошими смазывающими свойствами.

Показатели качества масел для гипоидных передач:

- вязкость: SAE 90, SAE 80W-90, SAE 80W-140, SAE 85W-140;

- класс качества API GL-5;

- спецификации изготовителей машин (OEM) и военного ведомства США:

MIL-L-2105D (Multigrade), MIL-L-2105 B (Monograde);

Ford SM-2C ЮНА, SQM-2C 9002AA;

MAN 342;

MB page 235;

Volvo 97310, Volvo 97313;

ZF TE-ML 01, ZF TE-ML 05, ZF TE-ML 07.

Масла для дифференциала.

Дифференциал позволяет при повороте ведущим колесам вращаться с разной скоростью. Дифференциал имеет планетарную передачу, которая обеспечивает движения полуосей на разных скоростях. Какие-либо дополнительные требования для смазывания такого дифференциала не выдвигаются, и требование по смазке полностью удовлетворяется маслом для главной передачи, с которой он находится в одном корпусе.

Масла для дифференциала повышенного трения.

Для подавления проскальзывания и буксировки одного колеса на скользкой дороге все чаще применяются дифференциалы повышенного трения. Фрикционные муфты могут быть дисковые или конические. У всех используется одинаковый принцип блокировки: фрикционная муфта создает дополнительное трение между корпусом и шестерней полуоси, и при возникновении разницы во вращении часть крутящего момента передается на проскальзывающие колеса. Имеются и механизмы блокировки дифференциала замочного типа.

Для дифференциалов повышенного трения применяются масла с заданными фрикционными свойствами и пониженной вязкостью. Они должны хорошо смазывать гипоидную передачу и обеспечивать хорошую работу фрикционной муфты. Коэффициент трения должен быть небольшим при малой скорости скольжения и повышаться при ускорении скольжения. Это достигается добавлением специальных присадок. Единых требований к этим маслам пока нет ввиду разнообразия конструкции дифференциала. Рекомендуется при выборе масла руководствоваться указаниями производителя автомобиля или поставщика масла. В описаниях масел имеется указание о его пригодности для такого дифференциала.

Вязкость и спецификации масла для дифференциала повышенного трения:

- вязкость: SAE 75W-90, SAE 80W-90, SAE 85W-90, SAE 90;
- класс качества API GL-5 LS;
- спецификации OEMs: ZF-TE-ML-05; MIL-L-2105 B; FordESW-M2C 104-A; ESP-M2C 154-A; Volvo 97311.

Масла для вязкостной муфты.

Фрикционная вязкостная муфта используется в некоторых легковых автомобилях («Renault Espace Quadro», «Ford Escort RS 2000» и др.) с четырьмя ведущими колесами и представляет распределительный механизм вместо межосевого дифференциала или механизма блокировки межосевого дифференциала. Муфта автоматически распределяет силу между передними и задними ведущими колесами. Когда колеса на скользкой дороге начинают проскальзывать, диски муфты относительно друг друга проворачиваются, трение возрастает, от этого сила сцепления повышается и момент вращения передается на стоящие колеса. Для муфты применяются синтетические или полусинтетические масла API GL-5 с вязкостью SAE 80W, SAE 75W-90.

Масла для рулевого механизма.

Для смазывания червячной передачи рулевого механизма применяется масло с низким коэффициентом трения, способное выдержать большие нагрузки при высокой (до 50 м/с) скорости скольжения, с высоким индексом вязкости, содержащее анти-

окислительные присадки. Желательно, чтобы во время эксплуатации масло не загущалось и интервал его замены был бы по возможности большим. Обычно масло в рулевом механизме не меняется в течение всего времени эксплуатации автомобиля. Масло может заменяться в ходе ремонта рулевого механизма или в результате его вытекания. Категория качества таких масел – API GL-2.

Масла для малонагруженных передач.

Режим работы некоторых агрегатов трансмиссии легкий, а конструкция – простая. Для них применяются масла, в которых присадки отсутствуют или присутствуют в минимальном количестве. Такие масла дешевые и имеются в ассортименте каждой крупной компании (категория качества API GL-1). Для передач простой конструкции возможно применение смазочных масел более высокого класса, но это экономически невыгодно.

Масла для автоматической коробки передач.

Масла для автоматической коробки передач – особый вид масел. К ним предъявляются более высокие требования по вязкости, антифрикционным, противоизносным и противоокислительным свойствам, чем для других агрегатов. Поскольку автоматические коробки включают в себя несколько совершенно различных узлов – гидротрансформатор, шестеренчатую коробку передач, сложную систему управления, – спектр функций масла весьма широк. Масло смазывает, охлаждает, передает вращающий момент и обеспечивает фрикционное сцепление. Динамические нагрузки меньше, чем в обычных коробках передач, из-за отсутствия жесткой связи между двигателем и трансмиссией.

Средняя рабочая температура масла в картере автоматической коробки составляет 80...95 °С, а в жаркую погоду при городском движении она может подниматься до 150 °С. Конструкция автоматической коробки такова, что если с двигателя снимается мощность большая, чем нужно для преодоления дорожного сопротивления, ее избыток расходуется на внутреннее трение масла, которое еще больше нагревается. Высокие скорости движения потоков масла в гидротрансформаторе и температура вызывают интенсивную аэрацию, приводящую к вспениванию, что

создает благоприятные условия для окисления масла и коррозии металлов. Разнообразии материалов в парах трения (сталь-сталь, сталь-металлокерамика, сталь-бронза, сталь-фрикционная прокладка) затрудняет подбор антифрикционных присадок. Разнородные материалы деталей, кислород, вода, масло образуют электрохимические пары, активизирующие коррозионный износ.

В таких условиях масло должно не только сохранять свои эксплуатационные свойства, защищать поверхности трения, но и как передающая вращающий момент среда обеспечивать высокий КПД трансмиссии. В этом случае требования к вязкости прямо противоположны тем, что предъявляются, когда речь идет только о смазке. Для смазки шестерен нужна относительно высокая вязкость, а для нормальной работы гидротрансформатора - низкая (4...9 сСт при 100 °С).

Для автоматической коробки передач применяются масла двух типов, которые отвечают требованиям основных производителей автомобилей, - «General Motors» и «Ford». Они носят фирменные названия – Dexron® 9 и Mercon®.

Автомобильная корпорация «General Motors» в 1949 г. создала специальное масло для автоматической коробки передач, которое условно называлось «Type A». В это время оно применялось для всех автомобилей, в том числе и «Ford». В 1961 году «Ford» издал спецификацию на масло M2C33-D с новыми требованиями по фрикционным свойствам; с этого периода выпускались и развивались два типа масел - «General Motors» и «Ford». Со временем разница между этими маслами сократилась, и с 1993 года они стали взаимозаменяемы. Dexron III (G) и Dexron IV созданы с учетом требований для электронноконтролируемого сцепления автотрансформатора. Последняя модификация масла Ford Mercon V (M2C202 B, Type B) имеет особые свойства и с другими маслами не взаимозаменяемо.

Сорта масел для автоматической коробки передач «Ford»:

M2C33-B, M2C33-D, M2C33-F (Type F), SQM-2C9007A M2C33-G (Type G), SQM-2C9010A M2C138-CJ (Type CJ), ESPM-2C166-H (Type H), Mercon V (M2C202 B, Type B).

Масла для автоматической коробки передач окрашиваются в красный цвет для отличия от других масел и для обнаружения места утечки.

Масла для коробок передач не разделяются по эксплуатационным свойствам и вязкости. Поэтому для всех условий, любого рабочего режима, любой мощности машины, применяются одни и те же масла. Исключение составляют только климатические условия.

В зависимости от природы базового масла и состава депрессорных присадок, масла отличаются по индексу вязкости и температуре застывания. Для районов с суровой зимой для автоматической коробки передач, как и для остальных агрегатов трансмиссии, применяются синтетические масла.

Масла (жидкости) для автоматической коробки передач легковых автомобилей по своим свойствам отличаются от масел для мощных тягачей, автобусов, тракторов и других мобильных машин. Требования к качеству масел для мощных машин обычно предъявляются в спецификациях производителей машин, которые указываются в листах данных.

Спецификации производителей машин.

1. Для легковых автомобилей:

в Европе: ZF TE-ML 11; MB 236.2 (для легковых автомобилей MB); MB 236.6, 236.7 (универсальное); MB 236.8 (синтетическое, продленный интервал замены); VW G 052 162, G 052 990; Volvo 97330.

в Японии: Toyota; Nissan; Honda; Mazda; Mitsubishi.

2. Для автобусов, тягачей, грузовых автомобилей и мобильной техники:

в Европе: ZFTE-ML 14; MAN 339; MB 236.1-5; MB 236.2 (для автомашин MB); MB 236.6, 236.7 (универсальное); MB 236.8 (синтетическое, продленный интервал замены); Voith G 607; Voith G 1363 (продленный интервал замены); Volvo 97335, 97340.

в Северной Америке: Allison C-3, C-4; Caterpillar TO-2, TO-4; John Deere JDM 20A; Massey-Ferguson M 1135, M 1139.

Масла для бесступенчатой коробки передач.

В настоящее время производителями машин совместно с нефтекомпаниями ведутся интенсивные работы по созданию автоматических бесступенчатых коробок передач. Разрабатываются одновременно несколько направлений конструкционного решения создания такой передачи, все они основаны на использовании

принципа фрикционных вариаторов:

- клиноременного (belt);
- торового (toroidal).

