

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Автомобильный транспорт»

**ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
Методические указания к выполнению лабораторных работ  
по теме «Смазочные материалы»  
для студентов направлений 23.03.03, 23.05.01

Курган 2020

Кафедра: «Автомобильный транспорт»

Дисциплина: «Эксплуатационные материалы»

(направления 23.03.03, 23.05.01).

Составили: канд. техн. наук, доцент О. Г. Вершинина,

канд. техн. наук, доцент С. П. Жаров,

канд. техн. наук, доцент В. Н. Шабуров.

Печатается в соответствии с планом издания, утвержденным методическим советом университета «14» марта 2019 г.

Утверждены на заседании кафедры «4» декабря 2019 г.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

## «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТНО-ТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ МОТОРНЫХ МАСЕЛ»

### 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Изучить основные показатели и метода определения вязкостно-температурных свойств моторных масел. Освоить практические приемы и способы определения вязкостно-температурных характеристик, методы расчета показателей вязкостных свойств моторных масел.

### 2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Вязкость моторных масел оказывает наибольшее влияние на надежность, безотказность, долговечность, а также эффективность работы двигателя. От величины вязкости моторного масла при рабочих температурах зависят характер и вид трения в трущихся сопряжениях двигателя, затраты энергии на циркуляцию масла в системе смазки, отвод тепла от нагретых деталей, возможность пуска двигателя при низких температурах окружающего воздуха, продолжительность пуска холодного двигателя и связанные с этим износы и т. д.

Известно, что вязкость масла, как и вязкость любой жидкости, изменяется в зависимости от изменения температуры. Повышение вязкости, вследствие снижения температуры, ухудшает циркуляцию масла в системе смазки двигателя и не позволяет обеспечить жидкостное трение между сопряженными деталями. Слишком низкая вязкость масла ухудшает его смазывающие свойства, что вызывает повышенный износ трущихся деталей.

В соответствии с ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) [3] при определении кинематической вязкости и расчете динамической вязкости применяют следующие определения.

*Кинематическая вязкость  $\nu$*  – это сопротивление жидкости течению под действием гравитации.

Примечание: при движении жидкости под действием силы тяжести при данном гидростатическом давлении давление жидкости пропорционально ее плотности  $\rho$ . Для всех вискозиметров время истечения определенного объема жидкости прямо пропорционально ее кинематической вязкости  $\nu$ :

$$\nu = \eta/\rho, \quad (1.1)$$

где  $\eta$  – динамическая вязкость.

*Плотность  $\rho$*  – это масса вещества на единицу объема при данной температуре.

Динамическая вязкость  $\eta$  – это отношение применяемого напряжения сдвига к скорости сдвига жидкости. Иногда его называют коэффициентом динамической вязкости или просто вязкостью. Таким образом, динамическая вязкость является мерой сопротивления истечению или деформации жидкости. Примечание: термин «Динамическая вязкость» можно также применять для обозначения зависимости от времени, при котором напряжение сдвига и скорость сдвига имеют синусоидальную временную зависимость.

Принципиальная зависимость вязкости минеральных масел от температуры выражается логарифмической кривой (рисунок 1.1), которая достаточно точно описывается эмпирическими формулами Рамайя или Вальтера [1].

Формула Рамайя имеет вид:

$$\sqrt{\lg \eta} = A + \frac{B}{T}, \quad (1.2)$$

где  $\eta$  – динамическая вязкость масла;

$T$  – абсолютная температура масла;

$A$  и  $B$  – коэффициенты, постоянные для данного масла.

Формула позволяет представить вязкостно-температурную характеристику масла в координатах  $1/T$ , функции  $\sqrt{\lg T}$ , представляющую собой прямолинейную зависимость.

Формула Вальтера в экспоненциальной форме имеет вид:

$$(v_t + a) = e^{a/T^\varepsilon}, \quad (1.3)$$

где  $v_t$  – кинематическая вязкость масла,  $\text{мм}^2/\text{с}$ , при температуре  $t$ ;

$T$  – абсолютная температура,  $^\circ\text{K}$ ;

$a$  – коэффициент, зависящий от индивидуальных свойств жидкости.

