

Классификации и спецификации

3.1. Классификация по вязкости

Степени вязкости SAE

Вязкость масла - это основной показатель качества, который является общим для всех масел. Для двигателя или любого другого механизма необходимо применять масла с оптимальной вязкостью, величина которой зависит от конструкции, режима работы и степени износа, температуры окружающей среды и других факторов.

В настоящее время единственной признанной в зарубежных странах системой классификации автомобильных моторных масел является спецификация SAE J300. SAE - это аббревиатура Общества Автомобильных Инженеров США (*Society of Automotive Engineers*). Вязкость масла по этой системе выражается в условных единицах - степенях вязкости SAE (*SAE Viscosity Grade - SAE VG*). Численные значения степеней являются условными символами комплекса вязкостных свойств (см. табл. 3.1).

В таблице указаны два ряда степеней вязкости: зимний - с буквой "W" (Winter), и летний - без буквенного обозначения. Сезонные (моновязкие) масла (*single viscosity grade oils*) зимнего ряда различаются по максимальным вязкостям низкотемпературной проворачиваемости и прокачиваемости, и по минимальной кинематической вязкости при 100°C. Степень вязкости сезонных масел летнего ряда определяется по минимальной и максимальной кинематическим вязкостям при 100°C, и по минимальной вязкости при 150°C и скорости сдвига 10^6 с^{-1} . Всесезонные масла (*multiviscosity-grade oils*) должны удовлетворять одновременно двум следующим критериям:

1. Максимальным вязкостям низкотемпературной проворачиваемости и прокачиваемости со степенью зимнего ряда (W), и
2. Максимальной и минимальной кинематическими вязкостями при 100°C и минимальной вязкости при 150°C и скорости сдвига 10^6 с^{-1} в соответствии со степенью летнего ряда (без буквы W).

Классификация SAE J300 используется производителями двигателей для определения степеней вязкости моторных масел пригодных для использования в их двигателях и производителями масел при разработке новых составов, производстве и маркировке готовых продуктов.

Стандартные ряды вязкости:

- зимний ряд: SAE 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W;
- летний ряд: SAE 20, 30, 40, 50, 60;

Всесезонные (*multigrade*) масла, состоят из комбинации зимнего и летнего ряда разделенные знаком "тире" (например, SAE 10W-40), другие виды записи являются неверными, и использование аббревиатуры SAE для них недопустимо (например SAE 10W/40 или SAE 10W40).

Серия всесезонных масел: SAE 0W-20, 0W-30, 0W-40, 0W-50, 0W-60, 5W-20, 5W-30, 5W-40, 5W-50, 5W-60, 10W-30, 10W-40, 10W-50, 10W-60, 15W-30, 15W-40, 15W-50, 15W-60, 20W-30, 20W-40, 20W-50, 20W-60.

Таблица 3.1.

Степени вязкости SAE для моторных масел (SAE J300 APR97)

Степень вязкости	Низкотемпературная вязкость		Высокотемпературная вязкость		
	Проворачиваемость	Прокачиваемость	Вязкость при 100° С, мм ² /с		Вязкость при 150° С и скорости сдвига 10 ⁶ ; с ⁻¹ ; мПа с, не менее
	Максимальная вязкость, мПа с		min	max	
	при темп. *	при темп. **			
0W	3250 при -30°С	60000 при -40°С	3,8		
5W	3500 при -25°С	60000 при -35°С	3,8		
10W	3500 при -20°С	60000 при -30°С	4,1		
15W	3500 при -15°С	60000 при -25°С	5,6		
20W	4500 при -10°С	60000 при -20°С	5,6		
25W	6000 при -5°С	60000 при -15°С	9,3		
20			5,6	<9,3	2,6
30			9,3	<12,5	2,9
40			12,5	<16,3	2,9***
40			12,5	<16,3	3,7****
50			16,3	<21,9	3,7
60			21,9	<26,1	3,7

Примечания: 1 сСт = 1 мм²/с;

* При запуске холодного двигателя, вязкость проворачивания, измеряется на вискозиметре CCS;

** В отсутствии напряжения сдвига, измеряется на вискозиметре MRV;

*** Для масел SAE 0W-40, 5W-40 и 10W-40;

**** Для масел SAE 40, 15W-40, 20W-40 и 25W-40.

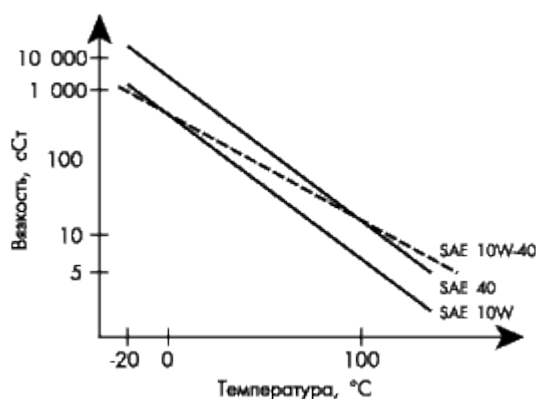


Рис. 3.1. Зависимость вязкости моторного масла от температуры (сезонных SAE 10W и SAE 40 и всесезонного SAE 10W-40)

По спецификации SAE J300, вязкости масел определяются при условиях, близких к реальным. Летнее масло имеет достаточную вязкость, чтобы обеспечить надежное смазывание при высокой температуре, но оно слишком вязкое при низкой температуре, в результате чего при низкой температуре воздуха затрудняется пуск двигателя. Маловязкое зимнее масло облегчает холодный пуск двигателя при низкой температуре, но не

обеспечивает его смазывание летом, когда температура масла в двигателе превышает 100°C. Именно по этим причинам наибольшее распространение сегодня получили всесезонные сорта масел, имеющие меньшую зависимость вязкости от температуры.

Таким образом степень вязкости SAE помогает определить диапазон температуры окружающей среды, при котором масло обеспечит нормальную работу двигателя - его проворачивание стартером, прокачивание масла насосом по смазочной системе при холодном пуске и надежное смазывание летом при длительной работе в режиме максимальных скоростей и нагрузок.

Показатели низкотемпературной вязкости:

- максимальная допустимая вязкость масла при запуске холодного двигателя, обеспечивающая проворачиваемость коленчатого вала со скоростью, необходимой для успешного запуска двигателя, а также температура, соответствующая такой вязкости;
- прокачиваемость масла определяется как наименьшая температура, при которой вязкость не превышает определенной величины (60 000 мПа с), обеспечивающей прокачивание по масляной системе.