Пока наиболее полно разработана клиноременная передача с использованием стального или армированного эластомерного ремня. Такие передачи уже устанавливаются на некоторые модели легковых автомобилей (Fiat, Ford, Honda и др).

Бесступенчатая коробка передач обеспечивает плавную работу автомобиля и при этом является экономичной, как и передачи ручного управления.

Для жидкой среды бесступенчатой коробки передач разрабатываются специальные масла с определенными фрикционными свойствами при низкой скорости скольжения.

4.2. Масла российского производства

4.2.1. Масла для механических коробок передач

Отечественная классификация трансмиссионных масел отражена в ГОСТ 17479.2-85. Этот ГОСТ распространяется на минеральные масла, применяемые для смазывания агрегатов трансмиссией автомобилей, тракторов, тепловозов, сельскохозяйственных, дорожных, строительных машин и судовой техники. В зависимости от кинематической вязкости при температуре 100 °С трансмиссионные масла разделяют на четыре класса вязкости (табл. 4.2).

В зависимости от эксплуатационных свойств и возможных областей применения масла для трансмиссий автомобилей отнесены к пяти группам: ТМ-1, ТМ-2, ТМ-3, ТМ-4, ТМ-5 указанным в табл. 4.3.

В соответствии с ГОСТ 17479.2-85 трансмиссионные масла обозначаются следующим образом:

марка ТМ-5-9з, где ТМ - трансмиссионное масло; 5 - масло с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия; 9 - класс вязкости; з - масло содержит загущающую (вязкостную) присадку.

До введения ГОСТ 17479.2-85 на классификацию и систему обозначений трансмиссионных масел маркировка масел в норма-

тивно-технической документации была другой. Обозначение трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85 и соответствие их ранее принятым маркам приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.2

Классы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85

Класс вязкости	Кинематическая вязкость при 100 °С, мм²/с	Температура, при которой динамическая вязкость не превышает 150 Па·с, °С, не выше
9	6,00...10,99	- 35
12	11,00...13,99	- 26
18	14,00...24,99	- 18
34	25,00...41,00	-

Таблица 4.3

Группы трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85

Группа масел по эксплуатационным свойствам	Состав масел	Рекомендуемая область применения
1	Минеральные масла без присадок	Цилиндрические, конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях от 900 до 1600 МПа и температуре масла в объеме до 90 °С
2	Минеральные масла с противоизносными присадками	То же, при контактных напряжениях до 2100 МПа и температуре масла в объеме до 130 °С
3	Минеральные масла с противозадирными присадками умеренной эффективности	Цилиндрические, конические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2500 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С

Продолжение табл. 4.3

4	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности	Цилиндрические, спирально-конические и гипоидные передачи, работающие при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С
5	Минеральные масла с противозадирными присадками высокой эффективности и многофункционального действия, а также универсальные масла	Гипоидные передачи, работающие с ударными нагрузками при контактных напряжениях до 3000 МПа и температуре масла в объеме до 150 °С

Таблица 4.4

Соответствие обозначений трансмиссионных масел по ГОСТ 17479.2-85, принятое в нормативно-технической документации

Обозначение масла по ГОСТ17479.2-85	Принятое обозначение масла	Нормативно-техническая документация
ТМ-1-18	ТС-14,5	ТУ 38.101110-81
ТМ-1-18	АК-15	ТУ 38.001280-76
ТМ-2-9	ТСп-10ЭФО	ТУ 38.101701-77
ТМ-2-18	Тэп-15	ГОСТ 23652-79
ТМ-2-34	ТС	ТУ 38.1011332-90
ТМ-3-9	ТСзп-8	ТУ 38.1011280-89
ТМ-3-9	ТСп-10	ТУ 38.401809-90
ТМ-3-18	ТСп-15К, ТАП-15В	ГОСТ 23652-79
ТМ-5-9	ТСз-9гип	ТУ 38.1011238-89
ТМ-5-18	ТСп-14гип, ТАД-17и	ГОСТ 23652-79
ТМ-5-34	ТСгип	ОСТ 38.01260-82
ТМ-5-12з(рк)	ТМ-5-12рк	ТУ 38.101844-80

Масло **ТСп-15К** изготавливают из смеси дистиллятного и остаточного масел сернистых нефтей. Содержит противозадирную, противоизносную, депрессорную и антипенную присадки. Применяется для смазывания тяжело нагруженных цилиндриче-

ских, конических и спирально-конических передач большегрузных автомобилей КамАЗ, КрАЗ, Урал и др. машин. Всесезонно для средней полосы, работоспособно при температуре до - 30 °С.

Масло **ТАП-15В** изготавливают из смеси экстрактов остаточных масел фенольной очистки и дистиллятных масел или фильтрата обезмасливания парафина. Содержит противозадирную и депрессорную присадки. Применяется для смазывания тяжело нагруженных цилиндрических, конических и спирально-конических передач. Используется в трансмиссиях автомобилей, строительно-дорожных машинах, в различных редукторах при температуре окружающего воздуха до 50 °С, контактных напряжениях до 2,5...10 Па и скоростях скольжения до 15 м/с. Всесезонно для средней полосы, работоспособно при температуре до минус 25 °С.

Масло **ТАД-17и** изготавливают из смеси дистиллятного и остаточного масел. Содержит многофункциональную серофосфорсодержащую, депрессорную и антипенную присадки. Применяется для смазывания цилиндрических, конических, червячных, спирально-конических и гипоидных передач автомобилей ВАЗ и другой техники. Всесезонно и работоспособно до минус 30 °С.

Масло **ТСп-14гип** изготавливают из смеси остаточного и дистиллятного компонентов сернистых нефтей. Содержит противозадирную, анти-окислительную, депрессорную и антипенную присадки. Применяется для гипоидных передач грузовых автомобилей. Всесезонно до минус 30 °С.

Масло **ТСз-9гип** - загущенное минеральное масло, содержащее противозадирную, антикоррозионную, депрессорную и антипенную присадки. Предназначено для трансмиссий автотранспортной техники, в том числе с гипоидными в холодной климатической зоне при температуре до минус 50 °С.

Масло **ТСгип** на осерненной минеральной основе. Содержит депрессорную присадку. Предназначено для гипоидных передач легковых автомобилей, редукторов и др. узлов вертолетов. Всесезонно для жаркой и умеренной климатических зон.

Масло **ТС** представляет собой смесь экстракта после селективной очистки остаточных масел (смолки), веретенного дистиллята и осерненного растительного масла с добавкой депрессатора. Масло применяют для смазывания коробок передач и рулево-

го управления автомобилями «Москвич» и др. Вырабатывается в ограниченном количестве, так как его успешно заменяет масло **ТАП-15В**.

Масло **ТСзп-8** представляет собой загущенное минеральное масло с противозадирной, противоизносной, антиокислительной и антипенной присадками. Применяется для смазывания трансмиссии транспортных машин, планетарных коробок передач, планетарных бортовых передач и систем гидроуправления гусеничных машин при эксплуатации в холодной климатической зоне при температуре до минус 50 °С.

Масло **ТМ-5-12(рк)** ТУ 38.101844-80. Универсальное всесезонное рабоче-консервационное масло для цилиндрических, конических и гипоидных передач при эксплуатации техники до минус 55 °С.

4.2.2. Масла для гидромеханической и гидрообъемной передачи

Эти масла выполняют роль рабочего тела для бесступенчатого изменения, передаваемого от двигателя крутящего момента и частоты вращения, а также выполняют общие функциональные задачи масел: смазка узлов трения, охлаждение, защита от коррозии и др.

Масла для гидромеханических коробок передач получают на основе маловязкого минерального масла глубокой селективной очистки загущением полиизобутилена и добавлением антиокислительной противоизносной, депрессорной и антипенной присадок. Масляная основа и загуститель подбираются с учетом климатической зоны применения масла.

Для гидрообъемных передач и гидроусилителей рулей используется маловязкое, малосернистое масло типа веретенного **АУ** с комплексом присадок, улучшающих эксплуатационные свойства.

Для гидромеханических коробок передач применяются масла марок **А, Р, МГТ**.

Масло марки А представляет собой глубокоочищенное дистиллятное масло, в которое введены противоизносная, анти-

окислительная, депрессорная и антипенная присадки. Применяется всесезонно при температуре окружающего воздуха от минус 35 °С в гидротрансформаторах и гидромеханических передачах автомобилей и автобусов.

Масло марки Р изготавливается на основе веретенного масла АУ, в которое вводится этот же комплекс присадок, что и в масло марки А. Применяется в гидроусилителях рулевого управления автомобилей всесезонно при температуре окружающего воздуха от минус 45 °С.

Масло МГТ представляет собой высокоочищенное минеральное масло, в которое введен комплекс высокоэффективных функциональных присадок, обеспечивающих маслу высокий индекс вязкости и хорошие вязкостно-температурные свойства. Применяется в гидромеханических коробках передач автомобильной и гусеничной техники при температуре окружающего воздуха от минус 55 °С и контактном напряжении до 2000 МПа.

4.2.3. Применение отечественных масел при низких температурах

Автомобили не имеют средств подогрева смазочного масла в агрегатах трансмиссий. В связи с этим трогание техники при низкой температуре после длительной стоянки определяется в основном вязкостно-температурными свойствами трансмиссионных масел.

На основании проведенных исследований и накопленного опыта применения трансмиссионных масел установлены предельно допустимые уровни их вязкости, при которых обеспечивается первоначальное свободное трогание машин без ущерба для зубчатых зацеплений и тел качения подшипников.

