

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.П. Пупышев

ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА СМАЗОК АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для обучающихся по УГСН 23.00.00 всех форм обучения

Екатеринбург
2023

Печатается по рекомендации методической комиссии ИТИ.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент Чернышев Д.О.

Пупышев, А.П.

П88 Определение качества смазок автотракторной техники : методические указания к выполнению лабораторной работы для обучающихся по УГСН 23.00.00 всех форм обучения / А.П. Пупышев : Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. – 40 с.

Переиздание.

Издается в авторской редакции.

Содержание

Введение.....	4
1. Общие положения	4
2. Оценка типа и состояния масла по внешним признакам	11
3. Методы определения содержания воды и механических примесей в смазочном масле	11
4. Определение плотности моторного масла	16
5. Определение кинематической вязкости смазочного масла	18
6. Определение загрязненности смазочного масла.....	25
7. Определение диспергирующе-стабилизирующих свойств мотор- ного масла.....	29
8. Определение щелочного числа моторного масла.....	34
9. Определение температуры вспышки смазочного масла.....	35
Заключение.....	38
Литература.....	39
Приложение.....	40

Введение

Работа машин и механизмов в значительной степени определяется качеством применяемых эксплуатационных материалов. Использование современных топливно-смазочных материалов позволяет значительно повысить производительность машин и их ресурс.

Цель проведения лабораторно-практических занятий – овладение методами комплексной оценки эксплуатационных свойств смазочных материалов, по которым оценивают пригодность их применения. Ознакомление с нормативно-технической документацией на смазочные масла, методами их контроля с помощью ручных переносных лабораторий.

Техника безопасности

1. Перед выполнением лабораторной работы студенты должны изучить методику ее проведения и ознакомиться с правилами техники безопасности.

2. Студент должен выполнять лабораторную работу в халате.

3. Если лабораторная работа сопровождается выделением ядовитых веществ, то она должна проводиться в вытяжных шкафах.

4. При работе с кислотами и щелочами следует использовать резиновые перчатки и защитные очки.

5. Осторожно следует обращаться со стеклянной посудой и нагревательными приборами.

6. При работе с маслами следует соблюдать осторожность. При падении его на кожный покров необходимо вымыть их теплой водой с мылом.

7. Остатки образцов нефтепродуктов, обтирочные материалы, должны быть удалены в специально отведенные места.

7. Курить в помещении лаборатории категорически воспрещается.

8. При возникновении пожара (или вспышки) немедленно убрать ГСМ. Загоревшиеся нефтепродукты заливать водой нельзя. Очаг пламени нужно накрыть брезентом или засыпать песком. При тушении пользоваться углекислотным огнетушителем. Нагревательные приборы, приточно-вытяжную вентиляцию немедленно отключить.

9. При ожоге кожи щелочами ее следует промыть слабым раствором уксусной кислоты. При ожоге кислотой кожу промыть водой, а затем слабым раствором соды.

10. После окончания работы необходимо вымыть руки с мылом.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Во время работы двигателя качество смазочного масла ухудшается из-за попадания в него топлива, воды, пыли, продуктов износа деталей, а также из-за окисления самого масла и расходования содержащихся в нем

присадок. Масло насыщается продуктами старения (асфальто-смолистые соединения, сажа и т.п.), которые придают ему черный цвет. Постепенно, а при возникновении определенных неисправностей в двигателе - практически сразу же, эксплуатационные свойства масла ухудшаются, и двигатель может выйти из строя. Чтобы этого не произошло, масло необходимо заменить.

Замена масла в двигателе, как профилактическая операция, производится по наработке, установленной заводом-изготовителем, в моточасах или часах работы двигателя, км пробега и других единицах. Однако реальные условия эксплуатации различны и поэтому регламентная замена масла, без оценки его качества, может оказаться преждевременной (масло еще хорошее) или запоздавшей (уже идет интенсивный износ деталей).

Контроль качества масла с применением экспресс-лабораторий позволяет производить его замену по состоянию, предотвратить интенсивно износ двигателей и экономить смазочное масло.

Пригодность масла для использования определяется оценкой его основных физико-химических показателей, которые при работе двигателя сильно изменяются. Задача экспресс-анализа - оценить их значения, сравнить с предельно-допустимыми и принять решение о замене масла или возможности его дальнейшего использования. Если при анализе установлено, что, хотя бы, один из этих показателей достиг предельного значения - масло необходимо заменить. После очистки собранного отработанного масла его можно использовать в других узлах и агрегатах машин.

Показатели предельного состояния масел приведены в таблице 1.

Увеличение вязкости масла выше допустимого уровня приводит к ухудшению подачи масла в зазоры трущихся пар, особенно при запуске двигателя (повышенный износ) и росту затрат энергии на преодоление трения. Снижение вязкости - к повышенному износу, особенно при высоких нагрузках. При снижении вязкости на 50% происходит аварийный износ деталей, и двигатель выходит из строя.

При высоком содержании загрязнений в масле форсируется износ деталей, забиваются фильтры и каналы системы смазки, происходит интенсивное образование лаков и нагаров на деталях двигателя.

Снижение щелочного числа масла является результатом нейтрализации щелочными присадками сильных кислот, которые образуются при конденсации продуктов сгорания (топлива, в котором содержится сера). Если щелочное число масла ниже допустимого, то дальнейшее его использование приведет к коррозии и разрушению наиболее уязвимых деталей двигателя, в частности - вкладышей подшипников коленчатого вала.

Таблица 1. – Показатели предельного состояния масел

Показатель	Значения показателей масла		
	для бензиновых ДВС	для дизельных ДВС	
		ЛЗМ	Автомобилей
1	2	3	4
Изменение вязкости, %, не более:			
увеличение	25	30-35	35-40
уменьшение	20	20	30
Содержание механических загрязнений, %, не более	1	1...3	3
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	0,5 ... 2,0*	1,5 ... 2,5*	1,2... 2,5*
Содержание воды, %, не более	0,5	0,3	0,3
Диспергирующе-стабилизирующие свойства, баллы, не более	5	5	5

*- для масел, используемых в высокофорсированных двигателях, принимаются большие значения.

Ухудшение диспергирующе-стабилизирующих свойств (ДСС) масла проявляется в укрупнении частиц продуктов старения масла (асфальто-смолистых и сажистых частиц, продуктов окисления и т.п.), которые превращаются затем в лаки и нагары. В хорошем масле (по ДСС) частицы мелко раздроблены, находятся во взвешенном состоянии, а их слипанию и осаждению на поверхностях деталей препятствует присадка. Если присадка сработалась, то частицы укрупняются и отлагаются на деталях. Это нарушает температурный режим (перегрев деталей), приводит к появлению осадка и отложений, залеганию поршневых колец, забиванию фильтров и каналов.

Повышенное содержание воды в масле ухудшает его смазывающую способность, вызывает быстрое разложение присадок и образование осадка. При хранении масла даже небольшое количество содержащейся в нем воды может сделать масло непригодным к использованию в двигателе.

В исправном двигателе содержание воды в масле незначительное и зависит от влажности воздуха, поступающего в двигатель при вентиляции картера. При этом вода испаряется, и ее содержание стабилизируется на допустимом уровне. Повышенное содержание воды в масле - это, прежде всего, следствие нарушения уплотнений системы охлаждения или долива обводненного масла.

Нормативно-техническая документация на моторные масла российского производства представлена в таблице 2 – 4, а основные технические характеристики вискозиметров в таблице 2.