Методы тестирования

Максимальная низкотемпературная вязкость проворачиваемости определяется на имитаторе запуска холодного двигателя (CCS) по стандарту ASTM D 5293 и измеряется в сантипуазах (мПа с). Установлено, что от этой вязкости зависит число оборотов коленвала двигателя во время "зимнего пуска".

Вязкость прокачиваемости определяется по стандарту ASTM D 4684 и характеризует возможность притока масла в масляный насос и создания нужного давления в системе смазки при запуске двигателя. Определение вязкости прокачиваемости было введено после того, как было замечено, что некоторые масла (SAE 10W-30 и SAE 10W-40) после пребывания определенного времени (более 24 часов) при низкой температуре, теряют текучесть и становятся желеобразными.

Производители масел часто приводят сравнение легкости запуска двигателя и скорости достижения маслом удаленных точек смазывания при разных степенях вязкости применяемых масел. Подобные аргументы позволяют убедить потребителей в необходимости применения новых высококачественных продуктов с улучшенными низкотемпературными свойствами (рис. 3.2).

Рисунок 3.2 наглядно показывает, что масла зимнего ряда с более низкой степенью низкотемпературной вязкости (SAE 5W....., SAE 10W...) выгодно применять для облегчения запуска двигателя и существенного снижения его износа, поскольку в первые секунды работы двигателя, при недостаточном поступлении масла к удаленным точкам смазывания, проявляется наиболее сильное изнашивание.

В качестве дополнительной информации о низкотемпературной вязкости при создании нового масла или при изменении рецептуры, SAE рекомендует определять некоторые новые характеристики: температуру прокачиваемости по методу ASTM D 3829, вязкость при низкой температуре и низкой скорости сдвига (тенденцию к желеобразованию или индекс желатинизации) на сканирующем вискозиметре Брукфильда по методу ASTM D 5133, 5133, а также фильтруемость моторных масел при низкой температуре, которая показывает тенденцию образования твердых парафинов или других неоднородностей, способных к закупориванию масляного фильтра.

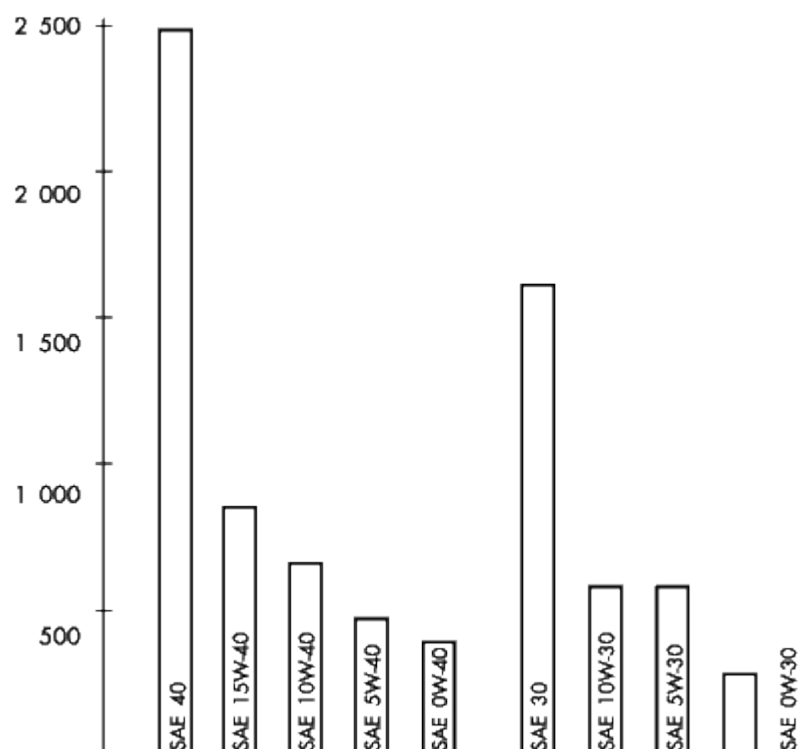


Рис. 3.2. Сравнение вязкости при 0°С масел с разной степенью вязкости по SAE

Показатели высокотемпературной вязкости моторных масел оцениваются на основе следующих значений:

- минимальной и максимальной вязкости масла (сСт) при температуре 100°С (по стандарту ASTM D 445);
- минимальной вязкости при температуре 150°С и высокой скорости сдвига (10^6 с^{-1}) (метод ASTM D 4683 или, в Европе, метод CEC L-36-A-90).

При эксплуатации двигателя особенно важна высокотемпературная вязкость при большой скорости сдвига, которая показывает поведение масла в узких узлах трения двигателя - в подшипниках коленчатого и распределительного валов, кривошипно-шатунного механизма и т.д.

Необходимая степень вязкости

Необходимая вязкость масла определяется на основании следующих факторов:

- особенности конструкции;
- степень износа двигателя;
- температура окружающей среды;
- режим работы двигателя.

При выборе степени вязкости моторного масла, следует руководствоваться рекомендациями производителя конкретного двигателя. Эти рекомендации основываются на конструктивных особенностях двигателя - степень нагрузок на масло, гидродинамическое сопротивление масляной системы, производительность масляного насоса, максимальные температуры масла в различных зонах двигателя в зависимости от температуры окружающей среды (особенности систем охлаждения). Рекомендации

производителей автомобилей по применению моторных масел, в зависимости от температуры окружающей среды, приведены в Приложении В.

3.2. Классификация по назначению и уровням качества

Назначение и качество

Качество масла - это комплекс свойств, который необходим для выполнения работы масла по назначению. Одни свойства, такие как вязкостные, являются основными для всех масел, независимо от их назначения, а другие необходимы только в определенных условиях применения и в каждом конкретном случае характеризуются обособленными показателями качества.

Для облегчения выбора масла требуемого качества для конкретного типа двигателя и условий эксплуатации, были созданы системы классификации. В каждой системе моторные масла подразделяются на ряды и категории, основанные на уровне качества и назначении. Эти ряды и категории созданы по инициативе международных организаций нефтеперерабатывающих компаний и автопроизводителей с учетом конструктивных особенностей различных типов двигателей и условий их эксплуатации. Назначение и уровни качества являются основой ассортимента масел. Ввиду некоторого различия в конструкциях и условиях эксплуатации, в настоящее время одновременно существуют несколько систем классификации моторных масел - API / ILSAC, JASO, ACEA и ГОСТ (для стран СНГ).