Одной из особенностей трансмиссионных масел является то, что при их разбавлении дизельным зимним или арктическим топливом даже на 20 %, смазывающие свойства масел (противоизносные, противозадирные, противопиттинговые и антифрикционные) практически не ухудшаются, так как масла содержат некоторый избыток соответствующих присадок. Это позволяет использовать масло, разбавленное дизельным топливом, без сниже-

ния установленных сроков смены даже при переходе на весенне-летнюю эксплуатацию. С повышением температуры воздуха легкие фракции дизельного топлива постепенно испаряются и вязкость при положительных температурах приближается к вязкости исходного масла.

Второй особенностью применения масел при низких температурах является то, что в агрегатах трансмиссий накапливается вода от следов до 4...5 %, это ухудшает смазывающую способность некоторых масел. При эксплуатации машин в зимнее время рекомендуется периодически проверять наличие воды в картерах агрегатов трансмиссий и сливать ее через сливные отверстия.

Третьей особенностью применения масел при отрицательных температурах является снижение эффективности противозадирных и противоизносных присадок.

Не рекомендуется разбавлять трансмиссионные масла тракторным, авиационным или осветительным керосином, который резко ухудшает антифрикционные свойства масла за счет своей высокой диспергирующей способности.

Не рекомендуется также разбавлять трансмиссионные масла маловязкими маслами, так как для получения необходимого уровня вязкости при низких температурах потребуется 40...50 % маловязкого масла, что резко снизит концентрацию противоизносных присадок.

4.3. Периодичность замены трансмиссионных масел

Срок службы масел в агрегатах трансмиссий зависит от конструкции трансмиссии, качества масел, условий и режима эксплуатации автомобиля и находится в пределах от 14 до 75 тыс. км пробега.

Масло заменяют при значительном изменении его показателей качества по сравнению с исходным маслом: вязкости, кислотности, противоизносных, антикоррозионных, антиокислительных свойствах.

Условия эксплуатации для конкретной конструкции трансмиссии являются важнейшим фактором, определяющим срок смены масел. К ним относятся: нагруженность трансмиссии, тем-

пературный режим, интенсивность поступления продуктов загрязнения (пыль, вода, продукты износа деталей), механическое воздействие и др. Наиболее нагружены агрегаты трансмиссии на грунтовой дороге. Удельная энергия по сравнению с движением по скоростной дороге возрастает: по булыжной дороге в 1,66 раза, в городских условиях в 1,89 раза, в горных условиях в 1,94 раза, на грунтовой дороге в 2,21 раза.

Необходимым условием продолжительной работы масла является надежная защита агрегатов от проникновения пыли и влаги. Дорожная пыль (кварцевая) резко снижает противоизносные свойства масла, которые не компенсируются самыми эффективными присадками.

При попадании в масло $TС_{гип}$ 5 % воды нагрузка сваривания снижается в 2 раза, а износ увеличивается в 2 раза.

Одним из параметров, определяющих необходимость замены масла, считают повышение вязкости на 50 %.

Сроки службы трансмиссионных масел в современных легковых автомобилях различны и составляют 60000...75000 км пробега. В некоторых моделях легковых автомобилей масло не заменяется в течение всего срока службы. Чаще всего это практикуется в ведущих мостах с гипоидными передачами. Необходимым условием бесшумной работы масла являются его высокие эксплуатационные свойства и надежная герметизация трансмиссии.

Среднестатистические интервалы замены масла:

- для автоматической коробки передач легковых автомобилей - через каждые 30000...50000 км;
- для коробки передач и других агрегатов трансмиссии коммерческих автомобилей - через каждые 30000...50000 км;
- для коробки передач и других агрегатов трансмиссии машин с тяжелым режимом работы - через каждые 15000...30000 км.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника: Пособие для конструктора. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1999. - 329 с.
2. Грамолин А.В., Кузнецов А.С. Топливо, масла, смазки, жидкости и материалы для эксплуатации и ремонта автомобилей. - М.: Машиностроение, 1995. - 64 с.
3. Егоров Ю.И., Нарбут А.Н. Толковый словарь по автомобильному транспорту. Основные термины. - М.: Рус. яз. 1989. - 288 с.
4. Карасик И.И. Методы трибологических испытаний в национальных стандартах стран мира. - М.: Центр «Наука и техника», 1993. - 321 с.
5. Кламанн Д. Смазки и родственные продукты. Синтез. Свойства. Применение. Международные стандарты.: Пер. с англ. / Под ред. Ю.С. Заславского. - М.: Химия, 1988. - 488 с.
6. Нефтепродукты для сельскохозяйственной техники / В.А. Борзенков, М.А. Воробьев, Н.А. Кузнецов, А.Н. Никифоров. - М.: Химия, 1988. - 288 с.
7. Сафонов А.С., Ушаков А.И., Юсковец Н.Д. Автомобильные эксплуатационные материалы. - СПб.: Гидрометеиздат, 1998. - 223 с.
11. Сеницын В.В. Пластичные смазки в СССР. - М.: Химия, 1984. - 192 с.
8. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Р.М. Матвеевский, В.Л. Лашхи, И.А. Буяновский и др. - М.: Машиностроение, 1989. - 224 с.
9. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др. - М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. - 596 с.
10. Химия нефти и газа: Учеб. пособие для вузов / А.И. Богомолов, А.А. Гайле, В.В. Громова и др. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1989. - 424 с.
11. R. Baltenas, L. Sologubas, R. Sologubas. Automobiliu degalai ir tepalai, TEV, Vilnius, 1998. - 415 p.
12. A.J. Caines, R.F. Haycock. Automotive Lubricants Reference Book. Mechanical Engineering Publications Ltd., London, Bury St. Edmonds, 1996. - 706 p.
13. ANEP 99. European Petroleum Year Book. Vol. 32. Urban-Verlag, Hamburg, 1999. - 354 p.
14. Financial Times Oil and Gas International Year Book 1995. Longman Group UK Ltd. Harlow, Essex, 1994. - 504 p.
15. J.G. Wills (Mobil Oil Corporation), Lubrication Fundamentals, Marcel Dekker, Inc., New York, NY, 1980.-465 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ

76 LUBRICANTS COMPANY

Трансмиссионные масла для автотранспортных механических передач

	Назначение	Спецификации	SAE / API	Кинематич. вязкость при 100 °С, мм ² /с	Max t, °С для вязкости 150000 МПа·с	t, °С застывания	Индекс вязкости	t, °С вспышки СОС
MP Gear Lube	Для механических КПП и трансмиссий переднеприводных автомобилей и тягелонагруженных мостов (SAE 85W-140)	MIL-L-2105D MIL-PRF-2105E Chrysler MS-9020B Ford M2C 197-A Mack GO-H, GO-G, GO-F Navistar B-22 Rockwell (Timken Axle) O-76A, O-76D	SAE 75W-90 SAE 80W-90 SAE 85W-140 API GL-4/5 MT-1, PG-2	14,5 13,8 27,0	-40 -26 -12	-43 -30 -15	216 103 103	197 214 234
Triton Syn Lube EP	Для механических КПП и трансмиссий переднеприводных автомобилей и тягело нагруженных мостов (SAE 80W-140)	MIL-L-2105D Dana Corp. Axle Division Eaton Axle Division PS-037 Mack GO-J+ (SAE 75W-90) Mack GO-J (SAE 80W-140) Rockwell International O-76-N (SAE 75-90) O-76-B (SAE 80W-140)	SAE 75W-90 SAE 80W-140 API GL-5 MT-1, PG-2	17,0 30,0	-40 -26	-45 -40	149 145	205 200
HT/4 Fluid	Для трансмиссий, главных передач, гидравлических систем и навесного оборудования строительной и горной техники Caterpillar SAE 5W-20 на ПАО основе	Caterpillar TO-4, Allison C4 Eaton Fuller Transmission Euclid Equipment Komatsu Equipment Komatsu-Dresser Equip. ZF transmission	SAE 5W-20 SAE 50 SAE 10W SAE 30 SAE 60	8,0 5,9 11,0 20,0 24,0		-52 -35 -24 -10 -9	134 100 98 99 100	240 216 238 252 254

Трансмиссионные масла для механических передач спортивных автомобилей

	Назначение	Спецификации	SAE / API	Кинематич. вязкость при 100 °С, мм ² /с	Max t, °С для вязкости 150000 МПа·с	t, °С застывания	Индекс вязкости	t, °С вспышки СОО
Racing Gear Lube	Для механических КПП и трансмиссий гоночных автомобилей	MIL-PRF-2105E	SAE 90 API GL-5	17,0	-	-28	102	214
NASCAR High Per- formance Gear Oil	Для механических КПП и трансмиссий спортивных и гоночных автомобилей	MIL-L-2105C/D MIL-L-PRF-2105E Chrysler MS-9020 Ford M2C 197-A Ford M2C 105-A	SAE 80W-90 API GL-5 MT-1, PG-2	14,5	-	-28	108	200

Жидкости ATF

	Назначение	Спецификации Ford / GM	Допуски OEM's	Кинематич. вязкость при 100 °С, мм ² /с	t, °С застывания	Индекс вязкости	t, °С вспышки СОО
ATF Type F	Для автоматических трансмиссий Ford, Lincoln, Mercury и Toyota до 1977 года и некоторых моделей (1977-80), гидроусилителей руля Ford	M2C33-F	Fad ESW M2C 33-F John Deere J21A	7,25	-47	170	198

