

ADDINOL®

THE ART OF OIL · SINCE 1936



Краткая энциклопедия смазочных материалов ADDINOL



Оглавление

1.	Общие сведения	3
1.1.	Вязкость (в единицах мм ² /с)	3
1.2.	Индекс вязкости	5
1.3.	Стабильность к сдвигу	6
1.4.	Цветность	6
2.	Автомобильная промышленность	7
2.1.	Вязкость при низкой температуре (в единицах мПа·с)	7
2.2.	Потери на испарение (% масс.)	7
2.3.	Щелочное число (в единицах мг КОН/г)	8
2.4.	Кислотное число (в единицах мг КОН/г)	8
2.5.	Начальное значение pH (i-pH)	9
2.6.	Вязкость при высокой температуре и высокой скорости сдвига (в единицах мПа·с)	9
2.7.	Температура застывания (°C)	10
2.8.	Характеристика SAPS	10
3.	Промышленность	11
3.1.	Деаэрирующая способность (в минутах)	11
3.2.	Дезмульгирующая способность (в минутах)	11
3.3.	Водоотделяющая способность	12
3.4.	Пенообразующие свойства	12
3.5.	Коррозионное воздействие на медь	13
3.6.	Коррозионное воздействие на сталь	13
4.	Механические испытания	13
4.1.	Показатель по Бруггеру (в единицах Н/мм ²)	13
4.2.	Испытание в приборе с коническим роликовым подшипником (KRL) по определению относительного снижения вязкости (%)	14
4.3.	Испытание на стенде с дизельным подкачивающим насосом по определению относительного снижения вязкости (%)	14

1. Общие сведения

1.1. Вязкость (в единицах мм²/с)

Вязкость характеризует текучесть жидкости. Чем выше вязкость, тем более густым и вязкотекучим является масло. И наоборот, чем ниже вязкость, тем более оно жидкотекучее. Вязкость зависит от температуры, поэтому ее определяют при точно известной температуре.

Область применения: моторные масла

Классификация моторных масел по классам SAE (Society of Automotive Engineers — Сообщество автомобильных инженеров) производится на основании вязкости при 100 °С и вязкости, измеренной при высокой температуре (150 °С) и высокой скорости сдвига. Все масла, для которых класс SAE меньше или равен 60 ед., относят к моторным маслам.

Класс SAE	Вязкость при низкой температуре		Предельная температура прокачиваемости насосом		Вязкость при 100 °С, мм ² /с		Вязкость при высокой темп-ре (150 °С) и высокой скорости сдвига, мПа·с
	мПа·с	°С	мПа·с	°С	не менее	не более	
0W	6 200	-35	6000	-40	3,8	-	-
5W	6 600	-30		-35	3,8	-	-
10W	7 000	-25		-30	4,1	-	-
15W	7 000	-20		-25	5,6	-	-
20W	9 500	-15		-20	5,6	-	-
25W	13 000	-10		-15	9,3	-	-
8	-	-	-	-	4,0	<6,1	1,7
12	-	-	-	-	5,0	<7,1	2,0
16	-	-	-	-	6,1	<8,2	2,3
20	-	-	-	-	5,6	<9,3	2,6
30	-	-	-	-	9,3	<12,5	2,9
40*	-	-	-	-	12,5	<16,3	3,7
40**	-	-	-	-	12,5	<16,3	3,7
50	-	-	-	-	16,3	<21,9	3,7
60	-	-	-	-	21,9	<26,1	3,7

* для классов 0W/5W/10W-40; ** для классов 15W/20W/25W-40.

Таблица 1. Классы вязкости моторных масел SAE J300: собственная разработка на основе данных из перечня горюче-смазочных материалов DEKRA 2014 г.; включает расширение классов SAE 8 и 12 (по состоянию на февраль 2015 г.)

Область применения: трансмиссионные масла для автотранспорта

Автомобили и трактора оснащаются ручной, автоматической, раздаточной коробкой передач и мостовым редуктором. Чтобы трансмиссия нормально функционировала на протяжении всего периода эксплуатации, узлам и деталям нужны специальные трансмиссионные масла. Классификация автомобильных трансмиссионных масел производится на основании вязкости, измеренной при различных известных температурах — подобно тому, как это делается при подразделении моторных масел на классы SAE (см. таблицу 2). В рамках классификации SAE более высоким числовым индексам соответствует более высокая вязкость. Вместе с тем, более высокий числовой индекс SAE у трансмиссионного масла по сравнению с моторным маслом не означает более высокую вязкость.