Военное ведомство США и наиболее крупные производители автомобилей выдвигают дополнительные требования к качеству моторных масел. Таким образом, наряду с общепринятыми системами классификаций, существуют и требования (спецификации) производителей автомобилей.

Система классификации API

API система классификации моторных масел (*API Engine Service Classification System*) развивалась с 1969 года в результате совместной работы API, ASTM и SAE. Система полностью изложена в стандартах ASTM D 4485 "Стандартная спецификация на качество эксплуатационных свойств моторных масел" (*Standart Performance Specification for Performance of Engine Oils*) и SAE J183 APR96 "Качество эксплуатационных свойств моторных масел и эксплуатационные классификации двигателей (за исключением энергосберегающих масел)" (*Engine Oil Performance and Engine Service Classifications (Other than "Energy Conserving")*). Новый качественный шаг в развитии качества и классификации моторных масел был сделан в 1983-1992 годах, когда под руководством API и участия представителей производителей автомобилей (ААМА), двигателей (ЕМА) и технических союзов (ASTM и SAE) была создана и развита "Система лицензирования и сертификации моторных масле EOLCS" (*Engine Oil Licensing and Certification System, API Publication No. 1509*). Эта система постоянно совершенствуется. В настоящее время аттестация моторных масел проводится согласно требованиям EOLCS и "Свода правил СМА" (*CMA Code of Practice*).

По системе API (ASTM D 4485, SAE J183 APR96) установлены три эксплуатационные категории (три ряда) назначения и качества моторных масел:

- **API S** состоит из категорий качества моторных масел для бензиновых двигателей, идущих в хронологическом порядке. Для каждой новой генерации присваивается дополнительная буква по алфавиту: API SA, API SB, API SC, API SD, API SE, API SF, API SG, API SH и API SJ (категория SI - намеренно пропущена API, для исключения путаницы с Международной системой мер). Категории API SA, API SB, API SC, API SD, API SE, API SF, API SG на сегодняшний день признаны недействительными, как устаревшие, однако в некоторых странах масла этих

категорий еще выпускаются, категория API SH является "условно действующей" и может использоваться только как дополнительная, например API CG-4/SH;

- **API C** состоит из категорий качества и назначения масел для дизельных двигателей, идущих в хронологическом порядке. Для каждой новой генерации присваивается дополнительная буква по алфавиту: API CA, API CB, API CC, API CD, API CD-II, API CE, API CF, API CF-2, API CF-4, API CG-4 и API CH-4. Категории API CA, API CB, API CC, API CD, API CD-II на сегодняшний день признаны недействительными, как устаревшие, однако в некоторых странах масла этих категорий еще выпускаются;
- **API EC** - энергосберегающие масла (*Energy Conserving*). Новый ряд высококачественных масел, состоящий из маловязких, легкотекучих масел, уменьшающих расход топлива по результатам тестов на бензиновых двигателях; существующие категории:
 - API SH/EC (устаревшая) - экономия топлива не менее 1,5% по сравнению с эталонным маслом SAE 20w-30,
 - API SH/ECII (устаревшая) - экономия топлива не менее 2,7% по сравнению с эталонным маслом SAE 20w-30,
 - API SJ/EC (действующая) - экономия в зависимости от вязкости тестируемого масла (Приложение D)

Классификация, качество и маркировка этих масел регламентируются документами:

- API выпуск No. 1509 "Система лицензирования и сертификации моторных масел" (*API Publication No. 1509 - Engine Oil Licensing and Certification System*),
- ASTM D-2 предложение P205 "Классификация энергосберегающих моторных масел" (*ASTM D-2 Proposal 205 - Classification for Energy-Conserving Engine Oils*),
- стандарт "SAE J1423 AUG94 "Классификация энергосберегающих моторных масел для легковых автомобилей и грузовых автомобилей особо малой и малой грузоподъемности" (*SAE J1423 AUG94 - Classification of Energy-Conserving Engine Oil for Passenger Cars, Vans and Light-Duty Trucks*).

Уменьшение вязкости масла может обеспечить экономию топлива в прогревом двигателе 0,6-5,5% (при снижении высокотемпературной вязкости), а в холодном - 1,0-6,5% (при снижении низкотемпературной вязкости). При оптимальной комбинации моторного и трансмиссионного масла можно достичь экономии топлива в размере 2,7-10,9%.

Универсальные масла для бензиновых и для дизельных двигателей обозначаются двумя символами соответствующих категорий: первый символ является основным, а второй указывает на возможность применения этого масла для двигателя другого типа. Например, API CG-4/SH - масло, оптимизированное для применения в дизельных двигателях, но его можно применять и в бензиновых двигателях, для которых предписывается масло категории API SH и ниже (SG, SF, SE и т.д.).

Знаки API. Масла, соответствующие требованиям действующих категорий качества и прошедшие официальные испытания API - SAE, имеют на своих этикетках графический круглый знак (*donut mark*) - "**API символ обслуживания**" (*API Service Symbol*), в котором указаны степень вязкости по SAE, категория качества и назначения по API и возможная степень энергосбережения (рис.3.3).

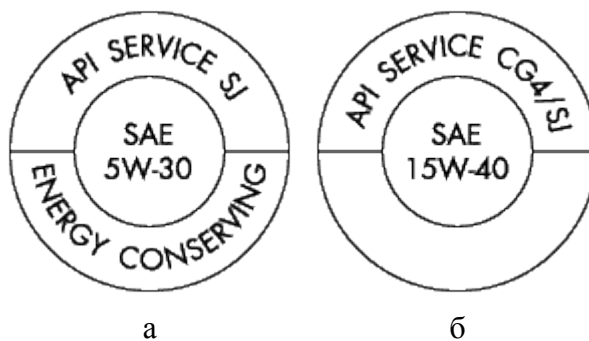


Рис. 3.3. "API символ обслуживания":

а - энергосберегающее масло высокого качества; б - масло высокого качества.

Новейшие категории масел сертифицированные API, в случае соответствия требованиям ILSAC, обозначаются "**Символом Свидетельства сертификации API**" (*API Certification Mark*), (рис.3.4), так называемым знаком "Звездного взрыва" ("*Starburst*"). Этот знак может присваиваться только энергосберегающим, легкотекучим маслам наивысшего уровня качества, с вязкостями SAE 0W-..., 5W-... и 10W-... . Система требований к маслам серии ILSAC GF является составной частью системы API Обеспечения Качества Американских Масел (EOLCS).



Рис. 3.4. API сертификационный знак "Starburst".