Таблица 2. – Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам

Группа масел по эксплуатационным свойствам		Рекомендуемая область применения
А		Нефорсированные бензиновые двигатели и дизели
Б	Б ₁	Малофорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников
	Б ₂	Малофорсированные дизели
В	В ₁	Среднефорсированные бензиновые двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию отложений всех видов
	В ₂	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозийным, противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений
Г	Г ₁	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию отложений всех видов и коррозии
	Г ₂	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений

Группа масел по эксплуатационным свойствам		Рекомендуемая область применения
Д	Д ₁	Высокофорсированные бензиновые двигатели, работающие в эксплуатационных условиях, более тяжелых, чем для масел группы Г ₁
	Д ₂	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию отложений
Е	Е ₁	Высокофорсированные бензиновые двигатели и дизели, работающие в условиях более тяжелых, чем для масел групп Д ₁ и Д ₂ .
	Е ₂	Отличаются повышенной диспергирующей способностью, лучшими противоизносными свойствами

Таблица 3. – Основные показатели качества моторных масел для дизелей

Показатели качества	М-8-Г ₂	М-8-Г ₂ (к)	М-10-Г ₂
Кинематическая вязкость, мм ² /С при 100 °С 0 °С (не более)	8 ±0,5 1200	8 ±0,5 1200	11 ±0,5
Индекс вязкости, не менее	90	95	90
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	6,0	6,0	6,0
Зольность сульфатная, %, не более	1,65	1,15	1,65
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	1,0	0,5	1,0
Коррозийность, г/м ² не более	10	отсутствует	

Показатели качества	М-8-Г ₂	М-8-Г ₂ (к)	М-10-Г ₂
Температура, °С:			
вспышки, не ниже	200	200	205
застывания, не выше	-25	-30	-15

* при -18°С

Вязкость - один из важнейших показателей, характеризующий пригодность применения смазочного масла в том или ином узле (агрегате). Определенная вязкость нужна для образования оптимального смазочного слоя и уменьшения изнашивания трущихся поверхностей. Вязкость измеряется вискозиметрами различных типов (капиллярные, роторные и др.)

Таблица 4. – Соответствие классов вязкости моторных масел по ГОСТ 17479.1-85 и классификации SAE

Класс вязкости		Класс вязкости	
по ГОСТ 17479.1-85	по SAE	по ГОСТ 17479.1-85	по SAE
3 _з	5W	24	60
4 _з	10W	3 _з /8	5W-20
5 _з	15W	4 _з /6	10W-20
6 _з	20W	4 _з /8	10W-20
6	20	4 _з /10	10W-30
8	20	5 _з /10	15W-30
10	30	5 _з /12	15W-30
12	30	6 _з /10	20W-30
14	40	6 _з /14	20W-40
16	40	6 _з /16	20W-40
20	50		

Для каждого вискозиметра указывается его постоянная K , представляющая собой отношение вязкости ν_{20} калибровочной жидкости при 20 °С ко времени τ_{20} протекания этой жидкости под действием собственной массы через капилляр вискозиметра.

$$K = \nu_{20} / \tau_{20}, \quad \text{мм}^2/\text{с}^2 \text{ (сСт/с)}.$$

Вязкость нефтепродуктов при температуре t °С находят по формуле:

$$\nu = K * \tau_t.$$

Таблица 5. – Основные технические характеристики вискозиметров

№ п/п	№ вискозиметра	Постоянная	Диаметр вискозиметра	Нефтепродукт
1	159	0,008449	0,56	Авиационный керосин
2	509	0,01041	0,56	
3	778	0,01144	0,62	Дизельное топливо
4	2041	0,008412	0,62	
5	4192	0,01304	0,62	
6	6182	0,01027	0,62	
7	139	0,02988	0,73	Моторные и трансмиссионные масла
8	943	0,03415	0,73	
9	54	0,03130	0,82	
10	119	0,03488	0,82	
11	170	0,03573	0,82	
12	3427	0,03415	0,82	
13	4582	0,1041	0,99	Гидравлические индустриальные масла
14	4831	0,1059	0,99	
15	5391	0,1029	0,99	
16	140	0,1052	1,12	
17	320	0,08956	1,12	

Контрольные вопросы

1. Что означают буквы и цифры в марках отечественных моторных масел?
2. Как классифицируются зарубежные моторные масла?

3. По каким показателям определяется взаимозаменяемость моторных масел?
4. Какие нормативные документы существуют на моторные масла?
5. Как определяют качество моторных масел?
6. В чем сущность классификации моторных масел?
7. Какие процессы происходят в моторном масле при эксплуатации в ДВС?

2. ОЦЕНКА ТИПА И СОСТОЯНИЯ МАСЛА ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

Одним из простейших признаков, характеризующих тип, качество и эксплуатационные свойства масла, является его цвет в прозрачность.

Цвет исследуемого масла сравнивают с цветом эталонных образцов в отраженном и проходящем свете. При этом исследуемое масло предварительно помещают в пробирку из прозрачного бесцветного стекла. Данный метод позволяет определить принадлежность масла к конкретному типу при условии отсутствия в исследуемом образце посторонних примесей, его сильном загрязнении механическими примесями и инородными включениями.

Помутнение образца исследуемого масла свидетельствует о наличии в нем посторонних элементов: топлива, вода, других сортов масла и смазочных материалов, различного рода загрязнителей.

3. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В СМАЗОЧНОМ МАСЛЕ

Присутствие воды в работавших маслах объясняется рядом причин: поступлением из камеры сгорания вместе с прорывающимися газами; возможным проникновением в картер из системы охлаждения; конденсацией влаги. Наличие воды способствует: образованию осадка, который принято называть низкотемпературным шламом; образованию агрессивных кислот.

Наличие воды в работавшем масле можно определить несколькими способами.

3.1. Метод оценки обводненности масла с помощью отстойника

О наличии воды в масле может свидетельствовать помутнение пробы. При большом содержании воды для оценки ее количества в масле можно использовать отстойник (рис. 1).

Последовательность операций:

-пробу масла в объеме 100 мл тщательно перемешать и осторожно залить в отстойник;

-для лучшего отстоя масло разбавить чистым бензином в соотношении 1:3 - 1:7, в зависимости от вязкости масла (при более вязком масле пропорция возрастает);

-отстойник закрепить в специальном держателе на штативе и отстаивать масло в течении 45 мин. Более тяжелые фракции: вода и механические примеси, - за это время осядут на дне отстойника;

-с помощью делений, нанесенных на стеклянную поверхность отстойника, определяют долю воды в общем объеме масла.

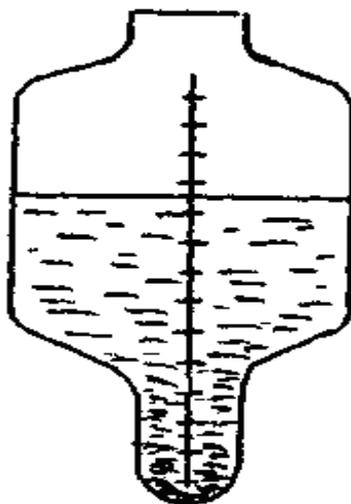


Рис. 1. Отстойник для пробы масла.

3.2. Метод оценки обводненности масла по его вспениванию

Для определения содержания воды в масле необходимо произвести следующие операции:

- в чистую, предварительно высушенную пробирку из теплостойкого стекла залить 2-3 мл тщательно перемешанного масла;
- пробирку осторожно нагреть на спиртовке до температуры 100-110°C;
- при наличии воды масло пенится, слышится треск, пробирка вздрагивает, а слой масла на ее стенках мутнеет.

3.3. Метод оценки обводненности по характеру горения фильтровальной бумаги, пропитанной работавшим маслом

Определение наличия воды в работавшем масле производят в следующем порядке:

- тщательно перемешивают пробу работавшего масла;
- взять листок фильтровальной бумаги, пропитать его работавшим маслом и поджечь;
- дают оценку характеру горения факела (по табл. б) определяют степень обводнения масла).

Таблица 6. – Степень обводненности смазочного масла

Характер горения факела	Обводненность масла, %	Принимаемое решение
Слабое шипение	0,5	работоспособно
Потрескивание, отдельные фейерверки	1,0	работоспособно
Треск, сильный фейерверк	1,5	не работоспособно, требуется обезвоживание

3.4. Метод оценки обводненности масла при опускании в него нагретой металлической пластины или стержня

Определение наличия воды в работавшем масле производится в следующем порядке:

- тщательно перемешивается проба работавшего масла;
- нагревается металлическую пластину (стержень) до температуры 150 °С;
- опускают нагретую пластину (стержень) на 2...3 мм в пробу работавшего масла.

Оценка работоспособности работавшего масла производится согласно табл. 7. (в качестве нагретого стержня можно использовать паяльник мощностью 40...60 Вт).

Таблица 7. – Оценка работоспособности работавшего масла

Характер потрескивания, состояние поверхности	Принимаемое решение
Одиночное потрескивание	работоспособно
Незначительное потрескивание	работоспособно
Сильное потрескивание, кипение масла	не работоспособно

3.5. Определение механических примесей в моторном масле

Первый метод:

- для определения механических примесей пробу масла предварительно подогревают до 10...50 °С, тщательно перемешивают и стеклянной палочкой наносят каплю масла на фильтровальную бумагу и на стекло;

- при рассмотрении капли на свет механические примеси в виде отдельных вкраплений или темных подтеков отчетливо заметны.