Класс SAE	Вязкость при низкой температуре		Вязкость при 100 °С, мм ² /с	
	мПа·с	°С	не менее	не более
70W	150 000	-55	4,1	-
75W		-40	4,1	-
80W		-26	7,0	-
85		-12	11,0	-
80	-		7,0	<11,0
85	-		11,0	<13,5
90	-		13,5	<18,5
110	-		18,5	<24,0
140	-		24,0	<32,5
190	-		32,5	<41,0
50	-		41,0	-

Таблица 2. Классы вязкости трансмиссионных масел согласно SAE J306 (собственная разработка на основе данных из перечня горюче-смазочных материалов DEKRA 2014 г.)

Область применения: масла промышленного назначения

Масла промышленного назначения классифицируют в соответствии с европейским стандартом ISO-VG 3448 по классам вязкости — имеется в виду средняя вязкость при 40 °С (см. таблицу 3). Пользуясь таблицей 4, можно сравнивать друг с другом промышленные, моторные и трансмиссионные масла по их вязкости.

Степень вязкости ISO	Медианная вязкость при 40 °С, мм ² /с	Диапазон вязкости при 40 °С, мм ² /с	
		не менее	не более
ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
ISO VG 10	10	9,00	11,00
ISO VG 15	15	13,5	16,5
ISO VG 22	22	19,8	24,2
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90,0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

Таблица 3. Классы вязкости масел промышленного назначения согласно стандарту ISO VG 3448 (данные собственной разработки)

Класс SAE- для моторного масла	Класс SAE для трансмиссионного масла
-	-
-	-
0W	-
5W	70W
10W	75W
15W, 20W, 25W, 20	80W
30	85W
40	90
50	90
-	140
-	250

Таблица 4. Примерное соответствие моторных и трансмиссионных масел (данные собственной разработки)

1.2. Индекс вязкости

Индекс вязкости (сокращенно ИВ или VI) характеризует вязкостно-температурные свойства смазочных материалов. Эту величину не измеряют непосредственно, а вычисляют, исходя из значений вязкости при температурах 40 °С и 100 °С. Чем меньше вязкость изменяется с температурой, тем выше индекс вязкости материала — иными словами, при большом ИВ вязкость не так сильно колеблется с изменением температуры в рабочем диапазоне. Большой индекс вязкости особенно нужен в тех случаях, когда от масла требуется не только обеспечить беспрепятственный холодный пуск двигателя, но и придать смазочной пленке повышенную способность выдерживать нагрузку при высокой температуре.

Зная индекс вязкости, можно более уверенно сопоставлять вязкостные свойства смазочных материалов при разных температурах. Ведь вполне возможно, что даже масла с одинаковой вязкостью при температуре 40 °С будут вести себя совершенно по-разному при 100 °С. Взаимосвязь температуры и вязкости может быть наглядно представлена графиком, который и носит название вязкостно-температурной характеристики (см. иллюстрацию 1). Чем выше числовое значение индекса вязкости, тем более полого проходит кривая на графике.

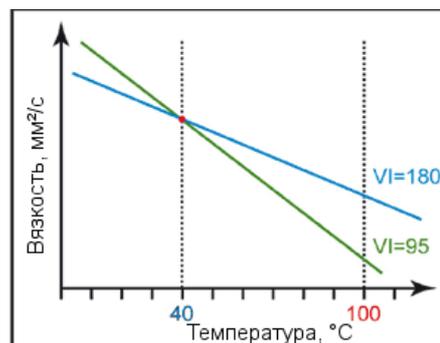


Иллюстрация 1.

График зависимости вязкости от температуры

В общем и целом, у синтетических смазочных материалов вязкостно-температурная характеристика лучше, чем у базовых масел нефтяного (минерального) происхождения, то есть индекс вязкости у первых выше. Ниже в таблице представлен возможный разброс значений индекса вязкости. В качестве примера взяты разные базовые масла. Оптимальный выбор базового масла и присадок дает возможность «улучшить» вязкостно-температурную характеристику, то есть повысить индекс вязкости.