Системы API - ILSAC предназначены для удовлетворения требований к маслам, используемым в двигателях американских и японских автомобилей. Требования европейских автопроизводителей несколько отличаются по причине конструктивных особенностей европейских двигателей. Несмотря на это, большинство моторных масел, поступающих на европейский рынок, маркируются знаками соответствия категориям качества API и, в редких случаях, даже "Символом Обслуживания API" (*API Service Symbol*).

Категории API. Определяющими показателями категорий масел являются:

- комплекс физико-химических и эксплуатационных показателей качества, регламентируемых стандартом;
- тип двигателя;
- год выпуска;
- назначение масла;
- особенности режима работы двигателя и др.

Категории масел для бензиновых двигателей легковых автомобилей

Масла категории S (*service*) предназначены для бензиновых двигателей легковых автомобилей, микроавтобусов и грузовых автомобилей малой грузоподъемности.

категория API SF:

- масла данной категории предназначены для двигателей моделей 1988 года и старше, **питаемых этилированным бензином**. Они имеют более эффективные, чем предыдущие категории, противоокислительные, противоизносные, антикоррозийные свойства и обладают меньшей склонностью к образованию высоко- и низкотемпературных отложений и шлака.
- масла API SF заменяют масла API SC, API SD и API SE в более старых двигателях.

категория API SG:

- лицензированная категория, утвержденная в 1988 году. Выдача лицензий прекращена в конце 1995 года. Масла предназначены для двигателей моделей 1993 года и старше, **питаемых неэтилированным бензином с оксигенатами**. Удовлетворяют требованиям, выдвигаемым к маслам для дизельных двигателей категории API CC и API CD. Имеют более высокую термическую и противоокислительную стабильность, улучшенные противоизносные свойства, уменьшенную склонность к образованию отложений и шлама.
- масла API SG заменяют масла категорий API SF, SE, API SF/CC и API SE/CC.

категория API SH (условно действующая):

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

категория API SJ (действующая):

- категория утверждена 06.11.1995, лицензии стали выдаваться с 15.10.1996. Масла данной категории предназначены для всех используемых в настоящее время бензиновых двигателей и полностью заменяют масла всех существовавших ранее категорий в более старых моделях двигателей. Максимальный уровень эксплуатационных свойств. Возможность сертификации по категории энергосбережения API SJ/EC.

категория API SL (действующая):

- API планировал разрабатывать проект PS-06 как следующую категорию API SK, но один из поставщиков моторных масел в Корее использует сокращение "SK" как часть своего корпоративного имени. Для исключения возможной путаницы буква "K" будет пропущена для следующей категории "S".
- стабильность энергосберегающих свойств;
- пониженная летучесть;
- удлиненные интервалы замены;

Таблица 3.2

Сравнение требований к американским категориям моторных масел для бензиновых двигателей

Испытание	SF	SG	SH	SJ
Моторное испытание CRC-L 38.	+	+	++	++
Коррозия подшипников, чистота поршня				
Последовательность IID	+	+	++	++
Коррозия двигателя				
Последовательность IIIЕ				
Высокотемпературное окисление, износ и загущение масла	+	++	+++	+++
Высокотемпературные отложения TEOST	-	-	-	++
Последовательность VE	+	++	+++	++++
Низкотемпературный шлам и износ				
Прокачиваемость	+	+	++	+++
Фильтруемость	-	-	++	++
Индекс желатинизации	-	-	-	++
Испаряемость при 371°С	-	++	++	+++
Содержание фосфора	-	++	++	+++

Примечание: уровень требований: - - нет требований; + - низкий; ++ - средний; +++ - повышенный; ++++ - высокий. Моторное масло API SJ по сравнению с API SH испытывается в более жестких условиях.

Таблица 3.3

Примерный состав присадок в американских моторных маслах для бензиновых двигателей, в % (масс.)

Присадки	API SC	API SD	API SE	API SF	API SG	API SH
Дисперсант беззольный	1,8	4,0	5,0	5,0	5,5	6,0
Сульфонаты металлов	0,6	1,0	1,8	1,2	0,8	1,7
Тиофосфонат	1,0	1,0	-	-	-	-
Фенат кальция	-	-	1,8	1,0	1,2	0,5
Другие антиоксиданты	-	-	-	0,2	0,5	1,3
Антикоррозионные	-	0,2	0,1	-	-	-
ZDDP	0,6	0,8	1,0	1,3	1,3	1,4
Всего	4,0	7,0	9,7	8,7	9,3	10,9

Категории масел для дизельных двигателей коммерческих автомобилей

Данные категории обозначаются буквой С (*commercial*). Старые категории API СА и СВ не обсуждаются.

категория API СС (устаревшая):

Категория введена в 1961 году. Масла для дизельных двигателей без наддува. Допускается применение для двигателей с турбонаддувом, работающих в легком или среднем режиме и для бензиновых двигателей большой мощности. Масла данной категории содержат антикоррозионные присадки и присадки предотвращающие образование высоко- и низкотемпературных отложений.

категория API CD (устаревшая):

- Категория введена в 1955 году. Типичная категория масел для дизельных двигателей с турбонаддувом и без, для которых требуется эффективный контроль за накоплением продуктов износа. Допускается применение топлива с повышенным содержанием серы. Масла содержат присадки предотвращающие

образование высокотемпературных отложений и предохраняющие подшипники от коррозии.

- Соответствует требованиям MIL-L-2104C/D.

категория API CD + (устаревшая):

- Категория создана для удовлетворения требованиям японских автопроизводителей. Масла обладают повышенной устойчивостью к окислению, загущению (под влиянием накопления сажи) и повышенной защитой клапанного механизма от износа.

категория API CD-II (устаревшая):

- Категория введена в 1987 году. Масла данной категории предназначены для двухтактных дизельных двигателей. Эффективно подавляют износ и образование шлама.
- Соответствует всем требованиям категории API CD.

категория API CE (устаревшая):

- Категория введена в 1987 году. Масла предназначены для форсированных и мощных дизельных двигателей с турбонаддувом и без, работающих как при малых оборотах и больших нагрузках, так и при больших оборотах и больших нагрузках.
- Заменяет масла категорий API CC и CD в более старых двигателях.

категория API CF (действующая):

- Категория введена в 1994 году. Масла предназначены для внедорожной техники, для двигателей с распределенным впрыском, включая двигатели работающие на топливе с содержанием серы более 0,5% от массы. Масла данной категории эффективно подавляют образование нагара на поршнях и коррозию медных сплавов подшипников.
- Заменяет масла категории API CD в более старых двигателях.