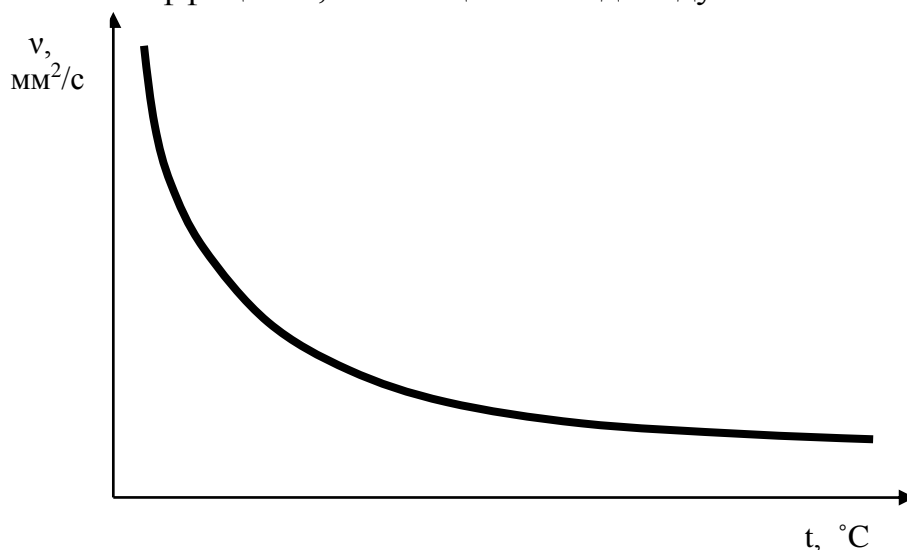


Рисунок 1.1 – Вязкостно-температурная характеристика

Для минеральных масел лучшее совпадение с опытными данными получается при  $a = 0,6$ . После двойного логарифмирования, уравнение приобретает вид прямой линии в логарифмической координатной сетке (рисунок 1.2):

$$\lg \lg(\nu_t + 0,6) = A + B \lg T, \quad (1.4)$$

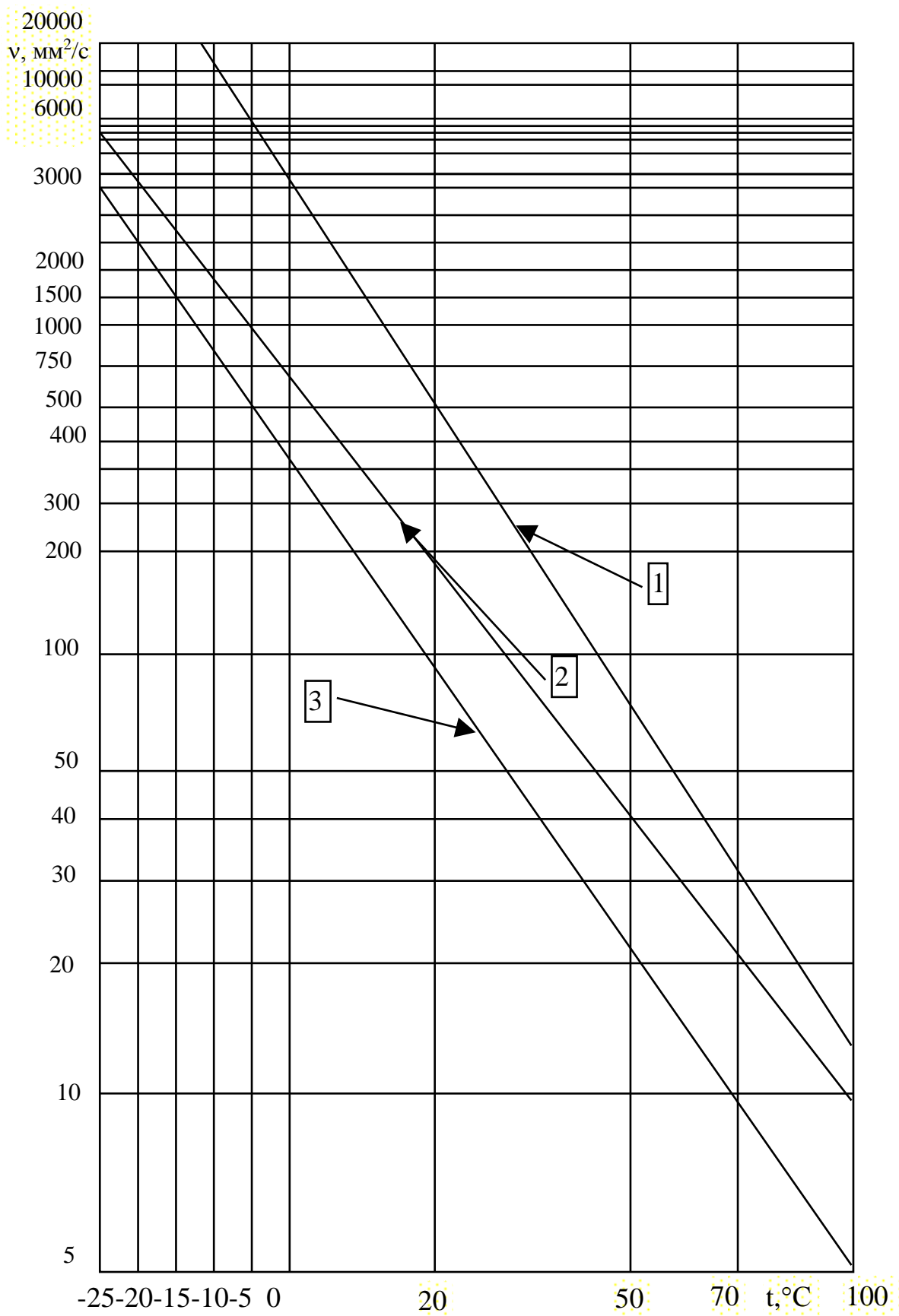
где  $A$  и  $B$  – постоянные коэффициенты, зависящие от свойств масел, обычно  $A = 0,8...0,9$ ;  $B = 3,0...4,5$ .