Тип базового масла		Класс/группа	Индекс вязкости
Минеральное масло	Очищенный нефтепродукт (рафинат)	Группа I	~ 95 - 105
	Очищенный нефтепродукт (рафинат)	Группа II	~ 95 - 120
Синтетическое масло	Масло — продукт ГК (ГК = гидрокрекинг)	Группа III	~ 120 - 140
	Масло на основе ПАО (ПАО = поли-альфа-олефины)	Группа IV	~ > 140
	Сложный эфир	Группа V	обычно > 140
	Гликоль (этиленгликоль)		~ > 180

Таблица 5. Значения индекса вязкости для разных базовых масел (собственная разработка)

1.3. Стабильность к сдвигу

Индекс вязкости смазочных материалов можно повысить благодаря применению специальных присадок — так называемых присадок для улучшения вязкостно-температурных свойств. Такие присадки дают возможность ослабить зависимость вязкости от температуры (см. 1.2 Индекс вязкости). Молекулы указанных присадок компенсируют снижение вязкости базового масла с ростом температуры, благодаря чему даже при высокой температуре образуется довольно устойчивая смазочная пленка. Вместе с тем, молекулы присадок, имеющие форму удлиненных цепочек, могут рваться на части в условиях, когда смазочный материал испытывает повышенную механическую нагрузку. Это приводит к снижению вязкости. К слову, потеря вязкости в данном случае необратима. Поэтому такое свойство, как стабильность к сдвигу, является важной характеристикой присадки для улучшения вязкостно-температурных свойств и служит критерием качества этой присадки.

1.4. Цветность

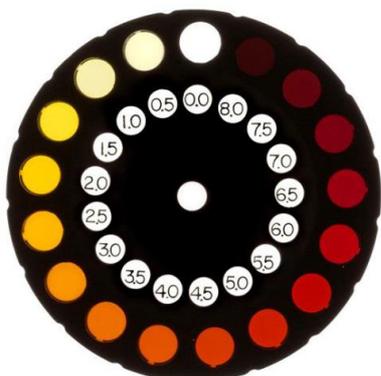


Иллюстрация 2.

Цветовая диаграмма для определения индекса цвета по шкале ASTM 1500

Цвет смазочного материала ничего не говорит ни о его качестве, ни о качестве используемого базового масла и присадок! Цвет смазочного материала определяется выбором базового масла и присадок. К примеру, современные масла для грузового автотранспорта отличаются, как правило, повышенным содержанием присадок и, как следствие, имеют более темную окраску. Цветность смазочных материалов определяют по колориметрической шкале ASTM. Диапазон шкалы составляет от 0,5 (самый светлый) до 8,0 (самый темный). Потемнение масла в ходе эксплуатации по сравнению со свежим маслом может быть вызвано загрязнением — например, образованием сажи и старением (окислением) масла.

1.5 Температура вспышки (°C)

Одним из критериев безопасного обращения с легковоспламеняющимися жидкостями (в частности, смазочными маслами) является температура вспышки. Для определения температуры вспышки измеряют самую низкую температуру, при которой над поверхностью нагретой пробы масла происходит кратковременное возгорание паровоздушной смеси, после чего пламя гаснет. Температура вспышки служит важной характеристикой при подразделении легковоспламеняющихся жидкостей на классы огнеопасности.

2. Автомобильная промышленность

2.1. Вязкость при низкой температуре (в единицах мПа·с)

Вязкость при низкой температуре определяют с помощью имитатора холодного пуска (Cold Cranking Simulator, или CCS). При этом имитируют поведение двигателя при очень низкой температуре (от $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$) со стартовой скоростью проворачивания коленчатого вала; цель состоит в испытании низкотемпературных характеристик масла при низких усилиях сдвига.

Область применения: моторные масла

С технической точки зрения низкотемпературная вязкость — одна из важнейших характеристик при анализе моторного масла, поскольку холодный пуск двигателя происходит при каждой трогании автомобиля с места. Моторное масло должно поступать во все точки смазки как можно быстрее, чтобы поддерживать трение и износ на минимальном уровне. Низкотемпературная вязкость служит основным критерием при отнесении моторного масла к тому или иному классу SAE для масел, рассчитанных на работу при низкой температуре (классы 0W, 5W, 10W и т.д.; см. таблицу 1). Дополнительная литера «W» рядом с числом указывает на пригодность моторного масла для работы в зимних условиях (от англ. winter 'зима').