категория API CF-2 (действующая):

- Категория введена в 1994 году. Масла предназначены для высоконагруженных двухтактных дизельных двигателей. Эффективно подавляют износ цилиндров и залегание (закоксование) поршневых колец.
- Заменяет масла категории API CD-II в более старых моделях.

категория API CF-4 (действующая):

- Категория введена в 1990 году. Масла предназначены для высокоскоростных мощных четырехтактных дизельных двигателей с турбонаддувом и без него, устанавливаемых на мощных магистральных тягачах. Отвечают всем требованиям качества категории API CE и, кроме того, обладают меньшим расходом на угар и меньшей склонностью к нагарообразованию на поршнях. При согласовании с требованиями категории API SG (API CF-4/SG), могут быть применены для бензиновых двигателей легковых и малых грузовых автомобилей. Отвечают повышенным требованиям по токсичности отработанных газов.
- Заменяет масла категории API CE в более старых двигателях.

категория API CG-4 (действующая):

- Категория представлена в 1995 году. Масла предназначены для высоконагруженных, высокоскоростных, четырехтактных дизельных двигателей грузовых автомобилей магистрального типа использующих топливо с содержанием серы менее 0,05% от массы и немагистрального типа (содержание серы может достигать 0,5% от массы). Эффективно подавляют образование высокотемпературного нагара на поршнях, износ, пенообразование, окисление, образование сажи (эти свойства необходимы для двигателей новых магистральных тягачей и автобусов). Категория создана для удовлетворения требованиям стандартов США по токсичности отработанных газов (редакция 1994 года).
- Заменяет масла категорий API CD, API CE и API CF-4. Основным недостатком, ограничивающим применение масел данной категории в мире, является относительно большая зависимость ресурса масла от качества применяемого топлива.

категория API CH-4 (действующая):

- Проектное название API PC-7. Категория представлена 1 декабря 1998 года. Масла данной категории предназначены для высокоскоростных, четырехтактных двигателей выполняющих требования жестких стандартов 1998 года по токсичности отработанных газов. Отвечают высочайшим требованиям не только американских, но и европейских производителей дизельных двигателей. Специально сформулированы для применения в двигателях, использующих топливо с содержанием серы до 0,5% от массы. В отличие от категории API CG-4, допускается применение дизельного топлива с содержанием серы более 0,5%, что является важным преимуществом в странах, в которых распространены высокосернистые топлива (Южная Америка, Азия, Африка). Масла удовлетворяют повышенным требованиям по уменьшению износа клапанов и уменьшению образования нагара.
- Заменяют масла категорий API CD, API CE, API CF-4 и API CG-4.

категория API PC-7.5 (проект)

- В январе 1999 года требования по токсичности отработанных газов были существенно ужесточены. Для удовлетворения этим требованиям североамериканские автопроизводители внесли ряд конструктивных изменений в свои двигатели, что привело к увеличению уровня образования сажи в моторных маслах в три-пять раз. Для предотвращения вредных последствий наличия сажи в моторном масле (увеличение степени износа деталей двигателя и загущение масла), необходимо было ввести ряд дополнительных требований и испытаний. С этой целью предполагалось создать новую категорию с проектным названием API PC-7.5. Однако "Mack Truck" и "Cummins" создали новые методы испытаний Mack T-8E, Mack T-9, Cummins M-11 и выпустили собственные спецификации - Mack EO-M Plus и Cummins CES 20076. Требования данных спецификаций были признаны достаточными для удовлетворения требований к новым маслам со стороны других автопроизводителей и были включены, как дополнительные, в категорию API CH-4. Потребность в новой категории API PC-7.5 отпала.

категория API PC-8 (проект)

- Проект создавался для удовлетворения потребностей японских автомобилестроителей. Был рекомендован для двигателей с пониженной эмиссией выхлопных газов. Не получил большой известности в связи с созданием нового японского стандарта JASO DX-1.

категория API PC-9 (проект)

- Эта категория проектируется в связи с новыми экологическими требованиями, которые сформулированы Американским агентством по охране окружающей среды (EPA). Основным способом удовлетворения этих требований является система рециркуляции отработанных газов (AGR - exhaust gas recirculation). Для этого требуются изменение конструкции двигателей и придание новых эксплуатационных свойств моторным маслам. Одновременно прогнозируется повышение удельных мощностей двигателей. Основные отличия работы моторного масла в условиях рециркуляции выхлопных газов и повышенной удельной мощности:
 - тенденция к образованию сильных кислот;
 - повышенное образование сажи и, в связи с этим, загущение масла и повышенный износ деталей двигателя;
 - более высокотемпературный режим работы двигателя и масла. Для оценки повышенных эксплуатационных свойств, вводятся новые моторные испытания на стендовых двигателях с рециркуляцией выхлопных газов:
 - Cat 1Q,
 - Mack T-10,
 - Cummins M-11.
- Категорию API PC-9 предполагается ввести в действие в 2002 году.

Таблица 3.4

Сравнение требований к новейшим американским категориям моторных масел для дизельных двигателей

Испытание	API CD	API CD-II	API CE	API CF	API CF-2	API CF-4	API CG-4	API CH-4 (PC-7)
CRC-1 38. Коррозия подшипников, чистота поршня	+	+	+	++	++	+	+++	+++
Последовательность ШЕ. Высокотемпературное окисление, износ и загущение масла							++	+++
CAT 1G2. Отложения на поршне	+	+	+					
CAT 1 M-PC. Отложения на поршне и расход масла				+	++			
CAT 1K. Отложения на поршне и расход масла						++		
CAT 1N. Отложения на поршне и расход масла							+++	+++
Detroit Diesel 6V-92TA. Износ кольца и втулки		+			++			

в двухтактных двигателях								
Mask T7. Прирост вязкости масла								
		+			+			
Mask T8. Прирост вязкости масла от сажи							++	++
Mask T6. Износ колец и втулок, расход масла			+			+		
Cummins NTC-400. расход масла, износ, отложения			+			++		
GM 6,2 L, RFWT. Износ ролика-толкателя							+	+
Стендовое испытание коррозии						+	+	+
Пенообразование							+	+
HEU 1, Аэрация							+	+
Caterpillar TO-4								+
Allison C-4								+

Примечание: уровень требований: + - низкий; ++ - средний; +++ - высокий.

Таблица 3.5.