ATF Type MS7176-D	Для автоматических трансмиссий и дифференциалов Chrysler; мобильных гидравлических систем	Chrysler MS7176-D	Mopar ATF-Plus ATF+2 ATF Type 7176	7,86	-48	198	200
Multi-Purpose ATF	Для автоматических трансмиссий Ford до 1993 г., за исключением требующих жидкость Type F; для автоматических трансмиссий Honda, Nissan и Toyota, за исключением требующих жидкости Mopar Type 7176 или Toyota Type T	DEXRON II MERCON M2C 138-CJ M2C 166-H	Allison C4, C-3, Caterpillar TO-2 Ford MERCON (до 1993г.) Ford M2C 138-CJ, Ford M2C 166-H General Motors DEXRON-II (до 1993г.) Vickers M-2950-S ZF-ECOMAT	8,02	-49	174	188
Super ATF	Для автоматических трансмиссий Ford до 1997 г., за исключением требующих жидкость Type F; для автоматических трансмиссий Honda, Nissan и Toyota, за исключением требующих жидкости Mopar Type 7176 или Toyota Type T	DEXRON III DEXRON IIE MERCON M2C 138-CJ M2C 166-H	Allison C4, C-3, Caterpillar TO-2 Daimler-Benz ATF, Ford MERCON Ford M2C 138-CJ, Fad M2C 166-H General Motors DEXRON-III и IIE Vickers M-2950-S ZF-ECOMAT	7,59	-50	204	188
MERCON V ATF	Для новейших автоматических трансмиссий Ford, за исключением требующих жидкость Type F; для автоматических трансмиссий Mercedes-Benz, Nissan, Toyota, Volvo и гидросилителей руля	DEXRON III DEXRON II MERCON V MERCON M2C 138-CJ M2C 166-H	Allison C4, C-3, Caterpillar TO-2 Mercedes-Benz ATF, Ford MERCON V Ford M2C 138-CJ, Ford M2C 166-H General Motors DEXRON-III и II Vickers M-2950-S ZF-ECOMAT	8,40	-53	197	196

Примечание: все жидкости красного цвета

ADDINOL LUBE OIL GmbH

Трансмиссионные масла для автотранспортных механических передач

Торговое название	Назначение	Классификации SAE и API	Лицензии	Вязкость при 100 °С, мм ² /с	Индекс вязкости	Температура вспышки, °С	Температура застывания, °С
GS 80W	Для смазывания высоконагруженных главных гипоидных передач с небольшим смещением моста и синхронизированных коробок передач с ручным управлением, а также для передач рулевого управления и распределительных коробок передач автомобилей и стационарных машин	80W; GL-4	MB 235.1; MAN 341 ZF TE-ML 02, 08	10,5	100	200	-29
GS 75W-90		75W-90; GL4		13,8	175	180	-41
GS 80W-90		80W-90; GL4		17,2	123	200	-30
GS 85W-90		85W-90; GL-4	ZF TE-ML 02, 08	18,0	103	200	-26
GS 85W-140		85W-140; GL-4		29,0	98	200	-20
GH 80W	Для смазывания высоконагруженных главных гипоидных передач с большим смещением моста, распределительных, промежуточных и вспомогательных передач легковых, грузовых автомобилей. Также для несинхронизированных коробок передач с ручным управлением. GH 80W-140 специально предназначено для климатических условий с экстремальными перепадами температур	80W; GL-5		10,5	100	200	-29
GH 75W-90		75W-90; GL-5	Выполняет требования VW 501.50	14,0	177	190	-45
GH 80W-90		80W-90; GL5		15,1	115	200	-32
GH 85W-90		85W-90; GL-5	MB 235.0; MAN 342 ZF TE-ML 01, 05, 07	17,5	100	200	-25
GH 80W-140		80W-140; GL-5		33,0	150	200	-32
GH 85W-140		85W-140; GL-5		27,2	98	200	-20
GX 80W-90	Для смазывания главных гипоидных передач, распределительных, промежуточных и вспомогательных коробок передач легковых и грузовых автомобилей; используется также в синхронизированных и несинхронизированных коробках передач с ручным управлением	80W-90; GL4/GL5	MAN 341/342 Mercedes-Benz 235.1/235.0	15,2	115	200	-32

GX 80W-90ML	Для смазывания главных гипоидных передач и распределительных коробок передач тяжелых транспортных средств. Масло гарантирует оптимальные эксплуатационные характеристики при максимальных интервалах смены масла	80W-90; GL4/GL5	MAN 3343 тип ML	15,1	112	230	-33
GH 85W-90LS	Для смазывания главных передач с самоблокирующимися дифференциалами в грузовых автомобилях; в гипоидных коробках передач без блокирующего дифференциала. Используется в лесных и строительных машинах	85W-90; GL5	ZF TE-ML 05	17,0	100	200	-25

Жидкости ATF

Торговое название	Назначение	Спецификации Ford/GM	Лицензии	Вязкость при 100 °С, мм ² /с	Индекс вязкости	Температура вспышки, °С	Температура застывания, °С
ATF TASA	В п/автоматических и автоматических коробках передач (с замедлителем и без) легковых и грузовых автомобилей, автобусов и др. транспортных средств; в гиподинамических преобразователях, в гидросистемах и гидравлических усилителях рулевого привода легковых и грузовых автомобилей	TASA / Dexron II D	ATF TASA-MB 236.2 Renk (DOROMAT)	7,5	155	215	-41
ATF D II D		Dexron II D	MAN 339C ZF-TE ML 09, 11, 14 Voith (G607) Renk (DOROMAT) MB 236.6	7,5	160	220	-40
ATF D III		Dexron III	MAN 339F Voith (G607) ZF TE-ML 11, 14 MB 236.2, 236.5	7,3	200	190	-45

BRITISH PETROLEUM**Универсальные масла для механических трансмиссий**

BP	Классификации	OEM's	Вязкость при 100 °С, мм²/с	Вязкость по Брукфильду, МПа с	t, °С застывания	Индекс вязкости	t, °С вспышки СОС
Energear SHX-M¹⁾	SAE 75W-90; SAE J2360; API GL-3,-4,-5; MT-1; MIL-L-2105, -2105 D; MIL-PRF-2105E	MB 235.8; ZF TE-ML 01/02D/05B/07/08/12B; MAN 3343 SL; Scania STD 1:0 (мосты, КПП-180 тыс.км); RVI (КПП, мосты); DAF (ZF КПП, MIL-L-2105D мосты); Eaton (КПП-160 тыс.км); Volvo STD 97310 (мосты), STD 97305 (КПП); Iveco (КПП, мосты - MIL-L-2105D)	15,1	65700 при -40 °С	-54	156	202
Energear HT²⁾	SAE 75W-90; SAE J2360; API GL-3, -4, -5, MT-1; MIL-L-2105, -2105 D, MIL-PRF-2105E;	ZF TE-ML 01/02B/05A/07A/08A/12A; Scania (КПП, мосты); DAF (ZF КПП, MIL-L-2105D мосты); Iveco (КПП, мосты - MIL-L-2105D); Eaton (КПП -160 тыс. км); Volvo STD 97310 (мосты), RVI (КПП, мосты) STD 97305 (КПП)	13,9	140000 при -40 °С	-42	150	190
Energear HT²⁾	SAE 80W; SAE J2360; API GL-3, -4, -5, MT-1; MIL-L-2105, -2105 D; MIL-PRF-2105E	Renault 03. 80. 500; ZF TE-ML 02A/08A; Volvo STD 97305 (КПП)	9,4	20000 при -26 °С	-39	118	214
Energear HT²⁾	SAE 80W-90; SAE J2360; API GL-3, -4, -5; MT-1; MIL-L-2105, -2105 D; MIL-PRF-2105E	ZF TE-ML 01/02B/05A/07A/08A/12A; MAN 3343ML; Scania (КПП, мосты), STD 1: 0 (КПП -180 тыс. км); DAF (ZF КПП, MIL-L-2105D мосты); Eaton (КПП -160 тыс. км); Volvo STD 97310 (мосты), STD 97305 (КПП); Iveco (КПП, мосты - MIL-L-2105D); RVI (КПП, мосты)	14,4	70000 при -26 °С	-30	110	214

Energear HT²⁾	SAE 85W-140; SAE J2360; API GL-3, -4, -5; MT-1; MIL-L-2105, -2105 D; MIL-PRF-2105E	Scania (КПП, мосты), STD 1: 0 (КПП, мосты -180 тыс. км); DAF (ZF КПП, MIL-L-2105D мосты); Eaton (КПП -160 тыс. км); Volvo STD 97310 (мосты), STD 97305 (КПП); Iveco (КПП, мосты - MIL-L-2105D); RVI (КПП, мосты)	24,8	50000 при -12 °С	-24	100	>200
Energear DL	SAE 80W; API GL-3, -4, -5; MIL-L-2105, -2105 D	ZF TE-ML 01/02A/08A; MAN 341N; Scania (КПП, мосты), DAF (ZF КПП, MIL-L-2105D мосты); Eaton (КПП -100 тыс. км); Volvo STD 97310 (мосты), STD 97305 (КПП); Iveco (КПП, мосты - MIL-L-2105D); RVI (КПП, мосты)	10,4	50000 при -26 °С	-30	101	224
Energear DL	SAE 80W-90; API GL-3, -4, -5; MIL-L-2105, -2105 D	ZF TE-ML 01/02B/05A/07A/08A/12A; MAN 3343ML; Scania (КПП, мосты), DAF (ZF КПП, MIL-L-2105D мосты); Eaton (КПП -100 тыс. км); Volvo STD 97310 (мосты), STD 97305 (КПП); Iveco (КПП, мосты - MIL-L-2105D); RVI (КПП, мосты)	14,5	145000 при -26 °С	-27	99	226