На основе уравнений Вальтера и Рамайя построены и напечатаны специальные координатные сетки, по которым можно очень быстро построить вязкостно-температурные характеристики различных моторных масел, представляющие собой в этих координатных сетках прямые линии.

В диапазоне температур от 50 до 100 °С удобнее изображать вязкостно-температурную характеристику в обычных координатах (рисунок 1.1), при температурах 0...100 °С, а также в более широком температурном диапазоне, включая температуру застывания масла – в логарифмических координатах Вальтера (рисунок 1.2).

Вместе с тем, для каждой марки масла характерна индивидуальная зависимость изменения вязкости от изменения температуры, которая и определяет численные значения эмпирических коэффициентов в уравнениях (1.2, 1.3 и 1.4). Поэтому в практических условиях для рациональной эксплуатации двигателей необходимо знать вязкостно-температурные характеристики применяемых масел.

Поскольку через две точки можно провести прямую линию, то, пользуясь прямолинейной зависимостью вязкости от температуры в логарифмических координатах, можно графически по номограмме (рисунок 1.3) определить вязкость масла при любой температуре, если известна его вязкость при двух каких-либо температурах. Однако для повышения достоверности характеристики в процессе лабораторных измерений стараются получить данные для построения прямой линии в логарифмических координатах, по большему числу точек. Приведенная на рисунке 1.3 номограмма очень часто используется для определения, так называемой, критической или предельной вязкости моторного масла, выше которой пуск холодного двигателя невозможен. На величину предельной вязкости существенное влияние оказывают конструктивные особенности двигателя: частота вращения коленчатого вала при пуске, мощность стартера и другие. Максимальное значение предельной вязкости масел для различных двигателей составляет 6000–15000 мм<sup>2</sup>/с. Так, опытом эксплуатации двигателей и исследованиями установлено, что допустимая вязкость моторных масел при холодном пуске двигателя не должна превышать: 8000...10000 мм<sup>2</sup>/с (для двигателей легковых автомобилей), 12000... 13000 мм<sup>2</sup>/с (для двигателей ЗИЛ-130, ГАЗ-53, ЗИЛ-375, ЯМЗ-236) и 15000 мм<sup>2</sup>/с для двигателей КамАЗ-740, имеющих более мощный стартер и аккумуляторные батареи большей емкости.



1 – М-14Б<sub>2</sub>; 2 – М-10 Г<sub>1</sub>; 3 – М -4з/6В<sub>1</sub>

Рисунок 1.2 – Вязкостно-температурная характеристика минерального масла в логарифмической системе координат

На примере, приведенном на номограмме (рисунок 1.3), для масла с вязкостью при 100 °С, равной 8 мм<sup>2</sup>/с, и при 50 °С – 45 мм<sup>2</sup>/с, для двигателя ЗИЛ-130 при пусковой вязкости 12500 мм<sup>2</sup>/с минимальная температура пуска холодного двигателя составит минус 20 °С.