Примерный состав присадок в американских моторных маслах для дизельных двигателей, в % (от массы)

Присадки	API CC	API SD/CD	API SE/CD	API SG/CE	API CF-4/SH	API CG-4/SH
Дисперсант беззольный	1,5	4,0	5,5	6,0	6,0	7,5
Тиофосфонат	0,8	-	-	-	-	-
Сульфонаты металлов базовый	0,5	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0
Фенат кальция базовый	-	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Другие антиоксиданты	-	-	-	0,3	0,6	0,6
ZDDP	0,7	0,7	2,0	1,0	1,0	1,3

По старой системе API, основные свойства и назначение масла обозначались принятыми терминами и буквами. На сегодня эта система отменена, но в названиях современных марок масел иногда встречаются применявшиеся ранее термины.

Основные обозначения:

- **Regular oil** - минеральное масло без присадок, полученное путем вакуумной дистилляции без дальнейшей обработки (*straight mineral oil*);
- **Premium oil** - минеральное масло с противоокислительными присадками;
- **Heavy Duty oil, HD oil** - масло с противоокислительными, моющими и диспергирующими присадками для мощных двигателей;
- **ML** - масло для бензиновых двигателей, работающих в легких условиях (*L - light*);
- **MM** - масло для бензиновых двигателей, работающих в умеренно тяжелых условиях (*M - moderate*);
- **MS** - масло для бензиновых двигателей, работающих в тяжелых условиях (*S - severe*);

- **DG** - масло для дизельных двигателей, работающих в легких условиях (*G - general*);
- **DM** - масло для дизельных двигателей, работающих в умеренно тяжелых условиях (*M - moderate*);
- **DS** - масло для дизельных двигателей, работающих в тяжелых условиях (*S - severe*).

Категория энергосберегающих масел

Моторные масла, отличающиеся низкой вязкостью как при низкой, так и при высокой температуре могут быть сертифицированы на соответствие категории API EC "энергосберегающее" масло ("Energy Conserving" Oil). Ранее энергосбережение определялось по методике Последовательности VI (Sequence VI, ASTM RR D02 1204). Данная методика использовалась для сертификации масел категории API SH на уровни (степени) энергосбережения: API SH/EC - 1,5% экономии топлива и API SH/ECII - 2,7% экономии топлива, по сравнению с эталонным маслом SAE 20w-30.

С 1 августа 1997 года экономия топлива определяется по новой методике ASTM RR D02 1364, Последовательность VIA (Sequence VIA), согласно которой маслу может быть присвоена только одна степень энергосбережения (EC). Пример: API SJ/EC.

Энергосберегающие масла предназначены для легковых и грузовых автомобилей малой грузоподъемности. В настоящее время разрабатывается аналогичная категория масел для мощных дизелей.

Система классификации ILSAC

Американская ассоциация производителей автомобилей ААМА и Японская ассоциация производителей автомобилей JAMA совместно создали Международных комитет по стандартизации и апробации моторных масел ILSAC (*International Lubricant Standardization and Approval Committee*). От имени этого комитета издаются стандарты качества масел для бензиновых двигателей легковых автомобилей: ILSAC GF-1, ILSAC GF-2, ILSAC GF-3.

- категория **ILSAC GF-1** (устарела), полностью соответствовала требованиям качества категории API SH; вязкости SAE 0W-XX, SAE 5W-XX, SAE 10W-XX; где XX - 30, 40, 50, 60;
- категория **ILSAC GF-2** - принята в 1996 году, должна соответствовать требованиям качества по категории API SJ, вязкости: дополнительно к GF-1 - SAE 0W-20, 5W-20;
- категория **ILSAC GF-3**, проект опубликован в августе 1998 года, предполагается ввести в действие в 2001г. и будет соответствовать новой категории API SI (PS 06).

Основные отличия масел категории ILSAC:

- низкая вязкость - 2,6-2,9 мПа·с при температуре 150°C и скорости сдвига 10^6 с^{-1}
- малая летучесть (по Нок или ASTM);
- хорошая фильтруемость при низких температурах (испытание "General Motors");
- низкая склонность к пенообразованию (испытание ASTM I-IV);
- высокая стабильность к сдвигу (L-38 не менее 10 часов) (*shear stability*);
- обязательная экономия топлива (испытание ASTM, Sequence VIA);
- малое содержание фосфора (для предотвращения засорения катализатора).

Система классификации JASO

JASO DX-1 (проект) - новая спецификация на моторные масла для

высоконагруженных дизельных двигателей японских автопроизводителей, включающая процедуры испытаний применяемые в США, Европе и Японии.

Долгое время японские OEM's рекомендовали к применению (за пределами Японии) масла категории API CD. Однако на сегодняшний день ни одна из спецификаций API не учитывает увеличивающиеся требования к качеству моторных масел для японских дизельных двигателей с низким уровнем токсичности отработанных газов. По этой причине сперва была создана дополнительная категория API CD+, а потом - проект новой категории API PC-8, который так и не был осуществлен. Японская организация автомобильных стандартов (JASO) приняла решение о создании собственной спецификации на моторные масла для дизельных двигателей японского производства. Необходимость в отдельной спецификации объясняется несколькими причинами:

Первая - это высокая степень износа деталей клапанного механизма, при применении масел с большим содержанием дисперсантов (особенно в маслах API CG-4). Для измерения защиты от износа, планируется проводить испытания на типичном японском двигателе Mitsubishi 4D34T.

Вторая - высокотемпературные отложения на поршнях. Как правило, верхнее кольцо в современных японских двигателях располагается ниже, чем в европейских и североамериканских, в результате чего максимальные температуры в зоне верхних поршневых колец существенно ниже. Для максимального соответствия реальным температурным условиям, измерения отложений на поршне планируется проводить на двигателе Nissan TD-25.

Третьей основной причиной для принятия новой спецификации является все большее распространение японских двигателей с системой повторного сжигания отработанных газов - exhaust gas recirculation (EGR). EGR способствует увеличению количества кислот сгорания, что может значительно усилить коррозионный износ. По этой причине в спецификации JASO DX-1, вероятно, будут включены требования по минимальному значению TBN (не менее 10 по методу ASTM D 4739, что приблизительно равно 11-12 TBN по методу ASTM D 2896).

Коммерческое представление JASO DX-1 намечено на апрель 2001 года.