Масла для механических трансмиссий

BP	Назначение	Классификации	OEM's	Вязкость при 100 °С, мм ² /с	Вязкость по Брукфильду, мПа с	t, °С застывания	Индекс вязкости	t, °С вспышки СОС
Energear MBE	Универсальное для механических трансмиссий л/а Mercedes-Benz	SAE 85W-90; API GL-5	MB 235.7	17,6	150000 (-12 °С)	-27	96	220
Energear SHX 30¹⁾	Для механических КПП и трансмиссий переднеприводных автомобилей	SAE 75W-80; API GL-3, -4	ZF TE-ML 01/02D; MAN 341 SL; DAF (ZF КПП); Eaton (КПП -300 тыс. км); Volvo STD 97305 (КПП); RVI (ZF КПП)	10,8	38400 (-40 °С)	<-51	144	230

Energear SGX ²⁾	Для механических КПП и трансмиссий переднеприводных автомобилей	SAE 75W-90; API GL-4	VW 501. 50; Suzuki; RVI (КПП, мосты)	14,0	150000 (-40 °C)	-42	197	178
Energear MBT ¹⁾	Для механических КПП	SAE 75W-90; API GL-4	MB 235.11	14,2	150000 (-40 °C)	-42	162	215
Energear EP	Для механических КПП и трансмиссий переднеприводных автомобилей	SAE 80W; API GL-4; MIL-L-2105	MAN 341 N; MB 235.1; ZF TE-ML 02A/08A	10,4	150000 (-26 °C)	-24	97	>200
Energear EP	Для механических КПП и средненагруженных дифференциалов	SAE 80W-90; API GL-4; MIL-L-2105	ZF TE-ML 02A/08A	13,9	150000 (-26 °C)	-27	95	>200
Energear EP	Для механических КПП и средненагруженных дифференциалов	SAE 90; API GL-4; MIL-L-2105	MAN 341 N; ZF TE-ML 02A/08A	16,3		-18	94	>200
Energear EP	Для механических КПП и средненагруженных дифференциалов	SAE 85W-140; API GL-4; MIL-L-2105	ZF TE-ML 02A/08A	28,6	150000 (-12 °C)	-15	90	>200
Energear EP	Для механических КПП и средненагруженных дифференциалов	SAE 140; API GL-4; MIL-L-2105	ZF TE-ML 02A/08A	29,0		-9	87	>200
Energear SHX ¹⁾	Для высоконагруженных дифференциалов и некоторых механических КПП	SAE 75W-90; API GL-5	BMW (Мосты); MB 235.8 (мосты) ZF TE-ML 05B/12B; MAN 342SL	15,2	43000 (-40 °C)	-57	160	216

Energear SHX-S ¹⁾	Для высоконагруженных дифференциалов	SAE 75W-140; API GL-5; MIL-L-2105D	Scania STO 1: 0 (КПП, мосты - 180 тыс. км)	25,0	140000 (-40°)	-45	170	203
Energear Hypo ²⁾	Для высоконагруженных дифференциалов и некоторых механических КПП	SAE 75W-90; API GL-5; MIL-L-2105 D	ZF TE-ML 01/05A/07A; Scania (КПП, мосты); DAF(МОСТbi-MIL-L-2105D); Volvo STD 97310 (мосты); Iveco (КПП, мосты - MIL-L-2105 D)	14,0	150000 (-40° C)	-42	150	>200
Energear FE ²⁾	Для высоконагруженных дифференциалов	SAE 80W-140; API GL; MIL-L-2105 D	Scania (КПП, мосты); DAF (мосты); Volvo STD 97310 (мосты); Iveco (КПП, мосты - MIL-L-2105 D)	25,0	140000 (-26 °C)	-27	139	220
Energear Hypo	Для некоторых дифференциалов и механических КПП	SAE 80W; API GL-5; MIL-L-2105 D	ZF TE-ML 01; MAN 342 N; DAF (мосты); Scania (КПП, мосты); Volvo STD 97310 (мосты); Iveco (КПП, мосты - MIL-L-2105 D)	10,3	150000 (-26 °C)	-30	95	210
Energear Hypo	Для высоконагруженных дифференциалов и некоторых механических КПП	SAE 80W-90; API GL-5; MIL-L-2105 D	ZF TE-ML 01/05A/07A; Scania (КПП, мосты); DAF (мосты); Volvo STD 97310 (мосты); Iveco (КПП, мосты -MIL-L-2105 D)	13,9	150000 (-26 °C)	-30	99	220
Energear Hypo	Для высоконагруженных дифференциалов и некоторых механических КПП	SAE 90; API GL-5; MIL-L-2105 D	ZF TE-ML 01/05A/07A; MAN 342N; MB 235. 0; Scania (КПП, мосты); DAF (мосты); Volvo STD 97310 (мосты); Iveco (КПП, мосты -MIL-L-2105 D)	16,9		-21	91	220
Energear Hypo	Для высоконагруженных дифференциалов	SAE 140; API GL-5	Scania (КПП, мосты); DAF (мосты); Volvo STD 97310 (мосты); Iveco (КПП, мосты - MIL-L-2105 D)	30,8		-9	84	230

Energear Hypo	Для высоконагруженных дифференциалов	SAE 85W-140; API GL-5; MIL-L-2105 D	ZF TE-ML 05A/07A; Scania (КПП, мосты); DAF (мосты); Volvo STD 97310 (мосты); Iveco (КПП, мосты - MIL-L-2105 D)	28,5	150000 (-12 °C)	-15	90	220
Energear Limslip	Для самоблокирующихся дифференциалов	SAE 90; API GL-5; MIL-L-2105 D	ZF TE-ML 05C/12C; Borg-Warner	15,8		-21	95	212
Energear SHX-LS ¹⁾	Для самоблокирующихся дифференциалов	SAE 75W-90; API GL-5; MIL-L-2105 D	Ford M2C 104A	15,5	150000 (-40 °C)	-54	152	210
Energear SHX-ZR ¹⁾	Для самоблокирующихся дифференциалов	SAE 75W-140; API GL-5; MIL-L-2105 D	BMW (Мосты); ZF TE-ML 05D/12D	24,7	148000 (-40 °C)	-54	169	224

1) - на основе синтезированных полиальфаолефинов

2) - на основе HC-Synthetic

Жидкости ATF

BP	Назначение	Спецификации Ford / GM	OEM's	Вязкость при 100 °C, мм ² /с	Вязкость по Брукфильду, мПа с	t, °C застывания	Индекс вязкости	t, °C вспышки СОС
Autran Synthetic ATF ¹⁾	Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем и гидроусилителей руля	DEXRON III; MERCON	GM 6297M/ Opel / Vauxhall; GM Allison C4; Ford M2C-185A; ZF TE-ML 14C	7,6	19000 (-40 °C)	<-51	198	180

Autran DX III ²⁾	Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем и гидроусилителей руля	DEXRON III; MERCON	GM 6297M/ Opel/ Vauxhall; GM Allison C4; Ford M2C-185A; MAN 339F ZF TE-ML 02F/04D/14A;	7,2	20000 (-40 °C)	-51	182	202
Autran LTF ¹⁾	Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем и гидроусилителей руля	DEXRON IIE; MERCON	GM 6137M/ Opel/ Vauxhall; MAN 339 D; GM Allison C3, C4; Ford M2C-185A; ZF TE-ML 09A/14C; MB 236. 8; Denison; Caterpillar TO2, Renk, Sperry-Vickers, Voith G1363	7,4	17000 (-40 °C)	<-51	205	240
Autran MBX ²⁾	Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем и гидроусилителей руля	DEXRON IID; MERCON	GM 6297M/ Opel/ Vauxhall; MAN 339 C GM Allison C4; Ford M2C-185A; Renk; ZF TE-ML 04D/14A; MB 236. 6; Voith G607	7,5	50000 (-40 °C)	-42	163	217
Autra GM-MP ²⁾	Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем и гидроусилителей руля	Type A Suffux A (T. A. S. A.); DEXRON	GM Allison C3; MB 236. 2.	7,4	50000 (-40 °C)	-42	164	210
Autran MM-SP III ²⁾	Для автоматических трансмиссий		Mitsubishi; Hyundai	7,6	50000 (-40 °C)	-42	160	180
Autran MT 75	Для автоматических трансмиссий		Ford M2C 186-A	7,2	150000 (-40 °C)	-42	150	210
ATF 900 ²⁾	Для автоматических трансмиссий		Ford M2C33-G	8, 0	40000 (-40 °C)	-42	193	220

1) - на основе синтезированных полиальфаолефинов

2) - на основе HC-Synthetic

EXXONMOBIL LUBRICANT & PETROLEUM SPECIALTIES (ESSO)