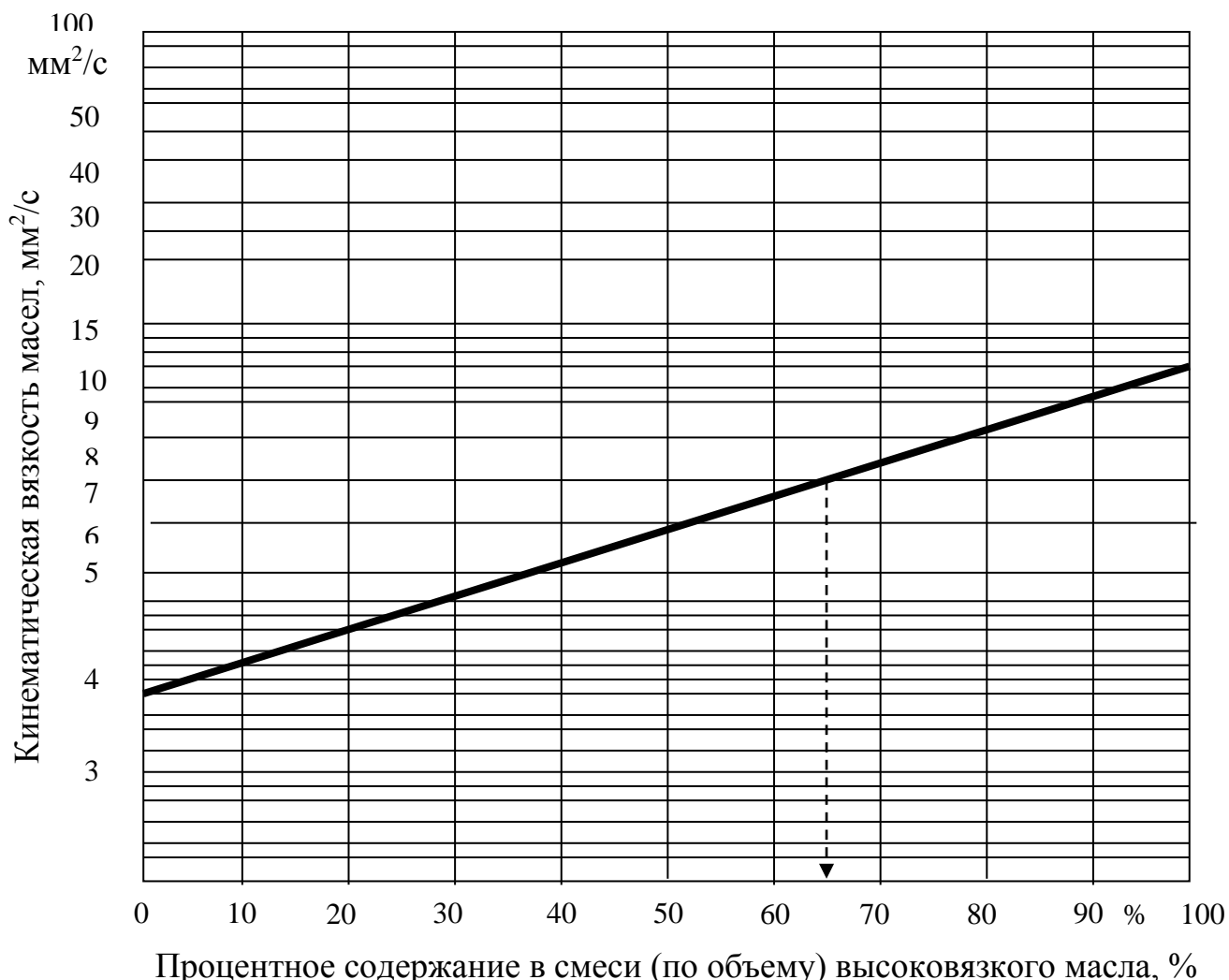


Рисунок 1.3 – Номограмма для расчета вязкости смеси масел

Логарифмический характер изменения вязкости автомобильных масел позволяет исправлять вязкость масла до требуемых значений, обусловленных, например, условиями эксплуатации, особенностями конструкции двигателя и т. д., путем смешивания двух масел. При этом также используется графический способ решения задачи. Для чего на осях ординат логарифмического графика (рисунок 1.3) отмечают значения вязкости маловязкого и высоковязкого масел, взятых для получения нужной смеси, и соединяют эти значения прямой линией. Затем из точки, соответствующей значению вязкости составляемой смеси, проводят прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с первой прямой. Из

точки пересечения этих прямых опускают на ось абсцисс перпендикуляр, указывающий на процентное содержание в смеси (по объему) высоковязкого масла. На примере (рисунок 1.3) приготовлена смесь масел с вязкостью при 100 °С, равной 7 мм<sup>2</sup>/с, из масел с вязкостью при той же температуре, равной, соответственно, 10 и 4 мм<sup>2</sup>/с. После построения на графике получено содержание 65 % масла с вязкостью 10 мм<sup>2</sup>/с в данной смеси.