Определить характер примесей (абразивные они или нет) можно таким образом. Нанесенную на стекло каплю масла закрывают вторым стеклом и сдвигают их одно относительно другого. Если в образце есть абразивные примеси, слышится характерный скрип.

Второй (простейший) метод:

- испытываемое масло взбалтать и прогреть до 40 - 50 °С;

-затем 25 - 50 мл масла смешать с двумя-четырьмя частями растворителя;

-раствор пропустить через бумажный фильтр, после чего просматривают фильтр через увеличительное стекло (темные точки и крупинки указывают на присутствие механических примесей);

- затем испытываемое масло в количестве 50 - 100 мл разбавить в химическом стакане двукратным количеством растворителя;

- смесь перемешать и дать отстояться 5 - 10 мин;

- затем смеси придать вращательное движение (при наличии механических примесей они соберутся в центре на дне стакана).

Если при осмотре смеси в проходящем снизу вверх свете на дне стакана примеси не обнаруживаются, то следует считать, что они в анализируемом образце масла отсутствуют.

Метод определения весового состава механических примесей в масле

Сущность метода заключается в прямом взвешивании бумажного фильтра с осевшими на нем механическими примесями при пропускании работавшего масла.

Последовательность операций:

- в чистую пробирку налить 10 г исследуемого масла;

- образец исследуемого масла в той же пробирке разбавить чистым бензином в соотношении 1:1 – 1:3 в зависимости от вязкости масла. В результате должна получиться достаточно жидкая смесь, легко поддающаяся фильтрации. Содержимое пробирки тщательно перемешать стеклянной палочкой;

- бумажный фильтр "Синяя лента" взвесить на аналитических весах ВЛА-200М с погрешностью не более 0,01 г. Перед взвешиванием фильтр выдерживается в сушильном шкафу в течение 10 мин при температуре +50 °С;

- после взвешивания фильтр поместить в зажимное устройство, состоящее из двух колец (1 и 2) и стягивающих винтов 3. Смонтированное

таким образом устройство установить на колбу с широким горлом или закрепить в штативе, как это показано на рис. 2;

- содержимое пробирки небольшими порциями (по несколько капель) пропускают через фильтр 4. При этом надо следить, чтобы масляное пятно, образующееся на фильтре 4, размещалось примерно в центре устройства и не касалось своими краями зажимных колец I, 2;

- разобрав зажимное устройство и освободив фильтр 4, поместить последний в сушильный шкаф, фильтр выдержать в сушильном шкафу при температуре +50 °С в течение 15 мин;

- после просушивания фильтр 4 вторично взвесить на аналитических весах ВЛА-200М;

- содержание механических примесей в отработанном масле (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = [(m_2 - m_1)/m]100$$

где m - масса отработанного масла, взятая для испытания, г;

m₁ - масса фильтра, г;

m₂ - масса фильтра с осадком, г.

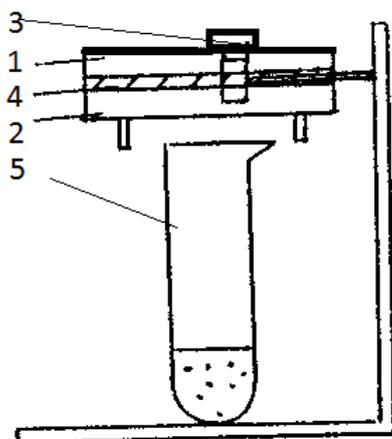


Рис. 2. Установка для определения весового состава механических примесей:

I, 2 - кольца; 3 - стягивающий винт; 4 - бумажный фильтр; 5 – колба.

Контрольные вопросы

1. По каким причинам попадает вода в моторное масло?
2. К чему приводит наличие воды в моторном масле?
3. Назовите простейшие методы определения воды в моторном масле.
4. От каких факторов зависят коррозионные свойства моторного масла?
5. Что понимается под физическими и химическими процессами ухуд-

шения качества моторного масла?

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ МОТОРНОГО МАСЛА

Плотность ρ (г/см³) измеряется массой тела, заключенной в единице объема. В производственных условиях определяют относительную плотность.

Относительная плотность нефтепродукта (ρ_4^{20}) – это плотность при 20 °С, отнесенная к плотности воды в том же объеме при 4°С. Плотность воды при 4°С равна 1 г/см³, следовательно, численные значения плотности и относительной плотности при равных температурах будут равны.

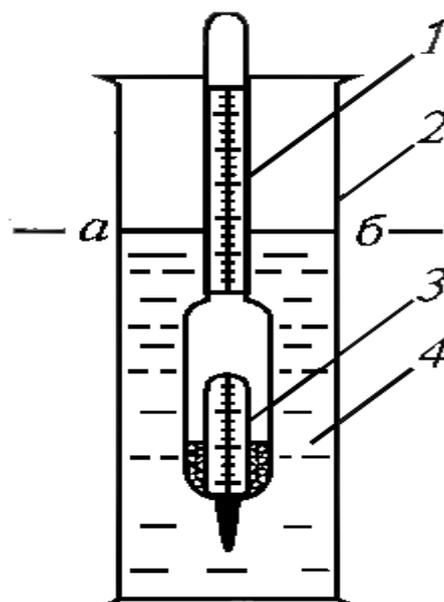


Рис. 3. Прибор для определения плотности нефтепродуктов:

1 - ареометр; 2 - мерный цилиндр; 3 - шкала термометра; 4 - нефтепродукт;
а - б – линия отсчета.

Плотность моторного масла определяется согласно ГОСТ 3900-85 точно так же, как и светлых нефтепродуктов. Перед определением плотности испытуемый нефтепродукт выдерживают при температуре окружающей среды в течение времени необходимого для выравнивания температуры в объеме масла. Если измерение плотности производить с целью определения количества нефтепродукта по объему, то при отборе пробы необходимо измерить температуру нефтепродукта. Полученное значение плотности пересчитывается с учетом температуры нефтепродукта в хранилище.

Порядок проведения анализа:

- мерный стеклянный цилиндр установить на подставке и в него осторожно налить испытуемый нефтепродукт до **а-б** метки, температура

которого может отклоняться от температуры окружающей среды не более чем на 5 °С;

- чистый и сухой ареометр медленно и осторожно опустить в нефтепродукт, держа его за верхний конец. После того, как положение ареометра в нефтепродукте установится и прекратятся его колебания, произвести отчет по верхнему краю мениска. При отсчете глаз должен находиться на уровне мениска. Температуру нефтепродукта устанавливают по термометру;

- отчет по шкале ареометра дает плотность нефтепродукта при температуре испытаний;

- привести полученное значение плотности к величине (ρ_4^{20}) при температуре $t = 20$ °С используя формулу:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \gamma (t - 20),$$

где ρ_4^{20} – плотность испытуемого нефтепродукта при температуре испытания (г/см³);

γ - средняя температурная поправка плотности (см.табл.8);

t – температура испытаний в °С;

20 °С – значение температуры, к которому приводится плотность.

Таблица 8. Температурные поправки плотности нефтепродуктов.

Плотность нефтепродуктов, кг/м ³	Температурная поправка, γ
690...739	0,9
740...819	0,8
820...889	0,7
890...969	0,6
970...1000	0,5

Контрольные вопросы

1. С какой целью определяют плотность моторного масла?
2. В чем разница между летними, зимними и всесезонными моторными маслами?
3. Как называется прибор для определения плотности моторного масла?
4. На какие эксплуатационные показатели влияет плотность моторного масла?

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ СМАЗОЧНОГО МАСЛА

Вязкость (внутреннее трение) - свойство жидких и газообразных тел оказывать сопротивление их течению - перемещению одного слоя тела относительно другого - под действием внутренних сил. Вязкость определяет поступление масла к смазываемым поверхностям, образование на них масляной пленки, легкость прокручивания двигателя при пуске, вытекание масла через зазоры в соединениях, легкость перекачивания масла.

Динамической вязкостью η называется сила сопротивления двух слоев жидкого (газообразного) смазочного материала площадью 1 см^2 , находящихся на расстоянии 1 см друг от друга и передвигающихся один относительно другого под действием внешней силы со скоростью 1 см/с . Единица измерения динамической вязкости - $\text{Па}\cdot\text{с}$.