Система классификации CCMC

Комитет производителей автомобилей Европейского Общего Рынка - CCMC (*Committee of Common Market Automobile Constructors*) был основан в 1972 году. В 1975 году CCMC опубликовал требования к качеству моторных масел применяемых в двигателях европейской сборки. Первые спецификации имели много общего с американскими спецификациями API и MIL. До 1996 года качество европейских моторных масел регламентировалось спецификацией CCMC - "CCMC ряды европейских масел, применяемых для сервисного обслуживания" (*CCMC European Oil Sequences for Service-Fill Oils*). Последнее издание этой спецификации появилось в апреле 1991 года под номерами FL/19/91, F120/91. В 1991 году спецификация была переработана с учетом новых требований по продлению интервалов замены масла и требований по увеличению термической и окислительной стабильности, ввиду применения новых составов топлива и ужесточения эксплуатационных условий работы новейших двигателей.

Все это привело к введению дополнительных спецификаций:

- CCMC G4, CCMC G5;
- CCMC D4, CCMC D4;
- CCMC PD2.

Спецификация CCMC G4:

- с 1989 года заместила спецификацию CCMC G2;
- масла нормальной вязкости SAE 10W-XX, SAE 15W-XX и SAE 20W-XX;

- более высокие требования к качеству, чем по спецификации API SG, особенно по степени износа клапанных коромысел и по склонности к образованию высокотемпературных отложений;
- ужесточены требования к противокислительной стабильности, шламообразованию и износу деталей двигателя.

Спецификация ССМС G5:

- с 1989 года заменила спецификацию ССМС G3;
- маловязкие легкотекучие масла SAE 5W-XX и SAE 10W-XX;
- более высокие требования к качеству, чем по спецификации API SG, особенно по степени износа клапанных коромысел и по склонности к образованию высокотемпературных отложений;
- по сравнению с ССМС G4 ужесточены требования к противокислительной стабильности, моющим и противоизносным свойствам.

Спецификация ССМС PD2:

- с 1989 года заменила спецификацию ССМС PD1;
- ужесточены требования к залеганию (закосовыванию) поршневых колец и степени износа коромысел клапанов.

Спецификация ССМС D4:

- с 1989 года заменила спецификацию ССМС D2;
- масла предназначены для мощных двигателей коммерческих автомобилей, работающих в условиях больших нагрузок;
- более высокие эксплуатационные требования, чем у ССМС D2, особенно по износу стенок цилиндров и коромысел клапанов;
- уменьшенный выброс сажи.

Спецификация ССМС D5:

- с 1989 года заменила спецификацию ССМС D3;
- масла предназначены для мощных высокоскоростных двигателей коммерческих автомобилей магистрального типа, работающих в тяжелых условиях;
- продленный интервал замена масел;
- более высокие эксплуатационные требования, чем ССМС D3, особенно по полированию стенок цилиндров;
- уменьшенный износ коромысел клапанов;
- уменьшенный выброс сажи;
- соответствует спецификациям на масла SHPD.

Прежние спецификации системы ССМС соответствовали следующим американским спецификациям и стандартам:

- ССМС G1 - соответствовала API SE;
- ССМС G2 - соответствовала API SF;
- ССМС G3 - маловязкие всесезонные масла, превышающие требования API SF;
- ССМС PD1 - соответствовала API CD/SE;
- ССМС D1 - соответствовала спецификации MIL-L-46152 A;
- ССМС D2 - соответствовала спецификации MIL-L-2104 C;

- ССМС D3 - масла SHPD для европейских мощных и высокоскоростных дизельных двигателей.

Система классификации ССМС действовала до конца 1995 года.

Система классификации ACEA

В 1991 году была создана Ассоциация производителей автомобилей Европы ACEA (*Association des Constructeurs Europeens d'Automobiles - Association of European Car Makers*), которая взяла на себя функции ССМС, прекратившего свою деятельность в 1996 году. ACEA создала новую систему классификации моторных масел, которая заменила систему ССМС. Оценка качества масел стала производиться, в основном, по европейским методам испытаний, разработанным Европейским координационным советом СЕС.

Система ACEA действует с 1996 года, с момента опубликования документации о требованиях по качеству для европейских масел - "ACEA ряды европейских масел" (*ACEA European Oil Sequences, FL/52/95*). В этом документе указаны обязательные лабораторные и моторные испытания, контрольные показатели качества масел, которые применяются при техническом обслуживании автомобилей. В марте 1998 года было опубликовано новое издание спецификаций, которые вступили в силу с марта 1999 года. С этого времени вновь выпускаемые масла должны маркироваться со ссылкой на новые спецификации 1998 года. В апреле 2000 года планируется запретить ссылку на спецификации 1996 года.

Моторные масла разделяются на три класса:

- **A** - класс масел для бензиновых двигателей;
- **B** - класс масел для дизельных двигателей малой мощности (*Light Duty*) устанавливаемых на легковые и грузовые автомобили малой грузоподъемности;
- **E** - класс масел для мощных дизельных двигателей (*Heavy Duty*).

Уровень качества и назначение в каждом классе обозначается цифрами.

Дополнительно указывается ссылка на год утверждения или изменения спецификаций (например, ACEA E2-96 или ACEA E4-99).

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

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

Ввиду этих особенностей, испытания моторных масел проводятся на европейских двигателях и по методикам отличающимся от американских. Это не позволяет напрямую сравнивать уровни требований и стандартов ACEA и API.

Европейская система классификации ACEA предусматривает лабораторные и моторные (стендовые) испытания, при помощи которых проверяются показатели качества для обеспечения гарантированной и непрерывной смазки двигателей при любых эксплуатационных и температурных условиях с учетом особенностей в Европе. Особое внимание уделено моющим свойствам, т.к. считается, что они являются одними из основных, обеспечивающих надежную и бесперебойную работу двигателей.

Новые требования 1998-1999 годов предусматривают включение новых испытаний и ужесточение требований по результатам существовавших испытаний.

Класс масел для бензиновых двигателей легковых автомобилей

категория ACEA A1-96:

- масла предназначены для двигателей, допускающих применение масел с низкой высокотемпературной вязкостью в условиях высоких скоростей сдвига (2,9-3,5 мПа•с), благодаря чему достигается достаточно высокая степень экономии топлива; для таких двигателей масло обладает достаточно высокими противоизносными свойствами; недопустимо применение масел этой категории для двигателей требующих НТНСRV>3,5 мПа с,
- возможность применения этих масел определяется "Руководством по эксплуатации" конкретного автомобиля;

категория ACEA A1-98:

- по сравнению с A1-96, значительно ужесточены требования к эксплуатационным параметрам; новый уровень эксплуатационных свойств позволяет использовать масла данной категории в двигателях допускающих применение масел с НТНСRV менее 3,5 мПа•с, с удлиненными интервалами замены (например, VW 503.00); в двигателях данных конструкций достигается высокая степень энергосбережения, при высоком уровне защиты от изнашивания; включено обязательное испытание на экономию топлива CEC L-54-T-96 (M111);

категория ACEA A2-96:

- универсальные масла, допускаемые к применению в большинстве бензиновых двигателей при нормальных интервалах замены масла; уровень эксплуатационных свойств не обеспечивает достаточной степени защиты высокофорсированных двигателей;

категория ACEA A2-96, выпуск 2:

- требования к качеству остались без изменений (в сравнении с ACEA A2-96).