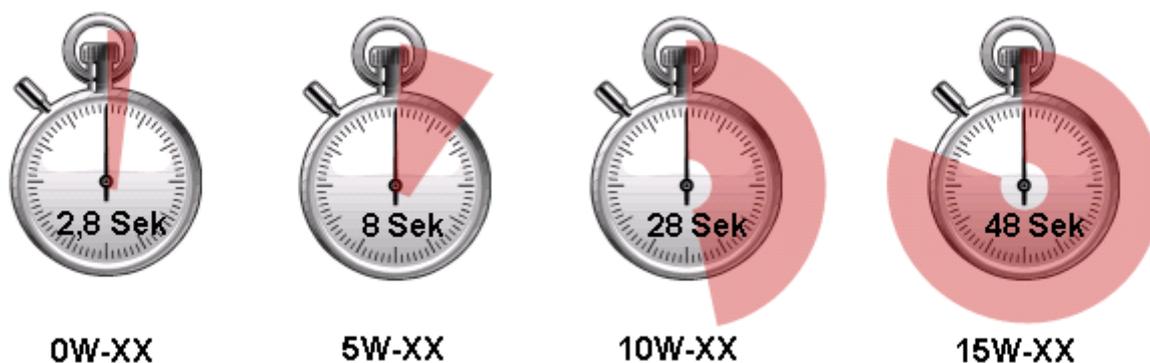


Иллюстрация 3. Время поступления масла в самую отдаленную точку смазки для модельного двигателя при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (данные собственной разработки)

2.2. Потери на испарение (% масс.)

Когда говорят о потерях на испарение, имеется в виду нежелательная потеря массы смазочного масла при повышенной температуре (до $350\text{ }^{\circ}\text{C}$). Определение потерь на испарение проводят методом Ноака при $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выражают в процентах от массы (% масс.).

Область применения: моторные масла

Потери на испарение можно считать эквивалентом повышенного расхода масла, поскольку уровень масла падает непропорционально быстро; кроме того, испарение может приводить к изменению свойств масла. Роль испарения особенно велика при смазке узлов двигателей и цилиндров. Низкокипящие фракции моторного масла, отделяющиеся при

испарении, под действием высокой температуры могут переноситься, например, на поршневые кольца и дно поршней и образовывать нагар на поверхности поршней и впускных клапанов. Из-за испарения легких фракций моторного масла изменяется его первоначальная вязкость. По мере увеличения вязкости моторное масло густеет и хуже перекачивается насосом, особенно при низкой температуре. Повышенное трение и износ приводят к повреждению двигателя.

2.3. Щелочное число (в единицах мг КОН/г)

Запас щелочности масла, выражаемый общим щелочным числом (англ. Total Base Number, или TBN), — это количественная характеристика способности масла к нейтрализации кислот. Щелочное число отражает общее содержание оснований на единицу массы (грамм) смазочного масла и дает представление о том, какое количество кислотных составных частей масла может быть нейтрализовано и обезврежено.

Область применения: моторные масла

Вещества кислотного характера могут попадать в моторное масло в первую очередь при сгорании топлива, содержащего серу; кроме того, это могут быть и оксиды азота. Чем выше содержание серы в топливе, тем быстрее будет исчерпан запас щелочности масла и тем раньше понадобится сменить моторное масло. Сравнивая TBN отработанного масла с аналогичной характеристикой свежего масла, можно сделать важные выводы об остаточном сроке службы масла.

Наличие веществ кислотного характера в моторном масле указывает на высокую опасность коррозии двигателя.

2.4. Кислотное число (в единицах мг КОН/г)

Кислотное число (англ. Total Acid Number = TAN), подобно щелочному числу (см. 2.3), считается одним из важнейших критериев склонности масла накапливать в ходе эксплуатации вещества кислотного характера. Кислотное число выражают количеством гидроксида калия (KOH), которое необходимо для нейтрализации веществ кислотной природы, содержащихся в одном грамме масла. Кислоты, присутствующие в масле, ускоряют его окисление, что в большинстве случаев приводит к повышению вязкости. Вязкость может возрасти до такой степени, что подача смазочного материала к месту смазки становится недостаточной. Кроме того, содержание в масле свободных кислот способствует коррозионному износу маслосистемы. В первую очередь от этого страдают цветные металлы (в частности, медь), а также пластмассы и уплотнительные материалы.

2.5. Начальное значение pH (i-pH)

Щелочное число (см. 2.3) дает представление о нейтрализующей способности смазочных материалов главным образом по отношению к сильным кислотам (особенно серосодержащим), которые образуются в процессе сгорания топлива в двигателе. Однако когда речь заходит о кислотах, образующихся в газовых двигателях при их работе на биогазе (отходящем газе со свалок или газе, выделяющемся в процессе очистки сточных вод), то запас щелочности не так уж хорошо отражает способность масла к нейтрализации этих кислот.