Кинематическая вязкость (основной эксплуатационный параметр для всех видов моторных и трансмиссионных масел) - отношение динамической вязкости η смазки к ее плотности ρ :

$$v = \eta / \rho.$$

В системе СИ за единицу кинематической вязкости принят квадратный метр за секунду ($\text{м}^2/\text{с}$), равный кинематической вязкости, при которой динамическая вязкость среды с плотностью 1 кг/м^3 равна $1 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

5.1. Метод оценки вязкости с помощью вискозиметра типа "Флостик"

Контроль вязкости моторного масла заключается в сравнении скоростей течения проверяемого масла по измерительному каналу (желобку) индикатора вязкости (вискозиметра) с пределами измерения от 5 до $16 \text{ мм}^2/\text{с}$ (сСт) и качения шарика в стеклянной трубке с эталонным маслом (рис. 3).

Измерение кинематической вязкости необходимо проводить при температуре $15...25^\circ\text{C}$. При этом погрешность измерения не превышает $\pm 7\%$. При более низкой или высокой температуре окружающей среды погрешность измерения может возрасти.

Порядок проведения работы:

- вывести шарик в эталонном элементе в исходное положение, поставив вискозиметр в вертикальное положение надписью "стоп" вверх. При этом шарик должен занять стартовое положение у пробки-заглушки стеклянной трубки;

- положить вискозиметр на горизонтальную поверхность и залить в овальную емкость корпуса проверяемое масло до такого уровня, чтобы оно начало переливаться в емкость для сбора излишков. Не допускается попадание масла в прорезь соединяющую желобок с овальной емкостью;

- выдержать вискозиметр в помещении $t = 20^{\circ} \text{C}$ с залитым в него маслом 4...5 минут; если масло было горячим или же принесено с мороза, то выдержку продлить до 8...10 минут;

- плавно перевести вискозиметр в наклонное положение так чтобы его скошенная часть разместилась строго в горизонтальной плоскости на поверхности стола. Наблюдать за перемещением шарика в эталонной стеклянной трубке и течением проверяемого масла по измерительной канавке (желобку);

- когда шарик в трубке или масло в канавке достигнет линии “стоп”, то плавно вернуть вискозиметр в горизонтальное положение. По шкале вискозиметра определить вязкость проверяемого масла, руководствуясь следующим правилом (см. рис. 4): если первым линии “стоп” достигло масло в канавке, то вязкость определяют по шкале эталонной стеклянной трубки; если первым линии “стоп” достиг шарик, то вязкость определяют по шкале измерительной канавки. Численное значение вязкости соответствует числу, указанному на шкале, против которого находится отставший шарик или отставшее масло;

- после каждого измерения тщательно промыть вискозиметр в бензине или керосине и протереть мягкой ветошью.

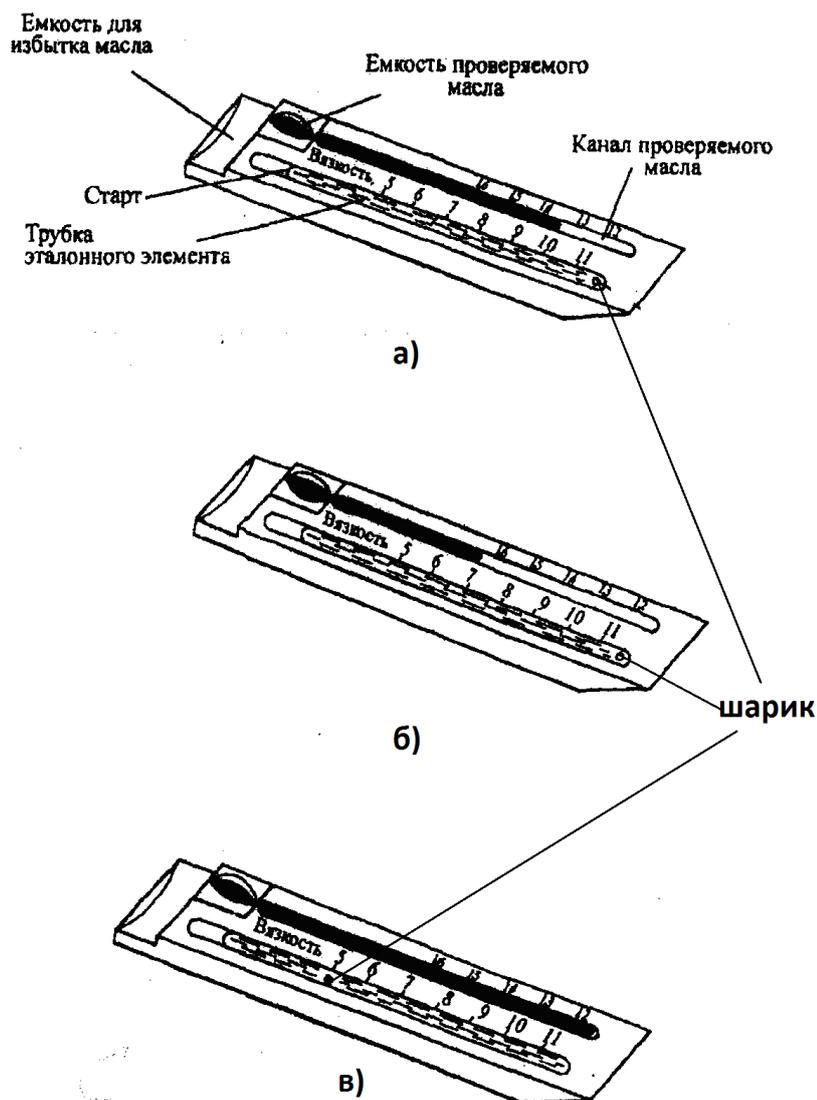


Рис 4. Вискозиметр для определения кинематической вязкости моторных масел:

а – вязкость равна $12 \text{ мм}^2/\text{с}$ и находится в допустимых пределах; б - масло загустело, его вязкость равна $16 \text{ мм}^2/\text{с}$, заменить из-за высокой вязкости; в – масло разжижено, его вязкость равна $5 \text{ мм}^2/\text{с}$, заменить из-за низкой вязкости.

5.2. Метод оценки вязкости с помощью сравнительного вискозиметра

Сущность метода заключается в сравнении скорости погружения стального шарика в работавшем масле со скоростью погружения таких же шариков в эталонных маслах известной вязкости (рис. 5.).

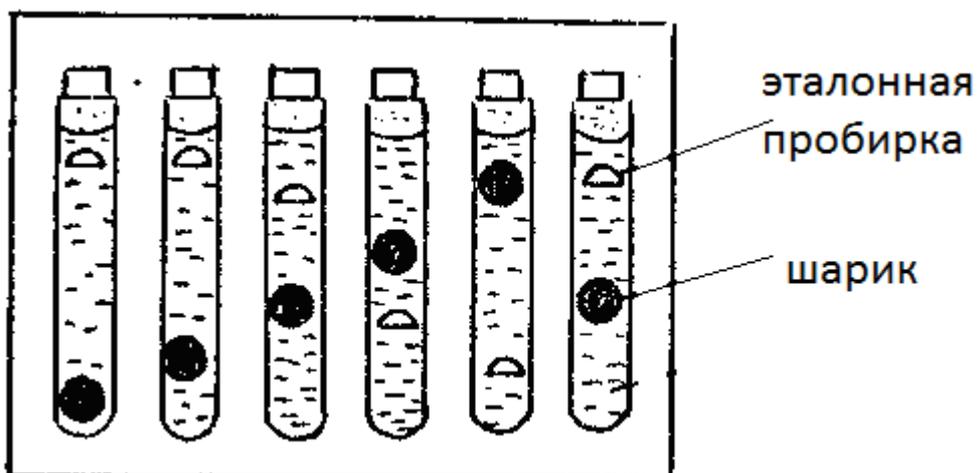


Рис. 5. Вискозиметр для сравнительной оценки вязкости работавшего масла.

Вискозиметр имеет девять стеклянных пробирок, восемь из них заполнены маслами, вязкость которых указана в табл. 9.