категория ACEA A3-96:

- универсальные масла с высочайшими эксплуатационными свойствами для высокоэффективных мощных бензиновых двигателей; при указаниях автопроизводителей допускаются удлиненные интервалы замены, круглогодичное использование и применение в тяжелых режимах эксплуатации;

категория ACEA A3-98:

- в дополнение к A3-96, усложнены условия прохождения высокотемпературных тестов Peugeot TU3 (CEC-L-55-T-95) и GM-Buick (Sequence III).

категория ACEA A5-2002:

- новейшая категория для масел с высочайшими эксплуатационными свойствами для высокоэффективных мощных бензиновых двигателей; с сверх удлиненным интервалом замены, допускающих применение масел с низкой высокотемпературной вязкостью в условиях высоких скоростей сдвига (2,9 – 3,5 мПа.с), благодаря чему достигается достаточно высокая степень экономии топлива.

Эти масла могут не подходить для некоторых двигателей. При необходимости смотрите инструкцию по пользованию автомобилем.

Для всего класса А введено новое испытание на склонность к пенообразованию при 150°C.

Класс масел для дизельных двигателей легковых автомобилей

категория ACEA B1-96:

- масла предназначены для двигателей, допускающих применение масел с низкой высокотемпературной вязкостью в условиях высоких скоростей сдвига (2,9-3,5 мПа•с), благодаря чему достигается достаточно высокая степень экономии топлива; для таких двигателей масло обладает достаточно высокими противоизносными свойствами; недопустимо применение масел этой категории для двигателей требующих НТНСRV > 3,5 мПа•с;
- возможность применения этих масел определяется "Руководством по эксплуатации" конкретного автомобиля.

категория ACEA B1-98:

- по сравнению с B1-96, включены дополнительные проходные критерии при прохождении теста на двигателе OM 602A (CEC-L-51-T-95); включено обязательное испытание на экономию топлива M111 (FE) (CEC-L-54-T-96);

категория ACEA B2-96:

- универсальные масла, допускаемые к применению в большинстве дизельных двигателей (прежде всего без непосредственного впрыска топлива) легковых автомобилей и фургонов, при нормальных интервалах замены масла; уровень эксплуатационных свойств не обеспечивает достаточной степени защиты высокофорсированных двигателей;

категория ACEA B2-98:

- в дополнение к ACEA B2-96, включены дополнительные проходные критерии при прохождении теста на двигателе OM 602A (CEC-L-51-T-95);

категория ACEA B3-96:

- масла с высокой стабильностью свойств, предназначенные для применения в высокопроизводительных дизельных двигателях (прежде всего без непосредственного впрыска топлива) легковых автомобилей и легких фургонов; при указаниях автопроизводителей допускаются удлиненные интервалы замены, круглогодичное использование и применение в тяжелых режимах эксплуатации;

категория ACEA B3-98:

- в дополнение к B3-96, включены дополнительные проходные критерии при прохождении теста на двигателе OM 602A (CEC-L-51-T-95).

Для всего класса В введено новое испытание на склонность к пенообразованию при 150°C.

категория ACEA B4-98:

- новая категория, предназначенная для применения в дизельных двигателях с непосредственным впрыском топлива легковых автомобилей и фургонов; базовые требования совпадают с требованиями категории B2-98; дополнительно проводится испытание в четырехцилиндровом двигателе VW D1 с непосредственным впрыском топлива (SEC-L-54-T-96) объемом 1,9 литра.

категория ACEA B5-2002:

- новейшая категория для масел с высочайшими эксплуатационными свойствами для дизельных двигателей легковых автомобилей и легких грузовиков(автобусов); с сверх удлинённым интервалом замены, допускающих применение масел с низкой высокотемпературной вязкостью в условиях высоких скоростей сдвига (2,9 – 3,5 мПа.с), благодаря чему достигается достаточно высокая степень экономии топлива. Эти масла могут не подходить для некоторых двигателей. При необходимости смотрите инструкцию по пользованию автомобилем.

Класс масел для мощных дизельных двигателей коммерческих автомобилей

категория ACEA E1-96:

- масло, заменяющее CCMC D4, но более высокого качества;
- стандартное масло для мощных дизельных двигателей без турбонаддува;
- соответствуют требованиям спецификации "Mercedes-Benz" 227.1;
- с сентября 1999 года этот класс исключен из классификации;

категория ACEA E2-96, выпуск 3:

- новый промежуточный уровень качества, превышающий ACEA E1-96;
- масло категории качества SHPD;
- улучшенные противоизносные свойства, уменьшено полирование цилиндров, образование нагара и отложений (по сравнению с ACEA E1-96);
- соответствует требованиям спецификации "Mercedes-Benz" 228.1;
- соответствуют требованиям спецификации MAN 271;

категория ACEA E3-96, выпуск 3:

- масло, заменяющее CCMC D5, но более высокого качества;
- улучшенные свойства по сравнению с SHPD маслом ACEA E2-96;
- соответствует требованиям спецификации "Mercedes-Benz" 228.3;
- соответствуют требованиям спецификации MAN M3275;

категория ACEA E4-99:

- новое, наиболее совершенное масло для мощных и быстроходных дизелей Euro 1, Euro 2 и Euro 3;
- соответствуют требованиям спецификации "Mercedes-Benz" 228.5 и MAN M3277;
- масло продленного интервала замены;

категория ACEA E5-99:

- новое, наиболее совершенное масло, не имеющее аналогов по качеству;
- для мощных и быстроходных дизелей Euro 1, Euro 2 и Euro 3;
- отвечает требованиям не только европейских, но и американских производителей автомобилей;
- масло отличается стабильностью свойств и предназначено для продленного интервала замены;
- обеспечивает чистоту двигателя и лучше предохраняет детали от износа;
- от масла E4 отличается соответствием новым строгим требованиям, которые предъявляются к новейшим американским дизельным двигателям.