Область применения: газомоторные масла

Возможен случай, когда газомоторное масло уже обогащено кислотами, но его запас щелочности полностью не исчерпан. В этом случае для оценки степени насыщения газомоторного масла продуктами кислотного характера используют дополнительную характеристику — начальное значение pH (i-pH). Присутствие даже малых количеств сильных и агрессивных кислот приводит к заметному снижению i-pH.

2.6. Вязкость при высокой температуре и высокой скорости сдвига (в единицах мПа·с)

Динамическая вязкость при высокой температуре и высокой скорости сдвига (далее — вязкость НТНС, от англ. High Temperature High Shear Viscosity) характеризует поведение смазочных материалов в условиях эксплуатации. Эту величину определяют при температуре 150 °С и приложении высокого усилия сдвига с градиентом, достигающим 10^6 с^{-1} (то есть при высоких оборотах двигателя).

Область применения: моторные масла

Вязкость НТНС в сочетании с вязкостью при 100 °С создает основу для подразделения масел на классы SAE в высокотемпературной области (см. таблицу 1). Минимальные значения вязкости НТНС, предписанные требованиями SAE J300, гарантируют, что все сезонные масла образуют устойчивую смазочную пленку даже при высоких температурах и высоких оборотах двигателя и, таким образом, обеспечивают оптимальную защиту от износа даже в самых жестких условиях эксплуатации.

По мере снижения вязкости моторного масла в области высоких температур, снижаются и потери на трение в двигателе. Поскольку трение теперь ниже, меньше энергии превращается в тепло; как следствие, повышается КПД двигателя и снижается расход топлива при одной и той же отбираемой мощности.



Тем не менее, следует отметить, что двигатели, рассчитанные на эксплуатацию моторных масел со сниженной вязкостью НТНС, должны иметь конструктивные особенности с учетом этого обстоятельства. Использование масел с пониженной вязкостью НТНС в двигателях, чья конструкция для этого не предназначена, приводит к выходу двигателя из строя в результате износа! С другой стороны, применение обычных моторных масел в двигателях, рассчитанных на использование масел со сниженной вязкостью НТНС, вполне возможно и не вызывает каких-либо проблем. Безусловно, об экономии топлива в этом случае следует забыть.

2.7. Температура застывания (°C)

При низких температурах масло способно застывать. При этом прокачиваемость смазочного материала и надежное смазывание узлов и деталей двигателя уже не гарантируется. Точка застывания — это количественная характеристика физического свойства смазочного материала при низкой температуре; она соответствует самой низкой температуре, при которой масло еще способно течь, пусть и с трудом.

Область применения: моторные масла

Температура застывания играет важную роль в первую очередь при холодном пуске в зимний период. Если моторное масло имеет пониженную температуру застывания и, таким образом, способно течь и при низких температурах, то быстрое и полное смазывание двигателя гарантировано даже при холодном пуске в зимний период. Быстрое образование смазочной пленки сводит к минимуму износ в режиме граничного трения, что существенно в условиях холодного климата.

2.8. Характеристика SAPS

Аббревиатура от английского выражения, означающего «сульфатная зола, фосфор и сера».

Область применения: моторные масла

Автомобили, оснащенные самыми современными системами нейтрализации отработавших газов (например, дизельными сажевыми фильтрами, системами восстановления AdBlue или каталитическими дожигателями), требуют специального моторного масла, обеспечивающего безотказную работу этих устройств. Использование моторного масла неподходящей марки чревато тем, что в порах сажевого фильтра откладываются частицы золы, приводящие к его закупорке. В результате такой закупорки дизельного сажевого фильтра повышается давление в двигателе и увеличивается расход топлива. Помимо этого, фосфор и сера, присутствующие в составе присадок в моторном масле, «отравляют» поверхность катализатора и тем самым препятствуют нейтрализации выхлопных газов.

Согласно нормам, введенным Ассоциацией европейских производителей автомобилей (ACEA = Association des Constructeurs Européens d'Automobiles), моторные масла подразделяют на классы в зависимости от допустимого содержания сульфатной золы, фосфора и серы: масла High SAPS с высоким содержанием золообразующих веществ, фосфора и серы (классы A/B по номенклатуре ACEA); масла Low SAPS с низким содержанием золообразующих веществ, фосфора и серы (классы C1, C3, C4 по номенклатуре ACEA) и масла Mid SAPS с промежуточным содержанием указанных примесей (класс C2 по номенклатуре ACEA). Из-за низкой склонности к образованию золы масла Low SAPS известны также как малозольные (low ash).