В заполненные пробирки с эталонными маслами помещено по одному шарик. Девятая пробирка пустая, на ней нанесены две метки. Определение вязкость работавшего масла производят в следующем порядке:

- в пустую пробирку наливают до нижней метки работавшее масло, опускают в него шарик и закрывают резиновой пробкой, которая должна входить в пробирку до верхней метки;

- затем пробирку вставляют в свободное гнездо вискозиметра. При этом величина воздушного пузырька в пробирке должна быть одинаковой с величиной пузырьков в пробирках с эталонными маслами. Размер пузырька регулируется положением пробки;

- вискозиметр устанавливается в вертикальном положении (пробками вверх), при этом шарики опускается на дно;

- прибор выдерживают при температуре окружающей среды 10 мин;

- вискозиметр резко поворачивает на 180° . Шарики во всех пробирках начинают опускаться. Как только шарик в пробирке с работавшим маслом достигнет риски, нанесенной на рамку прибора, последний устанавливают в горизонтальном положении;

- определяют вязкость работавшего масла путем сравнения положения шариков в пробирках.

Таблица 9. – Вязкости эталонных масел.

№ пробирки	Вязкость мм ² /с	
	при 100 °С	при 50 °С
1	4	14
2	7	35
3	10	54
4	13	82
5	16	108
6	18	128
7	20	150
8	22	171

Оценка работоспособности смазочного масла производится согласно приложению 1.

5.3. Метод оценки вязкости с помощью двухкапиллярного вискозиметра

Сущность метода заключается в определении времени прохождения пузырьков воздуха через капилляры стеклянного вискозиметра, заполненные свежим и работавшим маслом (рис. 6).

Определение вязкости работавшего масла производят в следующем порядке:

- капилляры вискозиметров, закрытых снизу резиновыми пробками, наполняют до уровня риски 3 свежим и работавшим маслами;
- сверху капилляры закрывают резиновыми пробками по риску 2;
- вискозиметр устанавливают в вертикальном положении и выдерживают при окружающей температуре в течение 10 минут;
- переворачивают вискозиметр на 180 °С с одновременным включением секундомера; при достижении пузырьками воздуха верхней точки останавливают секундомер. С помощью секундомера фиксируют время прохождения пузырьков воздуха через слой свежего и работавшего масла.

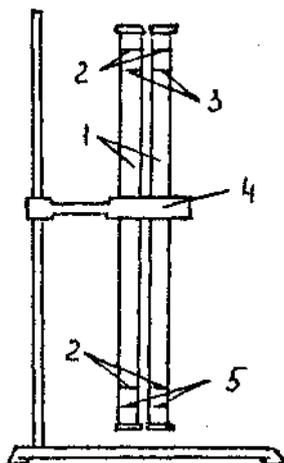


Рис. 6. Двухкапиллярный вискозиметр:

1 - капилляры, стеклянные трубки диаметром 10-15 мм, длиной 50 мм; 2 - риски, на уровне которых закрываются капилляры резиновыми пробками; 3 - риски, по уровню которых заливается масло; 4 - штатив с шарниром; 5 - резиновые пробки.

Вязкость работавшего масла рассчитывают по формуле:

$$v_2 = v_1 * t_2 / t_1 ,$$

где v_1 - вязкость свежего масла по данным паспорта качества, $\text{мм}^2/\text{с}$;

v_2 - вязкость работавшего масла, $\text{мм}^2 / \text{с}$;

t_1 - время прохождения пузырька воздуха через слой свежего масла, с;

t_2 - время прохождения пузырька воздуха через слой работавшего масла, с.

Оценка работоспособности работавшего масла производится согласно приложению 1.

5.4. Метод оценки вязкости в двухкапиллярном вискозиметре с металлическими шариками

Принцип оценки вязкости данным методом аналогичен предыдущему методу. Отличие заключается в том, что замеряется время падения шариков, а не всплытия пузырьков воздуха. Устройство прибора (см. рис. 6). Шарiki подбираются из одной партии изготовления, одной массы и размера.

5.5. Определение индекса вязкости и температурной характеристики

Для определения ИВ используется номограмма рис. 7.

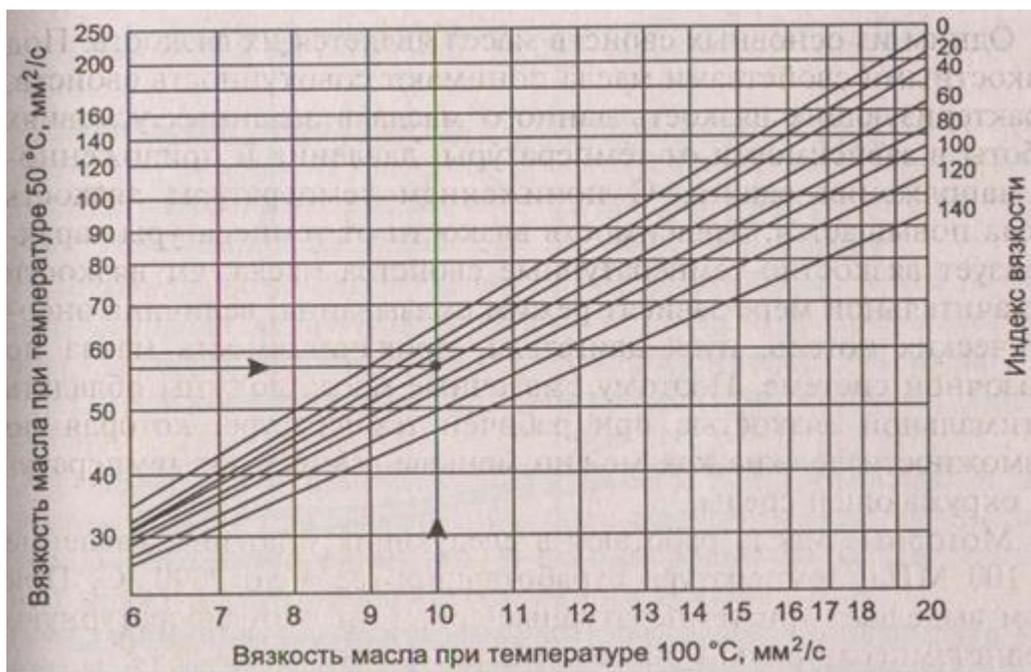


Рис. 7. Номограмма для определения ИВ моторных масел.

Температурная характеристика моторного масла рассчитывается как отношение вязкости при 50 °C к вязкости при 100 °C. Чем меньше полученное значение (больше ИВ), тем выше вязкостно-температурные свойства масла.

Следует отметить, что объективная информация о состоянии работавшего масла может быть получена лишь при соблюдении требований инструкции о порядке отбора проб моторного масла (ГОСТ 2517-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб»).

Контрольные вопросы

1. Что такое динамическая вязкость моторного масла, как ее определяют и в каких единицах измеряют?
2. Что такое кинематическая вязкость моторного масла, как ее определяют и в каких единицах измеряют?
3. Как изменяется вязкость моторного масла при изменении его температуры?
4. Почему происходит снижение вязкости моторного масла в работающем двигателе?
5. Укажите причину резкого увеличения вязкости моторного масла во время его эксплуатации.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ МОТОРНОГО МАСЛА

6.1. Метод оценки загрязненности по внешнему виду масляного пятна

Определение загрязненности по данной методике используют только для работающих и отработавших моторных масел, а также для их смесей с другими маслами. Для масел, использованных в двигателях, характерно насыщение их углеродистыми частицами (сажей), асфальто-смолистыми соединениями, которые придают масляному пятну черно-серый цвет с блестящим слоем. Для масел, использованных в других узлах и агрегатах, внешний вид пятна будет иным.

Порядок выполнения работы:

- разместить лист фильтровальной бумаги между пластинками планшета-рамки и собирают его, устанавливая на ножки (рис. 8);
- опустить конец стеклянного (металлического) стержня в стаканчик с проверяемым маслом, затем поднять стержень и выждать, пока капли будут стекать с него с интервалом в 3...4 с. Затем нанести с высоты 5...10 мм одну каплю масла на фильтровальную бумагу через круговую прорезь планшета-рамки;
- установить под круговой прорезью планшета-рамки с нанесенной каплей электронагревательный элемент, разместив его на подставке, и включить его в электросеть напряжением 220 В;
- после прогрева масляного пятна в течение 10 мин выключить электронагреватель и сравнить хроматограмму последнего с образцами эталонов загрязненности (табл. 10). Найти близкое изображение по внешнему виду (цвету и плотности пятна), записать значения загрязненности, соответствующее выбранному изображению.