Трансмиссионные масла

	Классификации	Допуски OEM's	Вязкость при 100 °С, мм ² /с	t, °С застывания	Индекс вяз- кости	t, °С вспышки
GEAR OIL GP-D	SAE 80W API GL-4	Mercedes-Benz 235.1 TE-ML 02A ZF TE-ML 08A ZF MAN 341 Typ N	10,1	-27	No inf.	224
GEAR OIL GP-D	SAE 85W-90 API GL-4	MAN 341 Typ N	17,0	-18	No inf.	230
GEAR OIL GP-D	SAE 85W-140 API GL-4		27,1	-18	No inf.	224
GEAR OIL GX-D	SAE 80W SAE 85W-90 API GL-5 MIL-L-2105 D	MAN 342	10,1 17,4	-30 -24	No inf.	210 220
GETRIE- BEOEL GX	SAE 85W-140 API GL-5		25,2	-18	No inf.	216
GEAR OIL GX	SAE 75W-90 API GL-5		16,4	-39	No inf.	208
GETRIE- BEOEL LSA	SAE 85W-90 API GL-5 MIL-L-2105 D	TE-ML 05 ZF Ford ESW-M2C104-A	17	-30	100	215
GEAR OIL TDL	SAE 80W-90 API GL-5/GL-4	MAN 3343 Typ ML ZF TE-ML 02B, 05A, 07A, 08A, 12A	14,9	-33	100	210
GETRIE- BEOEL ST	SAE 80W SAE 85W-90 API GL-3		10 17,5	-30 -21	107 89	220 240

GETRIE- BEOEL FE	SAE 75W-90 API GL-4+	VW-Norm 501 50	14,8	-45	No inf.	232
GETRIE- BEOEL TSM	SAE 75W-90 API GL-4 MIL-L-2105	Ford ESW-M2C104-A Opel B 040 1043	16,5	-42	No inf.	210
GETRIE- BEOEL NLS	SAE 75W-90 API GL-5	BMW Betriebsstoffe Baugruppe 33, Abs. 2.0	15,3	-54	No inf.	222
GEAR OIL MB 317		Mercedes-Benz Blatt 235.10	7,2		No inf.	219

Масла для автоматических трансмиссий

	Спецификации допуски OEM's	Кинематич. вязкость при 100 °C, мм ² /с	t, °C застывания	Индекс вяз- кости	t, °C вспышки
ATP TYPE A SUFFIX A	MAN 339, Typ A Mercedes-Benz, Blatt 236. 2 Renk 5074343 (Doromat)	6,9	-39		202
ATF D (21065)	ZF TE-ML 03 ZF TE-ML 04D ZF TE-ML 09A ZF TE-ML 11B ZF TE-ML 14D VOITH-G 607 BMW Service Betriebsstoffe Hauptgruppe 23 Abs. 3.0, 24 Abs. 3.0; 4.0	7,2	-39		210

ATF D (21611)	<p>General Motors 6137M Ford M2C138-CJ Ford M2C166-H Ford M2C41-B(Traktoren) Ford M2C33-F-Anwendungen Ford M2C33-G-Anwendungen Renk Doromat MAN 339 Typ D Mercedes Benz 236.7 Peugeot SA Voith DIWA 607 ZF TE-ML 03D, 04D, 9A, 11 A, 14A</p>	7,6	-42	No inf.	210
ATF F-30320	<p>Ford ESP M2C 138CJ Ford ESP M2C 166 H General Motors DEXRON III F-30320 Ford Mercon, M-92-1253 Allison C 4 Mercedes-Benz 236.1 und 236.5 ZF TE-ML 02F, 03, 04D, 09A, 11B, 14A VOITH G 607</p>	7,4	-42	No inf.	188
ATF LDS	<p>GM DEXRON IIE FORD MERCON ALLISON C-4 MERCEDES-BENZ, Blatt 236.8 RENK DOROMAT VOITH G 607 und G 1363 ZF TE-ML 09A ZF TE-ML 14C</p>	7,5	-51	No inf.	212
ATF LT 71141	<p>Mercedes-Benz 236.11 VW TL521 62 ZF TE-ML 02F, 11B, 14B VOITH G 607, VOITH G 1363</p>	7,4	-54	No inf.	219

RAVENOL

Трансмиссионные масла для автотранспортных механических передач

RAVENOL	Назначение	API	Спецификации US Military	SAE	Кинематич. вязкость при 100 °С, мм ² /с	Max t °С для вязкости 15000 мПа·с	t °С засты- вания	Индекс вязкости	t, °С вспышки СОО
VSG (синтетич.)	Для механических КПП, дифференциалов и трансмиссий (в том числе гипоидных) легковых и грузовых автомобилей	GL-4/5	MIL-L-2105D	SAE 75W-90	16,2	-40	-48	199	154
TSG (п/синтетич.)	Для механических КПП, дифференциалов и трансмиссий легковых и грузовых автомобилей	GL-4	MIL-L-2105D	SAE 75W-90	16,0	-40	-48	200	165
TSG LS (п/синтетич.)	Для механических передач с самоблокируемыми дифференциалами	GL-4/5+LS	MIL-L-2105D	SAE 75W-90	16,2	-40	-48	200	168
HY- Spezialgetriebe	Специально для трансмиссий легковых автомобилей Peugeot, Renault, Citroen, Talbot, Mazda, Hyundai	GL-5	MIL-L-2105D	SAE 75W-80	8,4	-45	-51	135	150
MZ- Spezialgetriebe	Для механических КПП, дифференциалов и трансмиссий легковых и грузовых автомобилей	GL-4	MIL-L-2105	SAE 80W-85	12,1	-30	-33	102	219

MZ-Getriebeoel (минеральное)	Для механических КПП, дифференциалов и трансмиссий легковых и грузовых авто	GL-4	MIL-L-2105	SAE 80W	9,3	-26	-27	104	218
				SAE 90	17,3	-18	-25	103	225
				SAE 140	30,6	-15	-21	104	230
				SAE 80W-90	16,4	-26	-27	117	222
				SAE 85W-90	17,1	-18	-21	106	224
LS Getriebeoel (минеральное)	Для высоконагруженных механических передач с самоблокируемыми дифференциалами	GL-5+LS	MIL-L-2105D	SAE 80W-90	16,6	-30	-33	110	190
Hypoid EPX Getriebeoel (минеральное)	Для высоконагруженных дифференциалов и трансмиссий легковых и грузовых автомобилей	GL-5	MIL-L-2105C	SAE 80W	9,4	-26	-27	103	220
				SAE 90	17,2	-22	-25	100	225
			MIL-L-2105D	SAE 80W-90 SAE 85W-90	15,7	-26	-36	115	200

Жидкости ATF

RAVENOL	Назначение	Классификации GM / Ford	Допуски OEM'S	Цвет	Кинематическая вязкость при 40 °C, мм ² /с	Кинематическая вязкость при 100 °C, мм ² /с	t, °C застывания, не выше	Индекс вязкости	t, °C вспышки СОС	Фосфор, %	Хлор, ppm	Зольность, %
ATF Autom.-Getr.-Oel	Для автоматических трансмиссий и гидроусилителей руля	Type A Suffix A (TASA)	-	красный	39,5	7,4	-40	157	182	0,1	65	1,63
DEXRON D II Autom.-Getr.-Oel	Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем и гидроусилителей руля	DEXRON II D	MB 236.7 (18.09.00)		43,2	8,25	-40	168	198	0,0,3	<50	0,18
DEXRON F III Autom.-Getr.-Oel	Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем	DEXRON III	MB 236.1 и 236.5 (18.09.00)		35,9	7,96	-40	204	180		200	0,06

TEBOIL

Трансмиссионные масла для автотранспортных механических передач

TEBOIL	Назначение	Классификации	Кинематич. вязкость при 100 °С, мм ² /с	Max t, °С для вязкости 150000 МПа·с	t, °С застывания	Индекс вязкости	t °С вспышки СОС	Сульфатная зольность, % массы	Содержание фосфора, % массы
TEBOIL GEAR OIL	Минеральные трансмиссионные масла, содержащие противоизносные и антикоррозионные присадки	SAE 80W	12,5	-26	-33	105	220	<0,01	-
		SAE 90	17,0	-	-18	90	230	<0,01	-
		SAE 140	26,5	-	-9	90	260	<0,01	-
		SAE 80W-90	15,0	-26	-33	113	220	0,1	0,35
		API GL-1							
TEBOIL EP	Минеральные трансмиссионные масла для круглогодичного использования в механических КПП и дифференциалах	SAE 80W	12,5	-26	-33	105	196	<0,01	0,026
		SAE 80W-90	15,0	-26	-33	115	200	<0,01	0,026
		API GL-4 MIL-L-2105							
TEBOIL HYPOID	Многоцелевые минеральные трансмиссионные масла, специально разработанные для смазки дифференциалов гипoidного типа с высокими поверхностным давлением и скоростью скольжения. SAE 80W-140 полусинтетическое, специально разработано для грузовиков, работающих в режиме «Heavy Duty». Рекомендуется для смазки мостов Volvo, Scania и Sisu	SAE 75W	6,5	-40	-39	100	190	<0,01	0,051
		SAE 80W	12,5	-26	-33	110	196	<0,01	0,051
		SAE 90	17,0	-	-21	90	210	<0,01	0,051
		SAE 140	26,5	-	-9	90	220	<0,01	0,051
		SAE 80W-90	15,0	-26	-33	115	196	<0,01	0,051
		SAE 80W-140	26,5	-26	-30	130	190	<0,01	0,051
API GL-5 MIL-L-2104D									
TEBOIL LU-KOPERAOL JY	Высококачественное специальное масло, используемое для круглогодичной смазки ведущих мостов, оснащенных фрикционной блокировкой дифференциала	SAE 80W-90 API GL-5	15,0	-26	-33	115	180	<0,01	0,094