3. Промышленность

3.1. Деаэрирующая способность (в минутах)

Под деаэрирующей, или воздухоотделительной, способностью смазочного материала понимают его способность выделять воздух, присутствующий в виде пузырьков или тонкой дисперсии. Для оценки деаэрирующей способности масла его предварительно насыщают воздухом и измеряют время, необходимое для того, чтобы в контролируемых условиях объем воздуха снизился до 0,2 от общего объема. Тем не менее, это значение ничего не говорит об абсолютном содержании воздуха в масле. Все, что можно из него извлечь — это информацию о возможном поведении данного смазочного масла в сравнении с другими. Деаэрирующая способность масла зависит от его вязкости и размера пузырьков воздуха и может ухудшаться, например, в результате загрязнения. В отличие от пенообразующих свойств масла его деаэрирующую способность нельзя улучшить присадками — ее можно только ухудшить. Воздух, диспергированный в масле в виде мелких пузырьков, может, например, повлиять на его сжимаемость и тем самым создавать помехи в работе гидравлических систем.

Область применения: гидравлические жидкости

Свежая гидравлическая жидкость содержит в растворенном виде до 9 % воздуха. Точное содержание воздуха определяется его растворимостью в конкретной жидкости, как правило, этот растворенный воздух не оказывает влияния на работу системы. Иное дело, если воздух усиленно подается извне, насыщает жидкость и удерживается в ней. В процессе работы давление в гидравлической системе повышается, жидкость давит на пузырьки, и в итоге они схлопываются. При этом наступает кратковременное, но очень резкое ускорение потока, местное повышение температуры и давления, вызывающее кавитацию, что может привести к снижению КПД гидравлической установки.

3.2. Деземულიгирующая способность (в минутах)

Деземულიгирующая способность, согласно ISO 6614, характеризует поведение смазочных масел и гидравлических жидкостей по отношению к примесной воде. Высокая деземულიгирующая способность обеспечивает быстрое отделение воды. Примеси могут влиять на процесс разделения масла и воды.

Область применения: гидравлические жидкости

Стандартом DIN 51524 предписано, что у гидравлических жидкостей, относящихся к типу HLP, деземულიгирующая способность должна составлять не более 30 минут. За это время вода и масло должны разделиться на две фазы.



Вместе с тем, встречаются и такие практические задачи, при которых деземულიгирующие свойства масла нежелательны. Водная составляющая не

должна отделяться от масла; вместо этого вода должна находиться во взвешенном состоянии до тех пор, пока эмульсия не будет пропущена через фильтр или не будет слита из маслопровода при очередной смене рабочей жидкости. Гидравлические жидкости типа HLPD, используемые, к примеру, в мобильных гидравлических установках, должны обладать диспергирующими и моющими свойствами. В таких жидкостях все загрязнения должны удерживаться во взвешенном состоянии.

3.3. Водоотделяющая способность

Данное свойство, характеризующее способность масла к отделению воды, определяют согласно стандарту DIN 51589 для масла, предназначенного для паровых турбин.

Область применения: турбинные масла

В процессе смазки подшипников скольжения в водяных или паровых турбинах в используемом смазочном материале может накапливаться большое количество воды. Вот почему для турбинных масел так важна хорошая водоотделяющая способность. В этом случае, во избежание повреждения, вода должна быстро отделиться от масла, чтобы ее можно было вывести — например, через сливное устройство.

3.4. Пенообразующие свойства

Пенообразующие свойства смазочных материалов характеризуют их склонность образовывать на поверхности шапку пены. Пена образуется, когда пузырьки воздуха или газа из внутренних слоев жидкости всплывают на поверхность и не распадаются. Для улучшения пенообразующей способности при составлении смазочных материалов к ним добавляют так называемые ингибиторы пенообразования. Склонность смазочных масел пениться зависит от качества базового масла, природы и количества присадок и от условий эксплуатации.

Повышенное пенообразование у смазочных материалов, уже проработавших определенное время, может быть вызвано самыми разными причинами. К их числу относятся, например, загрязнение пылью, присутствие капель воды, остатков герметика или пластичной смазки, а также подсос воздуха через масляный насос. Повышенная склонность к пенообразованию может появиться и в результате смешивания с маслами иного типа, не совместимого с данным маслом. В условиях эксплуатации в масло неминуемо попадает воздух. Поэтому некоторое усиление пенообразующих свойств неизбежно. Если на поверхности образовалась устойчивая шапка пены, а то и вовсе пена выступает через отверстия маслопровода, то часть масла будет утеряна и в результате его уровень в системе понизится.