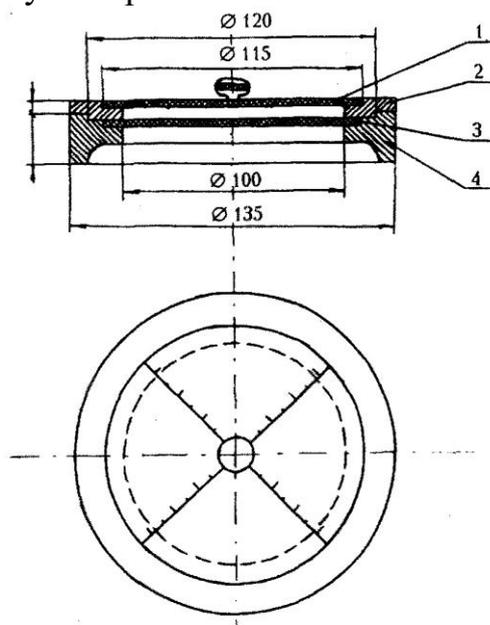


Рис. 8. Планшет для проверки масла: 1 – измеритель из органического стекла; 2 – крышка; 3 – фильтровальная бумага; 4 – корпус планшета.

Таблица 10. – Эталоны масляных пятен для оценки загрязненности моторного масла

Описание внешнего вида пятна оцениваемого масла	Внешний вид эталона	Содержание механических примесей, %
Светлое желтоватое пятно		0,00-0,01
Светлое желтоватое пятно со слабо выраженной окантовкой ядра		0,01-0,05
Желтовато – серое пятно с явно выраженной более темной окантовкой ядра		0,05-0,10
Серое пятно с резко выраженной темной окантовкой ядра		0,10-0,3
Темно-серое пятно, ограниченное черной окантовкой		0,30-0,80
Сплошное черное пятно с блестящим слоем в центре или по всей поверхности пятна		0,8 и более

6.2. Метод оценки загрязненности моторных масел по объему выпавшего осадка

Сущность метода заключается в определении объема выделившегося осадка под действием растворителя селективного характера.

Перед проведением анализа необходимо:

- тщательно перемешать в течение 5 мин пробу работавшего масла встряхиванием; вязкие или сильно загрязненные масла предварительно нагревают до +50...+60°C;

- подготовить растворитель, состоящий из 70% бутилацетата и 30% этилового спирта, взятый в объемном соотношении.

Проведение анализа осуществляется в следующем порядке:

- в коническую пробирку помещают 3 мл работавшего масла и добавляют 15 мл растворителя;
- пробирку с работавшим маслом и растворителем закрывают пробкой и перемешивают встряхиванием в течение 2-3 мин;|
- пробирку помещают в штатив, выдерживают в вертикальном положении до получения отстоя.
- параллельно измеряют время и объемы выпавшего осадка.

Примечание. При малой загрязненности масла (отсутствует возможность замера осадка) объем пробы масла, взятый для анализа, может быть увеличен с пропорциональным увеличением объема растворителя.

Определяют загрязненность масла X по формуле:

$$X = (V_o/V_M)*100\%,$$

где V_o - объем осадка, мл;

V_M - объем пробы масла, мл.

Оценка работоспособности масла осуществляется в соответствии с табл. 11.

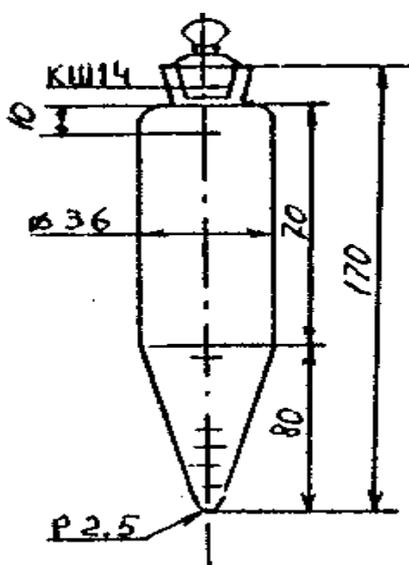


Рис. 9. Пробирка коническая градуированная.

Таблица 11. – Градуировка пробирки.

Объем, мл	Цена деления, мл
0-2,0	0,1
2-3,0	0,2
3-10	0,5
10-25	5,0
25-75	10

Таблица 12. – Алгоритм принятия решения.

Скорость осаждения примесей в масле	Принимаемое решение
Осадок не образовался или образовался незначительно (над осадком находятся во взвешанном состоянии частицы примесей), фильтрат непрозрачный.	работоспособно
Осадок выпал через 90 мин, над осадком присутствует небольшое количество взвешанных частиц примесей	работоспособно, необходим контроль за работой масла через каждые 1000 км пробега
Осадок выпал через 20-30 мин, фильтрат над осадком прозрачный	не работоспособно

Контрольные вопросы

1. Назовите способы определения загрязненности нефтепродуктов?
2. Как можно восстановить качество работавшего масла?
3. Можно ли снова использовать в ДВС моторные масла после их очистки?

7. ОЦЕНКА ДИСПЕРГИРУЮЩЕ-СТАБИЛИЗИРУЮЩИХ СВОЙСТВ МОТОРНОГО МАСЛА

7.1. Метод капельной пробы

Диспергирующе-стабилизирующие свойства (ДСС) моторного масла обусловлены действием присадки, которая препятствует укрупнению частиц загрязнений, выпадению их в осадок, образованию отложений в каналах и на деталях двигателя, уменьшает нагаро- и лакообразование. Определяют данные свойства масел, как правило, опытным путем.

При испытаниях высококачественных масел в лабораторных условиях вполне оправдывает себя метод капельной хроматографии, большим преимуществом которого являются простота и возможность использования в любых условиях. Каплю работавшего масла при помощи обычной пипетки наносят на фильтровальную бумагу и визуально оценивают получившееся пятно. При наличии эффективно действующей присадки центральная часть пятна (ядро) получается более темного цвета или черной, а окружающая ее часть (ореол, или зона диффузии) - более светлой (табл. 13).

Различие в интенсивности окраски ядра и зоны диффузии связано с тем, что в центральной части пятна взвешенные частицы оседают непосредственно на поверхность бумаги, а в зоне диффузии мелкодисперсная часть примесей диффундирует в бумагу. Чем больше диспергирующая эффективность присадки, тем относительно большая часть механических примесей проходит сквозь поры бумаги и, следовательно, соотношение площадей ореола и ядра может служить характеристикой эффективности присадки.

Определение диаметров следует проводить спустя 2...4 ч после нанесения капли, т. е. когда масло полностью впитается в бумагу и вокруг пятна, очерченного нерастворимыми в масле продуктами, образуется светлое кольцо. Определения проводят при температурах 20, 100, 150 и 200 °С. При повышенной температуре показатели диспергирующей способности получаются пониженными. Объясняется это тем, что с повышением температуры происходит десорбция молекул присадки, сопровождающаяся коагуляцией жидкости. Применение высоких температур позволяет получить данные по эффективности действия присадки не только в карттере двигателя, но и в зоне поршневых колец. Отсутствие ореола означает нулевую эффективность присадки.

При проведении определений необходимы горизонтальное положение фильтровальной бумаги во время нанесения и высыхания капли и термостатирование масла при подогреве. Длительность подогрева при 200 °С не должна превышать 5 мин. Метод неприменим к свежему маслу.

Существует зависимость между диспергирующими свойствами масла, определенными указанным методом, и чистотой юбок поршней. Пока масла с присадками сохраняют диспергирующую способность не ниже 0,2 - 0,3, чистота юбок поршней остается удовлетворительной.

Порядок выполнения работы:

- пипеткой нанести по одной капле масла без пузырьков воздуха в центры трех белых фильтров. Во всех случаях, на фильтровальную бумагу нанести одну, третью по счету, каплю масла. Две первые капли масла предварительно опустить из пипетки во избежание попадания в масло пузырьков воздуха. На фильтровальной бумаге образуется масляное пятно (хромаграмма, рис. 10).

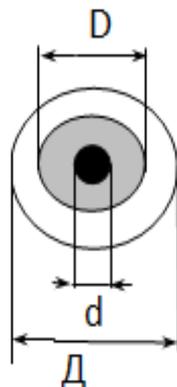


Рис. 10. Хромаграмма для оценки качества масла:

D – диаметр зоны диффузии, d – диаметр ядра; D – зона, пропитанная маслом, не содержащая загрязнений.