Синтетические трансмиссионные масла для автотранспортных механических передач

TEVOIL	Назначение	Классификации	Кинематич. вязкость при 100 °С, мм ² /с	Вязкость по Брукфильду, МПа·с	t, °С застывания	Индекс вязкости	t, °С вспышки СОС	Сульфатная зольность, % массы	Содержание фосфора, % массы	Содержание магния, % массы	Содержание бора, % массы
TEVOIL EP	Синтетическое трансмиссионное масло для механических КПП и дифференциалов. Обеспечивает, по сравнению с минеральными маслами, лучшую смазку и текучесть при низких температурах, меньшее внутреннее трение и высокую окислительную стабильность при высоких температурах	SAE 75W-90 API GL-4 MIL-L-2105	14,0	65 000 (-40)	-48	150	210	0,24	0,082	0,048	0,028
TEVOIL HYPOID	Синтетическое масло, предназначенное для смазывания механических передач. Высокое содержание эффективных противозадирных присадок обеспечивает работу в условиях высоких давлений. Специально разработано для дифференциалов легковых и грузовых автомобилей и наземной техники. Teboil Hypoid SAE 75W-140 специально разработано для грузовиков, работающих в режиме «heavy-duty»	SAE 75W-90 MIL-L-2105D API GL-5	14,0	65000 (-26)	-45	150	210	0,65	0,163	0,095	0,055
		SAE 75W-140 MIL-L-2105D API GL-5	26,5	125000 (-26)	-48	182	210	<0,01	0,056	-	-

Жидкости ATF

TEBOIL	Назначение	Спецификации	Кинематич. вязкость при 100 °С, мм ² /с	Вязкость по Брукфильду МПа·с	t, °С застывания	Индекс вязкости	t, °С вспышки СОС	Сульфатная зольность, % массы	Содержание фосфора, % массы	Содержание бора, % массы
FLUIDD	Для автоматических трансмиссий (GM до 1994 г.), гидравлических систем и гидроусилителей руля	ATF Type A Suffix A GM Dexron II Ford M2C-138-CJ M2C-166 H, Allison C3/C4 CAT TO-2, MB 236.1	7,5	38000 (-40 °С)	-45	165	190	0,04	0,029	0,013
FLUID E	Для автоматических трансмиссий (GM после 1994 г.), гидравлических систем и гидроусилителей руля	GM Dexron III Ford Mercon Allison C-4	9,2	13000 (-40 °С)	-48	207	204	0,05	0,029	0,014
FLUID ES	Синтетическое масло уровня GM Dexron III с отличными низкотемпературными свойствами и максимальными интервалами замены. Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем и гидроусилителей руля	GM Dexron III	7,5	5850 (-40 °С)	-60	195	230	0,04	0,029	0,013
FLUID TO-4	Специальная жидкость класса CAT TO-4 для использования в трансмиссиях и гидравлических системах тракторов и другой наземной техники (Allison C-4, Komatsu)	SAE 10W	6,5	86000 (-35 °С)	-33	100	220	1,66	0,10	-
		SAE 30	11,0	54000 (-25 °С)	-30	90	240	1,66	0,10	-
		SAE 50	18,0	38000 (-15 °С)	-18	95	240	1,66	0,10	-

TEXACO

Трансмиссионные масла для автотранспортных механических передач

	Назначение	Классификации	Допуски OEM's	Кинематич. вязкость при 100 °С, мм ² /с	Max t, °С для вязкости 150000 МПа·с	t °С застывания	Индекс вязкости	t, °С вспышки СОС
Geartex EP-A	Для механических КПП и трансмиссий переднеприводных автомобилей	SAE 80W API GL-4	MAN 341 N, MB 235.1 MIL-L-2105A ZF TE-ML 02A/08A	9,5	-26	-36	100	220
Geartex EP-B	Для механических КПП и дифференциалов	SAE 85W-90 API GL-5	MAN 342 N, MB 235.0 MIL-L-2105B/C/D ZF TE-ML 01/05A/ 07A/08A/12A	16,8	-12	-33	103	220
Geartex EP-C	Для механических КПП и дифференциалов	SAE 80W-90 SAE 85W-140 API GL-5	MIL-L-2105B/C/D	15,0 26,1	-26 -12	-33 -18	110 100	204 214
Geartex LS	Для самоблокируемых дифференциалов	SAE 85W-90 API GL-5	MIL-L-2105B/C/D ZF TE-ML 05C	17,0	-12	-30	100	210
Geartex S4	Для механических КПП и трансмиссий переднеприводных автомобилей	SAE 75W-90 API GL-4	VW 501.50	14,1	-40	-45	198	182
Geartex S5	Для механических КПП и дифференциалов	SAE 75W-140 API GL-5/MT-1	MIL-L-2105D	25,5	-40	-54	184	215
Multigear	Для механических КПП, дифференциалов и трансмиссий переднеприводных автомобилей	SAE 80W-90 API GL-4/GL-5 MT-1	MAN 3343 ML MIL-L-2105D ZF TE-ML 01/02A/05A /07A/08A	15,7	-26	-36	115	200

Multigear S	Для механических КПП, дифференциалов и трансмиссий переднеприводных автомобилей	SAE 75W-90 API GL-4/GL-5 MT-1	MAN 3343 SL, VW 501.50 MIL-L-2105D ZF TE-ML 01/02/05B/ /07A/08A	14,7	-40	-54	157	200
Multigear MTF	Для механических КПП и трансмиссий переднеприводных автомобилей	SAE 75W-80 API GL	MAN 341 TL, MB 235.4 ZF TE-ML 02D; DAF	9,2	-40	-48	129	228
Textran HD	Для трансмиссий, главных передач, гидравлических систем и навесного оборудования строительной и горной техники Caterpillar	SAE 10W SAE 30 SAE 50 API CF/CF-2	Caterpillar TO-4 Allison C4 ZF TE-ML 01/03 Komatsu, Eaton	6,5 10,5 18,8	-35 -25 -15	-36 -27 -18		218 240 264
Textran TDH Premium	Для трансмиссий, главных передач, гидравлических систем, «мокрых» тормозов и навесного оборудования строительной и сельскохозяйственной техники	API GL-4	Allison C3/C4 Case MS1204/ 1205/ 1206/1207/ 1210/B6 Caterpillar TO-2 Ford ESN-M2C 134C Ford (NH) 134A/B/C/D Ford 86C/41B/48B/ 53A JohnDeerJ14A/20A/B/C/D Massey Ferguson M1110/M1127/M1129/M1135/M1141 Volvo 97303 ZF TE-ML 05/06	9,3	-40	-45	147	222
Texaco MTF 94	Для механических трансмиссий автомобилей Rover, Land Rover, Honda	SAE 75W-80 API GL-4	Rover, Land Rover, Honda	10,5	-40	-45	191	185

Жидкости ATF

 TEXACO	Назначение	Спецификации	Допуски OEM's	Кинематич. вязкость при 100 °С, мм ² /с	t, °С застывания	Индекс вязкости	t, °С вспышки СОС
Texamatic 9330	Для автоматических трансмиссий и гидроусилителей руля	M2C33-G	Ford ESP M2C 33-G SQM2C9007, Leyland E Volvo 97303	8,4	-45	188	202
Texamatic 1585	Для автоматических трансмиссий и гидроусилителей руля	Type A Suffux A (TASA)	MAN 339 A, MB 236.2	7,5	-39	160	180
Texamatic 4011	Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем и гидроусилителей руля	DEXRON II D MERCON	MAN 339 D, MB 236.5/6 Voith G 607 ZF TE-ML 09A/11A/14D Allison C4, Caterpillar TO-2	7,4	-45	181	224
Texamatic 4291	Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем и гидроусилителей руля	DEXRON II D	MB 236.5/7, Voith G 607 Allison C-4 ZF TE-ML 09A/11A/14D Ford M2C 138-CJ Caterpillar TO-2	7,8	-45	178	202
Texamatic 7045	Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем и гидроусилителей руля	DEXRON III MERCON	Voith G 607 ZF TE-ML 09B/14D Allison C4, Caterpillar TO-2 Ford M2C 138-CJ M2C 166-H, Fad M2C194A	7,8	-54	197	200
Texamatic S	Для автоматических трансмиссий, гидравлических систем и гидроусилителей руля	DEXRON IIE	MB 236.8 Voith G 1363/G 607 ZF TE-ML 09A/14C Caterpillar TO-2	7,5	-51	204	220

ТЮМЕНСКАЯ НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ



ТНК ТРАНС Ойл SAE 80W-85

Трансмиссионные масла ТНК ТРАНС Ойл SAE 80W-85 (ТМ-4-12) предназначены для автомобильных трансмиссий, в которых рекомендуется использование трансмиссионных масел группы **GL-4** по классификации **API** (Американского Нефтяного Института).

Трансмиссионные масла ТНК ТРАНС Ойл SAE 80W-85 изготавливаются на основе минерального базового масла с добавлением усовершенствованного пакета отечественных и импортных присадок.

Трансмиссионные масла ТНК ТРАНС Ойл SAE 80W-85 соответствуют требованиям, предъявляемым отечественными производителями автомобильных трансмиссий как грузовых, так и легковых автомобилей. Масло **SAE 80W-85** предназначено для переднеприводных автомобилей ВАЗ (соответствует ТТМ АвтоВАЗ 1.97.0728-98), что подтверждено сертификатами АО АвтоВАЗ и Ethyl Petroleum Additives.

Трансмиссионные масла ТНК ТРАНС Ойл SAE 80W-85 соответствуют группе **GL-4** по классификации **API**.