3.5. Коррозионное воздействие на медь

Вещества кислотного характера, присутствующие в составе смазочного материала, вступают в реакцию с металлическими материалами (в частности, медью) и вызывают их коррозию. В первую очередь корродирующее действие оказывают соединения серы, содержащиеся в минеральном масле. Для испытания масел (прежде всего гидравлических жидкостей, турбинных и трансмиссионных масел) на корродирующее действие по отношению к меди используют методику коррозии медной пластины. Глубину коррозии оценивают визуально, пользуясь эталонными пластинами для сравнения, и присваивают образцу одну из четырех степеней коррозии: от «легкой побежалости» (степень коррозии 1) до «наличие коррозии» (степень коррозии 4).

3.6. Коррозионное воздействие на сталь

В случае масел для паровых турбин, а также гидравлических жидкостей дают количественную оценку коррозии стального образца, контактирующего с водой. При этом визуально оценивают изменения, которые происходят в результате коррозии со стальными прутками при соблюдении стандартных условий эксперимента. Считается, что масло выдержало испытание, если ни один из двух прутков не показывает признаков коррозии. В зависимости от выбранного варианта методики для испытания берут либо дистиллированную воду (метод испытаний А), либо, для создания жесточенных условий, искусственную морскую воду (метод испытаний В).

4. Механические испытания

4.1. Показатель по Бруггеру (в единицах Н/мм²)

Показатель по Бруггеру служит мерой способности смазочного материала выдерживать нагрузку в области смешанного трения. Область смешанного трения — это такой случай, когда имеет место частичный механический контакт между поверхностями металла в паре трения и осуществляется гидродинамическая смазка этих поверхностей. Такая ситуация может реализоваться, если к моменту начала движения смазочный материал еще не поступил в нужном количестве во все точки смазки или же используемый смазочный материал не рассчитан на ту нагрузку, с которой эксплуатируется оборудование. Для оценки поведения смазочного материала в условиях, когда к нему приложено чрезвычайно высокое давление (условия EP = Extreme Pressure), то есть меры его пригодности к эксплуатации в реальных условиях, смазочный материал испытывают специальным методом, в котором используется аппарат Бруггера. Масло, подлежащее испытанию, наносят на специальный цилиндр, к которому прижимается вращающееся кольцо. Прижимная сила задается грузом известной массы. По истечении времени испытания изучают пятно износа на испытательном цилиндре, образованное в результате трения образцов друг о друга в паре цилиндр—кольцо. Показатель по Бруггера рассчитывают как отношение пробной силы (Н = «ньютон» — единица измерения физической величины силы) к площади образующегося пятна износа (в мм²). Чем меньше пятно износа, тем выше способность смазочного материала выдерживать нагрузку и, следовательно, тем лучше свойства исследуемого смазочного материала в условиях высоких давлений (EP). Особенно важен параметр Бруггера для смазочных материалов, используемых для смазки поверхностей, к которым приложена высокая нагрузка — например, для трансмиссионных масел.

4.2. Испытание в приборе с коническим роликовым подшипником (KRL) по определению относительного снижения вязкости (%)

Испытание в приборе с коническим роликовым подшипником (KRL = Kegelrollenlager) — это метод определения того, как и насколько изменяется вязкость масла в результате необратимого разрушения молекул присадок, повышающих индекс вязкости (ИВ). Иными словами, это метод оценки сопротивления масла сдвигающему усилию (см. 1.3). В роли приводного механизма выступает четырехшариковая машина трения (см. 4.4), в которой вместо шариков установлен конический роликоподшипник. Исследуемое масло наносят на место смазки методом погружения и вращают подшипник со скоростью 1450 об./мин, поддерживая температуру +60 °С. Указанную температуру, число оборотов и приложенную нагрузку поддерживают неизменными в течение заданного времени испытания (20, 100 или 200 часов). По истечении ходового испытания измеряют вязкость масла при +100 °С и находят пропорцию к вязкости свежего масла, также измеренной при +100 °С. Измерение вязкости, выраженное в форме относительного снижения вязкости, служит мерой сопротивления смазочного материала приложенному сдвигающему усилию.