- через 20 минут после нанесения капли масла хромаграмма может быть использована для оценки качества масла. Если рассмотреть полученное масляное пятно в его структуре можно различить:

- темный ореол (окантовку) вокруг центрального ядра;
- центральное ядро:
- зону диффузии частиц загрязнения;
- светлое кольцо, пропитанное маслом, которое не содержит нерастворимых примесей.

При изменении качества работающего масла меняется соотношение параметров зон хромаграммы. Если в масле содержатся только частицы, размер которых меньше пор бумаги, то распределение загрязнений идет по всему пятну равномерно. В этом случае хромаграмма не имеет центрального ядра, Чем мельче частицы загрязнений, тем больше зона диффузии и, соответственно, лучше диспергирующая способность масла.

При срабатывании присадки диспергирующая способность масла ухудшается, размеры частиц загрязнений увеличиваются. Это приводит к уменьшению зоны диффузии. Полное исчезновение зоны диффузии и малое черное центральное ядро с блестящей поверхностью указывает на то, что присадка сработалась, масло потеряло свои диспергирующие свойства, а частицы загрязнений настолько укрупнились, что не удерживаются в масле во взвешенном состоянии. Результаты анализа капельным методом выражаются в условных единицах.

Диспергирующая способности (ДС) работающего смазочного масла необходимо вычислять по формуле:

$$ДС = 1 - \frac{d^2}{D^2},$$

где d - средний диаметр центрального ядра, мм.

D - средний диаметр внешнего кольца зоны диффузии, мм;

При $ДС > 0,3$ масло работоспособно, при $ДС < 0,3$ не работоспособно.

7.2. Проверка качества свойств масла в производственных условиях

В производственных условиях при ТО-1 и ТО-2 проверяют качество масла в картере двигателя, так как в процессе работы оно изменяется, ухудшаются его смазывающие и другие свойства, причем это может произойти ранее срока, определенного для его замены.

На лист фильтровальной бумаги наносят каплю масла, взятую щупом из системы смазки двигателя. Последняя образует на фильтровальной бумаге неоднородное пятно овальной формы с темным ядром, вокруг которого располагаются один или два концентрических пояса (кольца). Их окраска, размеры и число, а также цвет, диаметр и форма ядра зависят от наличия загрязнений и содержания активной присадки в масле.

Чем больше примесей, тем темнее ядро. Для характеристики качества масла применяют отношения диаметров образовавшихся колец масляных пятен.

Оценивать масло рекомендуется следующим образом:

$$K = \frac{D}{d_1}; \quad K_1 = \frac{d_1}{d_2},$$

где K - коэффициент, характеризующий наличие присадки в работающем масле;

D - максимальный (наружный) диаметр пятна, мм;

d_1 - внутренний диаметр внешнего кольца пятна, мм;

K_1 - коэффициент, характеризующий степень загрязненности масла механическими примесями;

d_2 - диаметр ядра масляного пятна, мм.

Для уменьшения погрешности метода желательно измерять пятна при температуре, обеспечивающей получение возможно большей величины коэффициентов. В связи с этим продолжительность наблюдения должна быть около 10 мин при температуре 40 - 60 °С.

Для масел, годных к применению, $K < 1,3$. При значении $K > 1,3$ работающее масло не имеет активной присадки или ее концентрация находится на низком уровне, недостаточном для нейтрализации кислых соединений продуктов сгорания топлива и масла. Такое масло необходимо заменить.

С увеличением концентрации механических примесей, размеров частиц и кислотности масла коэффициент K_I , уменьшается. Минимально допустимое значение $K_I = 1,4$.

Таблица 13. – Шкала образцов капельной пробы для оценки ДСС моторных масел

					
Баллы	1	2	3	4	5
Ц	светло-серый-белый	светло-серый-белый	серый	тёмно-серый	чёрный
К	серый	серый-темно-серый	темно-серый	тёмно-серый чёрный	черный
Д	светло-серый	серый	серый-тёмно-серый	тёмно-серый	темно серый чёрный
масло очень хорошее			масло хорошее		

					
Баллы	6	7	8	9	
Ц	черный, отдельные блестящие места	черный, слабоблестящий	густо-черный, блестящий	густо-чёрный, сильно блестящий цвет	Ц - центр пятна
К	чёрный	чёрный	чёрный	чёрный	К - зона кромки
Д	тёмно-серый-чёрный	тёмно-серый-чёрный	тёмно-серый-чёрный	отсутствует	Д - зона диффузии
Запас присадки недостаточен, подошел срок замены масла			Масло плохое, присадка сработалась		Схема

О качестве масла можно судить по цвету ядра пятна на фильтровальной бумаге (табл. 13). Он может быть светло-желтым, светло-коричневым, темно-коричневым, серым и темно-серым. Эти цвета при $K_I > 1,4$ указывают на допустимое наличие механических примесей в масле.

Если цвет ядра черный с отблеском (мазеподобный осадок) и $K_I < 1,4$, значит, концентрация механических примесей выше допустимой. В этом случае масло необходимо заменить.

При черном цвете ядра с оттенком и при $K_I = 1,4$ ранее установленного срока замены масла необходимо установить причину, вызвавшую быстрое загрязнение масла, и устранить ее.

Оценивают качество масла в такой последовательности (рис. 7). Прогревают двигатель до температуры масла не ниже $60\text{ }^\circ\text{C}$, закрепляют лист фильтровальной бумаги 3 на планшете 4 и следят, чтобы не было его коробления. Планшет располагают в горизонтальной плоскости на прогретой части двигателя (например, на головке). Затем на бумагу наносят 4 капли масла со щупа, через 10 мин замеряют диаметры образовавшихся концентрических колец и по среднему их значению вычисляют коэффициенты K и K_I . По их величине судят о пригодности масла к дальнейшему использованию (табл. 14).

Постепенное срабатывание присадки ухудшает ДСС масла и заметно проявляется в изменении внешнего вида масляного пятна. Это позволяет одновременно с оценкой загрязненности методом капельной пробы определить и ДСС проверяемого масла. С этой целью хроматограмму масляного пятна сравнивают с образцами капельной пробы, приведенными в таблице 13 или специальном планшете (рис 7). Серый цвет центра масляного пятна указывают на то, что ДСС масла соответствует эталонам с оценкой в баллах от 1 до 5. Очень плохое масло по ДСС с оценкой в баллах 8 - 9. На фильтровальной бумаге масло неудовлетворительное по ДСС оставляет, как правило, мажущееся, плохо высыхающее или черно-блестящее пятно без зоны диффузии мелких частиц. Такое масло должно быть немедленно заменено.

Контрольные вопросы

1. При каких температурах работает моторное масло в дизельном и в карбюраторном двигателях?
2. От чего зависят изменения свойств моторных масел?
3. Как можно оценить техническое состояние двигателя по результатам анализа работающего моторного масла?

Таблица 14. Определение годности смазочного масла.

Вид анализа	Цвет ядра	К	К ₁	Заключение
Определение наличия присадки в масле	Не определяет ся	1,0...1,3	Более 1,4	Масло пригодно к использованию
		1,3	Более 1,4	Допускается кратковременное использование масла
		Более 1,3	Менее 1,4	Заменить масло
Уровень загрязненности масла механическими примесями	Светло-желтый	Не определяется		
	Светло-коричневый	Не определяется		Масло пригодно к использованию
	Темно-коричневый	Не определяется		
	Темно-серый	Не определяется		Заменить масло
Черный с отблеском	Не определяется	Равно или менее 1,4		

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЩЕЛОЧНОГО ЧИСЛА МОТОРНОГО МАСЛА

В процессе эксплуатации масла происходит срабатывание присадок. Под срабатыванием присадок следует понимать уменьшение их концентрации в масле и потерю эффективности в результате разложения, взаимодействия с продуктами неполного сгорания топлива и окисления масла. Об уменьшении концентрации присадок в масле судят, как правило, по изменению содержания металлов присадок (кальция, бария, магния и т.д.) или щелочного числа масла при работе двигателя.

Срабатывание присадок (снижение щелочного числа) приводит к увеличению образования отложения на деталях двигателя, интенсивности старения масла, ухудшению физико-химических свойств, повышению интенсивности изнашивания двигателя.

Для обеспечения нормальной эксплуатации щелочное число свежего масла должно быть не менее: для среднефорсированных двигателей - 3,5...4,0; для высокофорсированных - 6,0...6,5 мг КОН/г. В процессе использования щелочное число масла уменьшается и при его снижении до определенного уровня масло должно быть заменено. Этот уровень для высокофорсированных двигателей установлен равным 2,5 мг КОН/г, для среднефорсированных - 1,5 мг КОН/г.