С целью более полной характеристики вязкостно-температурных свойств масел стандартами (ГОСТ и ОСТ) и техническими условиями (ТУ) нормируется вязкость масла при 0 °С для всесезонных и зимних сортов моторных масел и индекс вязкости (VI).

*Индекс вязкости (VI)* – расчетная величина, которая характеризует изменение вязкости нефтепродуктов в зависимости от температуры. Для определения индекса вязкости (И.В.) необходимо иметь две серии эталонных масел, при этом сравнение показателей вязкостных свойств масел осуществляется по эмпирическим формулам.

В соответствии с ГОСТ 25371-97 (ИСО 2909-81) для масел с индексом вязкости менее 100, И.В. определяется по формулам:

$$VI = \frac{L-U}{L-H} \cdot 100, \quad (1.5)$$

$$VI = \frac{L-U}{D} \cdot 100, \quad (1.6)$$

где  $L$  – кинематическая вязкость при 40 °С нефтепродукта с индексом вязкости 0, обладающего той же кинематической вязкостью при 100 °С, что и испытуемый нефтепродукт, мм<sup>2</sup>/с;

$H$  – кинематическая вязкость при 40 °С нефтепродукта с индексом вязкости 100, обладающего той же кинематической вязкостью при 100 °С, что и испытуемый нефтепродукт, мм<sup>2</sup>/с.

$U$  – кинематическая вязкость при 40 °С нефтепродукта с индексом вязкости 0, обладающего той же кинематической вязкостью при 100 °С, что и испытуемый нефтепродукт ( $D = L-H$ ), мм<sup>2</sup>/с;

$U$  – кинематическая вязкость при 40 °С нефтепродукта, индекс вязкости которого требуется определить ( $D = L-H$ ), мм<sup>2</sup>/с.

Если кинематическая вязкость нефтепродуктов при 100 °С ниже или равна 70 мм<sup>2</sup>/с, значения, соответствующие  $L$  и  $D$ , определяют по таблице 1.1. Если значения в таблице 1.1 отсутствуют, но находятся в диапазоне таблицы, их рассчитывают методом линейной интерполяции.



Если кинематическая вязкость нефтепродуктов при 100 °С выше 70 мм<sup>2</sup>/с,  $L$  и  $D$  вычисляют по формулам:

$$L = 0,8353Y^2 + 14,67Y - 216, \quad (1.7)$$

$$D = 0,6669Y^2 + 2,82Y - 116. \quad (1.8)$$

Для нефтепродуктов с индексом вязкости от 100 и выше индекс вязкости  $IV$  вычисляют по формулам:

$$VI = \{[(\text{antilog } N-1)/0,00715] + 100, \quad (1.9)$$

$$N = (\log H - \log U)/\log Y, \quad (1.10)$$

где  $U$  и  $Y$  – кинематические вязкости при 40 и 100 °С, соответственно, для испытуемых нефтепродуктов;

$H$  – кинематическая вязкость при 40 °С нефтепродукта с индексом вязкости 100, обладающего той же кинематической вязкостью при 100 °С, что и испытуемый нефтепродукт. Значение  $H$  определяют по таблице 1.1. Если кинематическая вязкость нефтепродукта при 100 °С выше 70 мм<sup>2</sup>/с,  $H$  вычисляют по формуле:

$$H = 0,1684Y^2 + 11,85Y - 97. \quad (1.11)$$

Таблица 1.1 – Значение кинематической вязкости масел при 100 °С, мм<sup>2</sup>/с для расчета индекса вязкости