Иллюстрация 4.
Четырехшариковая машина трения в качестве привода для испытания KRL



Иллюстрация 5.
Тигель для испытаний с помещенным внутрь роликовым подшипником



Иллюстрация 6.
Испытание с форсункой дизельного подкачивающего насоса

4.3. Испытание на стенде с дизельным подкачивающим насосом по определению относительного снижения вязкости (%)

Испытательный стенд с дизельным подкачивающим насосом предназначен для определения того, насколько смазочный материал способен сопротивляться сдвигающему усилию (см. 1.3). Методику используют, главным образом, применительно к моторным маслам и гидравлическим жидкостям. При этом пробу исследуемого масла впрыскивают под высоким давлением в испытательное устройство через форсунку дизельного подкачивающего насоса, а затем прикладывают к нему сдвигающую нагрузку. После заданного числа проходов масла через систему измеряют вязкость отработанного масла при +100 °С и сравнивают ее с вязкостью свежего масла при той же температуре. Сопротивляемость смазочного материала сдвигающему усилию выражают в процентах, как убыль вязкости после испытания.

4.4 Испытание в четырехшариковой машине трения (ЧШМТ) по определению нагрузки сваривания (Н)

К смазочным материалам, подвергающимся высоким нагрузкам и работающим под высоким давлением в области смешанного трения, как правило, добавляют противозадирные (EP) присадки (EP = Extreme Pressure 'чрезвычайно высокое давление'). Такие присадки EP, добавляемые в моторные масла, трансмиссионные масла, масла для гипоидных передач или гидравлические жидкости, призваны обеспечить высокую способность масла поглощать приложенную нагрузку. Для таких смазочных материалов испытание в четырехшариковой машине трения служит основным методом оценки смазочной способности при высокой сжимающей нагрузке и позволяет судить о несущей способности противозадирных присадок. Как следует из самого названия машины, смазочный материал испытывают в контакте с набором из четырех одинаковых шариков. Вращающийся шарик (шарик подшипника) скользит в течение одной минуты на трех прочно зажатых шарикам (опорным шарикам), прижимаясь к ним с заданным усилием. Опорные шарики погружены в ванну со смазочным материалом. Если сваривания четырех шариков не произошло, процесс повторяют с новыми шариками и свежим маслом, повышая нагрузку. Максимальная нагрузка, достигнутая без наступления сваривания, называется критической нагрузкой. А нагрузкой сваривания соответствующего смазывающего материала считается испытательная нагрузка, которая была задана в момент первого сваривания шариков в ЧШМТ. Чем выше нагрузка сваривания, тем лучше смазочная способность масла при наложении сжимающей нагрузки.



Иллюстрация 7.
Четырехшариковая машина трения



Иллюстрация 8. Испытательные шарики после сваривания

4.5 Испытание FZG

Испытание предельной нагрузки по задиранию FZG (FZG = Forschungsstelle für Zahnrad- und Getriebebau — Научно-исследовательский центр зубчатых передач и трансмиссии при Мюнхенском техническом университете) выполняется на испытательном стенде с нагружаемыми шестернями и служит для определения предельной нагрузки (несущей способности) при эксплуатации таких материалов, как трансмиссионные масла, моторные масла и гидравлические жидкости. Методику испытания FZG применяют в самых разных вариантах в зависимости от смазочного материала — с варьируемой температурой в масляной ванне, разными окружными скоростями, разным числом зубьев и разным направлением вращения шестерен. Свойства масла определяются при помощи шестерней, погруженных в исследуемое масло или смазываемых циркуляционным способом. Шестерни вращаются на постоянной скорости и при заданной температуре масла на выходе. В ходе испытания нагрузку

на боковую поверхность зубьев постепенно повышают. После каждого ступенчатого повышения нагрузки проводят визуальный осмотр поверхностей зубьев и дают оценку наблюдаемым изменениям. Испытание прекращают, когда наблюдается явный износ (заедание) шестерней. Для этого момента указывают степень нагрузки.



Иллюстрация 9. Испытание FZG для определения противоизносных и противозадирных свойств масел: испытательные шестерни

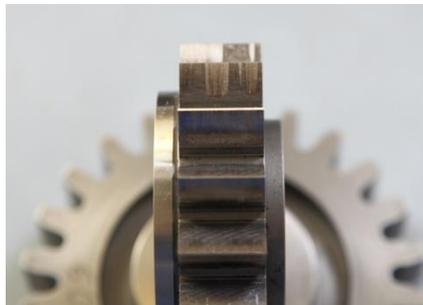


Иллюстрация 10. Боковые поверхности зубьев после испытания: видны явные признаки заедания