Порядок проведения работы:

- взять из стеклянный пузырек и заполнить его на 1/2 объема дистиллированной водой;
- одну полоску желтой индикаторной бумаги свернуть и поместить в пузырек с дистиллированной водой;
- в мерную пробирку налить 2 мл растворителя, который затем перелить в стеклянный пузырек с водой и индикаторной бумагой;
- стеклянную палочку опустить в проверяемое масло и, подняв палочку, выждать, когда капли начнут падать с интервалом в 3...4 с. Одну-две капли масла добавить в стеклянный пузырек;
- закрыть стеклянный пузырек пробкой и тщательно взболтать смесь, дать ей отстояться в течение 3...5 мин;
- по изменению цвета раствора в пузырьке определить щелочное число проверяемого масла и сравнить его с цветовыми эталонами:
 желтый цвет раствора - менее 1,5 мг КОН/г;
 зеленый цвет раствора - от 1,7 до 2,5 мг КОН/г;
 синий цвет раствора - более 3 мг КОН/г.;

После определения щелочного числа масла стеклянный пузырек необходимо промыть спиртом, толуолом или бензином (керосином или чистым дизельным топливом и протереть ватным или марлевым тампоном).

Внимание! Категорически запрещается промывать водой или водными растворами моющих средств, так как это при последующем использовании стеклянного пузырька обязательно приведет к ошибке в определении щелочного числа масла.

Контрольные вопросы

1. Что называется щелочным числом моторного масла?
2. К чему приводит снижение щелочного числа моторного масла?
3. Чем вызвана необходимость введения параметра щелочного числа в моторные масла?

**9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ
СМАЗОЧНОГО МАСЛА**

Температурой вспышки называется температура, при которой пары нефтепродукта, нагреваемого в определенных условиях, образуют с

окружающей средой смесь, вспыхивающую при поднесении к ней пламени.

Температурой воспламенения называется температура, при которой нагреваемый при определенных условиях нефтепродукт загорается при поднесении к нему пламени и горит не менее 5 с.

Порядок выполнения работы.

Определение температуры вспышки в открытом тигле согласно ГОСТ 4333-80 производится следующим образом:

- внутренний тигель 3 (рис. 11) промывают бензином, высушивают и устанавливают в песочную баню 4 так, чтобы прокаленный песок под его дном составлял прослойку 5 - 8 мм и покрывал тигель с боков на 12 мм ниже края тигля;

- в тигель 3 наливают предварительно обезвоженный образец испытуемого масла. Для масла с температурой вспышки меньше 210 °С уровень жидкости должен быть на 12 мм ниже верхнего края тигля, а для масел с температурой вспышки выше 210 °С - на 18 мм. Правильный уровень масла в тигле проверяют шаблоном;

При заливании не допускается разбрызгивание масла и смачивание стенок внутреннего тигля выше уровня жидкости.

- тигли устанавливают на нагревательный элемент 6, который размещают в таком месте лаборатории, где отсутствует заметное движение воздуха и которое настолько затемнено, что вспышка хорошо видна. Во внутренний тигель с моторным маслом устанавливают термометр 1 строго вертикально так, чтобы ртутный шарик находился в центре тигля приблизительно на одинаковом расстоянии от дна и от уровня масла. В таком положении термометр закрепляют в лапках штатива. За 10 °С до ожидаемой температуры вспышки медленно проводят по краю тигля на расстоянии 10 - 14 мм от поверхности испытуемого масла пламенем зажигательного приспособления. Время продвижения пламени от одной стороны тигля до другой 2 - 3 с. Такое испытание повторяют через каждые 2 °С подъема температуры. За температуру вспышки принимают температуру, показываемую термометром при появлении первой вспышки над всей поверхностью испытуемого масла или над ее частью. Неясная вспышка должна быть подтверждена последующей вспышкой, когда температура поднимется на 2 °С. Результаты испытания заносят в табл. 15.

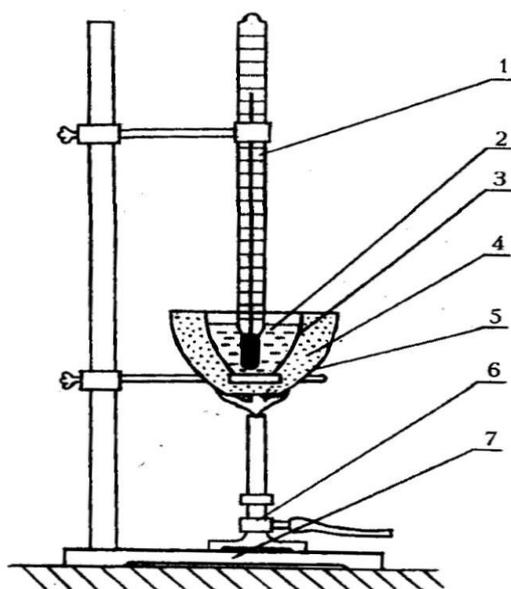


Рис. 11. Аппарат для определения температуры вспышки и воспламенения моторного масла в открытом тигле:

1 - термометр; 2 - испытуемое масло; 3 - внутренний тигель; 4 - песочная баня; 5-внешний тигель; 6- горелка; 7 – штатив.

Таблица 15. – Результаты замеров.

Показатель	Температура вспышки по ГОСТу, °С	Скорость подгрева масла, град/ мин	Температура начала испытания, °С	Результат определения, °С		Отклонение фактического значения от ГОСТа, °С
				1-й опыт	2-й опыт	
Температура вспышки, t, °С						

Контрольные вопросы

1. Назовите пределы температуры вспышки автомобильных моторных масел?
2. С какой целью определяется температура вспышки моторного масла?
3. Назовите параметры свидетельствующие о снижении температуры вспышки моторного масла?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ качества масла целесообразно проводить при каждом ТО-1 трактора, комбайна, автомобиля.

Плавное, постепенное изменение значений показателей свидетельствует об исправности двигателя и правильной его эксплуатации. Резкое изменение значений любого из контролируемых показателей - это сигнал о том, что в двигателе произошли неполадки или же нарушены правила его эксплуатации. Нарушения правил эксплуатации: длительная работа на холостом ходу и при низком температурном режиме, ошибочный долив маловязкого или обводненного масла, несвоевременная замена фильтров и т.п.

При значениях показателей, близких к предельным масло целесообразно заменить, особенно если предстоит напряженная и длительная работа. Не допускается даже кратковременная работа на сильно обводненном или маловязком масле, при снижении щелочного числа до 0,5 - 1,0 мг КОН/г. Это аварийные режимы эксплуатации с дорогостоящими издержками.

Принятие правильного решения облегчается, если ведется систематический контроль качества масла в двигателе, а результаты оформляются в журнале наблюдений.

Систематический контроль качества масла в двигателе позволяет оценивать и прогнозировать состояние смазочного масла и двигателя, ускоряет поиск и устранение возникающих неполадок.

Литература

1. Уханов А. П., Уханов Д. А., Глущенко А. А., Хохлов А. Л. «Эксплуатационные материалы» (Эксплуатационные материалы : учебник для вузов / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, А. А. Глущенко, А. Л. Хохлов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021.

2. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости : учебное пособие / В. В. Остриков, А. И. Петрашев, С. Н. Сазонов, А. В. Забродская ; под общей редакцией В. В. Острикова. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. — 244 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Браковочные значения физико-химических и эксплуатационных свойств
моторных масел

	Наименование показателя	Браковочное значение
1	Содержание механических примесей: из них НРБ*	0,1 % не более 50 %
2	Содержание воды	0,3 %
3	Концентрация Fe	25 10 ⁻² г/т
Моторных масел		
1	Кинематическая вязкость	+/- 20%
2	Нерастворимый осадок по капельной пробе	>2,5 %
3	Температура вспышки	170 °С
4	Щелочное число	5 мг КОН/г масла
5	Кислотное число	2 мг КОН/г масла
6	Содержание водорастворимых кислот	РН < 4,5
7	Содержание топлив	5%
8	Содержание воды	0,5%
Отработанных масел (ГОСТ21 046-81)		
1	Масла моторные. Содержание механических примесей	2 %
2	Масла промышленные. Содержание механических примесей	2 %

*Не растворимых в бензине.