Техническая характеристика масла

		ТМ-4-12
Вязкость по SAE		80W-85
Класс по API		GL-4
Вязкость кинематическая при 100 °С	мм ² /с	11,5...12,5
Индекс вязкости, не менее		
Температура вспышки в открытом тигле, не ниже	°С	200
Температура застывания, не выше	°С	
Нагрузка сваривания, не менее	кгс	350

Выпускаются по ТУ 38.301-41-164-96. Обязательной сертификации по «Системе сертификации ГОСТ Р» не подлежат.

ТНК ТРАНС Ойл SAE 80W-90

Трансмиссионные масла ТНК ТРАНС Ойл SAE 80W-90 (ТМ-4-18) предназначены для автомобильных трансмиссий, в которых рекомендуется использование трансмиссионных масел группы **GL-4** по классификации **API** (Американского Нефтяного Института).

Трансмиссионные масла ТНК ТРАНС Ойл SAE 80W-90 изготавливаются на основе минерального базового масла с добавлением усовершенствованного пакета отечественных и импортных присадок.

Трансмиссионные масла ТНК ТРАНС Ойл SAE 80W-90 соответствуют требованиям, предъявляемым отечественными производителями автомобильных трансмиссий как грузовых, так и легковых автомобилей.

Трансмиссионные масла ТНК ТРАНС Ойл SAE 80W-90 соответствуют группе **GL-4** по классификации **API**.

Техническая характеристика масла

		TM-4-18
Вязкость по SAE		80W-90
Класс по API		GL-4
Вязкость кинематическая при 100 °С	мм ² /с	14,0...16,5
Индекс вязкости, не менее		94
Температура вспышки в открытом тигле, не ниже	°С	225
Температура застывания, не выше	°С	-28
Нагрузка сваривания, не менее	кгс	

Выпускаются по ТУ 38. 301-41-154-94. Обязательной сертификации по «Системе сертификации ГОСТ Р» не подлежат.

ТНК ТРАНС Ойл 85W-90

Трансмиссионное масло ТНК ТРАНС Ойл 85W-90 (TM-5-18) предназначено для гипоидных передач автомобилей и другой мобильной техники.

Трансмиссионное масло ТНК ТРАНС Ойл 85W-90 изготавливаются на основе минерального базового масла с добавлением усовершенствованного пакета присадок.

Трансмиссионное масло ТНК ТРАНС Ойл 85W-90 соответствует требованиям, предъявляемым отечественными производителями гипоидных передач как для грузовых, так и для легковых автомобилей. Масло **ТНК ТРАНС Ойл 85W-90** соответствует ТТМ АвтоВАЗ 1.97.0716-98.

Трансмиссионное масло ТНК ТРАНС Ойл 85W-90 соответствует группе **GL-5** по классификации **API**.

Техническая характеристика масла

		TM-5-18
Вязкость по SAE		85W-90
Класс по API		GL-5
Вязкость кинематическая при 100 °С	мм ² /с	16,5...17,0
Индекс вязкости, не менее		95
Зольность сульфатная, не более	%	0,3
Кислотное число, не более	мг КОН/г	2,0
Температура вспышки в открытом тигле, не ниже	°С	200
Температура застывания, не выше	°С	-25

Трансмиссионные масла - ТТМ 1.97.0716-98

Данные масла по **API** соответствуют группе **GL-5** и предназначены для использования в системах смазывания агрегатов трансмиссии автомобилей с приводом на задние колеса (ВАЗ-2101, 02, 03, 04, 05, 06 и 07) и автомобилей с приводом на все 4 колеса (ВАЗ-2121 и 21213) в различных климатических зонах.

В таблице нет масла **ТАД-17и** по ГОСТ 23652-79, так как производство его прекращено вместе с прекращением закупок присадки Англомол-99. В настоящее время закупки данной присадки возобновлены, однако масла, в которых использована присадка Англомол-99, должны иметь торговую марку и обозначение по SAE и API. Масла под маркой ТАД-17и АВТОВАЗ не будут допускать для применения, так как возможны подделки.

Все перечисленные в таблице масла различных классов вязкости по SAE имеют различный уровень противозадирных свойств. Равноценны по противозадирным свойствам маслу ТАД-17и или даже превосходят его масла, обозначенные в таблице звездочкой «*».

Сроки смены масел должны выполняться в соответствии с руководствами по эксплуатации автомобилей.

Марки масел	API	Группа по SAE	Номер стандарта
АНГРОЛ Т	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 0253-270-05742746-94
ВЕЛС ТРАНС *	GL-5	85W-90	ТУ 0253-071-00148636-95
ВЕЛС ТМ	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 38.401-58-70-93
УФАЛЮБ УНИТРАНС *	GL-5	85W-90	ТУ 0253-001-11493112-93
ЛУКОЙЛ ТМ-5 (ВОЛНЕЗ Т-1)	GL-5	85W-90	ТУ 38.301-29-75-97
ЛУКОЙЛ ТМ-5	GL-5	85W-90	ТУ38.301-29-91-97
НОРСИ	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 38.601-07-19-93
НОРСИ ТРАНС	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 38.601-07-36-97
НОВОЙЛ СУПЕР Т *	GL-5	80W-90	ТУ 38.301-04-13-96
ОМСКОЙЛ СУПЕР Т *	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 38.301-19-62-95
ОМСКОЙЛ Т	GL-5	75W-90, 80W-90, 85W-90	ТУ 38.301-19-114-98
РЕКСОЛ Т ГИПОИД	GL-5	80W-90, 85W-90	ТУ 38.301-41-150-93
САМОЙЛ 4402	-	85W-90	ТУ 38.301-13-011-96
САМОЙЛ 4404 *	GL-5	85W-90	ТУ 38.301-13-012-97
САМОИЛ 4405 *	GL-5	85W-90	ТУ 38.301-13-012-97
СПЕКТРОЛ ФОРВАРД *	GL-5	80W-90	ТУ 0253-006-06913380-95
СПЕКТРОЛ КРУИЗ *	GL-5	85W-90	ТУ 0253-006-06913380-95
ЯРМАРКА СУПЕР *	GL-5	Э-80W-90 Т-85W-90	ТУ 0253-018-00219158-96
AGIP ROTRA MP *	GL-5	80W-90	Спецификация ф AGIP
AGIP ROTRA MP DB *	GL-5	85W-90	Спецификация ф AGIP
MP GEAR LUBE-LS	GL-5	80W-90 85W-140	Спецификация ф 76 Lubri- cant Company

Трансмиссионные масла для коробок передач ТТМ 1.97.0728-98

В данных ТТМ изложены требования к маслам для коробок передач переднеприводных автомобилей. Более 10 лет в КП заливались только моторные масла, которые недостаточно обеспечивали требуемую надежность и долговечность коробок передач. В 1993 г. на ВАЗе было внедрено масло **ТМ 5-9п** для первой заправки всех агрегатов трансмиссии, и если в ВАЗ-2101-07 и ВАЗ-2121-213 это масло сливается через

2...3 тыс. км, то в коробках передач семейств ВАЗ-2108, 2110 и 1111 оно служит 75 тыс. км. **ТМ 5-9п** не поступает в торговлю, и поэтому в 1996 г. было разработано специальное масло только для коробок передач «**РЕКСОЛ Т**» **SAE 80W-85 API GL-4** ТУ 38.301-41-164-96. В 1998 г. получило допуск еще одно масло, отвечающее этим ТТМ, – «**ЛУКОЙЛ ТМ-4**» **SAE 80W-90** (ТУ 38.301-29-90-97).

Универсальные трансмиссионные масла ТТМ 1.97.0729-98

Настоящие ТТМ были разработаны в первую очередь для разработки и внедрения масел, предназначенных для первой заправки агрегатов трансмиссии всех моделей автомобилей. Это было необходимо ввиду того, что технология, принятая на ВАЗе, не предусматривала возможности применения трансмиссионных масел двух марок. Примером такого масла было масло **ТМ-5-9п**, применяемое для первой заправки агрегатов трансмиссии всех моделей автомобилей с 1993 г., однако уровень противозадирных свойств не позволял рекомендовать его для постоянной эксплуатации автомобилей с гипоидными передачами.

В 1998 г. была завершена работа нескольких лет, позволившая внедрить универсальное трансмиссионное масло «**Омскоил Транс П**» **SAE 80W-85** по **API** типа **GL-4/5** ТУ 38.301-19-106-98. В том же году были завершены работы и дан допуск на масло такого же состава под маркой «**ЮКОС ТРАНС П**» **SAE 80W-85** по **API** типа **GL-4/5** по ТУ 0253-009-48120848-98.

Рекомендуемые диапазоны применения трансмиссионных масел

Минимальная температура обеспечения смазки узлов	Класс по SAE	Максимальная температура окружающей среды, °С
-40 °С	75W-80	35 °С
-40 °С	75W-90	35 °С
-26 °С	80W-85	35 °С
-26 °С	80W-90	35 °С
-12 °С	85W-90	45 °С

Учебное издание

ЛИХАНОВ
Виталий Анатольевич,
ДЕВЕТЬЯРОВ
Руслан Раифович

ТРАНСМИССИОННЫЕ МАСЛА

Учебное пособие

Редактор А.В. Зверева

Заказ № 44. Подписано к печати 13 марта 2006 г.
Формат 60x84, 1/16. Объем усл. печ. л. 6,25. Тираж 150 экз.
Бумага офсетная. Цена договорная. Отпечатано с оригинал-макета.
610017, Киров, Вятская ГСХА, Октябрьский проспект 133.
Отпечатано в типографии ВГСХА, г. Киров, 2006 г.