Кинематическая вязкость испытуемого масла при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с	Выбираемые значения			Кинематическая вязкость испытуемого масла при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с	Выбираемые значения		
	L	D = (L-H)	Y		L	D = (L-H)	Y
1	2	3	4	5	6	7	8
5,0	40,23	10,97	27,53	10,0	147,7	64,86	82,87
5,1	41,99	12,53	29,49	10,1	150,3	66,22	84,08
5,2	43,76	13,32	30,43	10,2	152,9	67,56	85,30
5,3	45,53	14,13	31,49	10,3	155,4	68,99	86,51
5,4	47,31	14,94	32,37	10,4	158,0	70,25	87,72
5,5	49,09	15,75	33,34	10,5	160,6	71,63	88,95
5,6	50,87	16,55	34,32	10,6	163,3	73,00	90,19
5,7	52,64	17,36	35,29	10,7	165,8	74,42	91,40
5,8	54,42	18,16	36,26	10,8	168,5	75,86	92,65
5,9	56,20	18,97	37,23	10,9	171,2	77,33	93,92

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
6,0	57,97	19,78	38,19	11,0	173,9	78,75	95,19
6,1	59,74	20,57	39,17	11,1	176,6	80,20	96,45
6,2	61,52	21,38	40,15	11,2	179,4	81,65	97,71
6,3	63,22	22,19	41,13	11,3	182,1	83,13	98,97
6,4	65,18	23,03	42,14	11,4	184,9	84,63	100,2
6,5	67,12	23,94	43,18	11,5	187,6	86,10	101,5
6,6	69,16	24,92	44,24	11,6	190,4	87,61	102,8
6,7	71,24	25,96	45,33	11,7	193,3	89,18	104,1
6,8	73,48	27,04	46,44	11,8	196,2	90,75	105,4
6,9	75,72	28,21	47,51	11,9	199,0	92,30	106,7
7,0	78,00	29,43	48,55	12,0	201,9	93,87	108,0
7,1	80,25	30,63	49,61	12,1	204,8	95,47	109,4
7,2	82,39	31,70	50,69	12,2	207,8	97,07	110,7
7,3	84,53	32,74	51,78	12,3	210,7	98,66	112,0
7,4	86,66	33,79	52,88	12,4	213,6	100,3	113,3
7,5	88,85	34,87	53,98	12,5	216,6	101,9	114,7
7,6	91,04	35,94	55,09	12,6	219,6	103,6	116,0
7,7	93,20	37,01	56,20	12,7	222,6	105,3	117,4
7,8	95,43	38,12	57,31	12,8	225,7	107,0	118,7
7,9	97,72	39,27	58,45	12,9	228,8	108,7	120,1
8,0	100,0	40,40	59,60	13,0	231,9	110,7	121,5
8,1	102,3	41,57	60,74	13,1	235,0	112,1	122,9
8,2	104,6	42,72	61,89	13,2	236,1	113,8	124,2
8,3	106,9	43,85	63,05	13,3	241,2	115,6	125,6
8,4	109,2	45,01	64,18	13,4	244,3	117,3	127,0
8,5	111,5	46,19	65,32	13,5	274,4	119,0	128,4
8,6	113,9	47,40	66,48	13,6	250,6	120,8	129,8
8,7	116,2	48,57	67,64	13,7	253,8	122,6	131,2
8,8	118,5	49,75	68,74	13,8	257,0	124,4	132,6
8,9	120,9	50,96	69,64	13,9	261,0	126,2	134,0
9,0	123,3	52,20	71,10	14,0	263,3	128,0	135,4
9,1	125,7	53,40	72,27	14,1	266,6	129,8	136,8
9,2	128,0	54,61	73,42	14,2	269,8	131,6	138,2
9,3	130,4	55,84	74,57	14,3	273,0	133,5	139,6
9,4	132,8	57,10	75,73	14,4	276,3	135,3	141,0
9,5	135,3	58,36	76,91	14,5	279,6	137,2	142,4

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
9,6	137,7	59,68	78,08	14,6	283,0	139,1	143,9
9,7	140,1	60,87	79,27	14,7	286,4	141,1	145,3
9,8	142,7	62,22	80,46	14,8	289,7	142,9	146,8
9,9	145,2	63,54	81,67	14,9	293,0	144,8	148,2

Для пользования номограммой (рисунок 1.4) необходимо знать значения кинематической вязкости масла при 50 °С и при 100 °С и отложить их на соответствующих осях номограмм (вязкость при 50 °С – на вертикальной оси, при 100 °С – на горизонтальной оси). Из найденных точек восстановить перпендикуляры до их взаимного пересечения. Индекс вязкости показывает наклонная прямая, проходящая через точку пересечения перпендикуляров или ближе всего расположенная к ней.

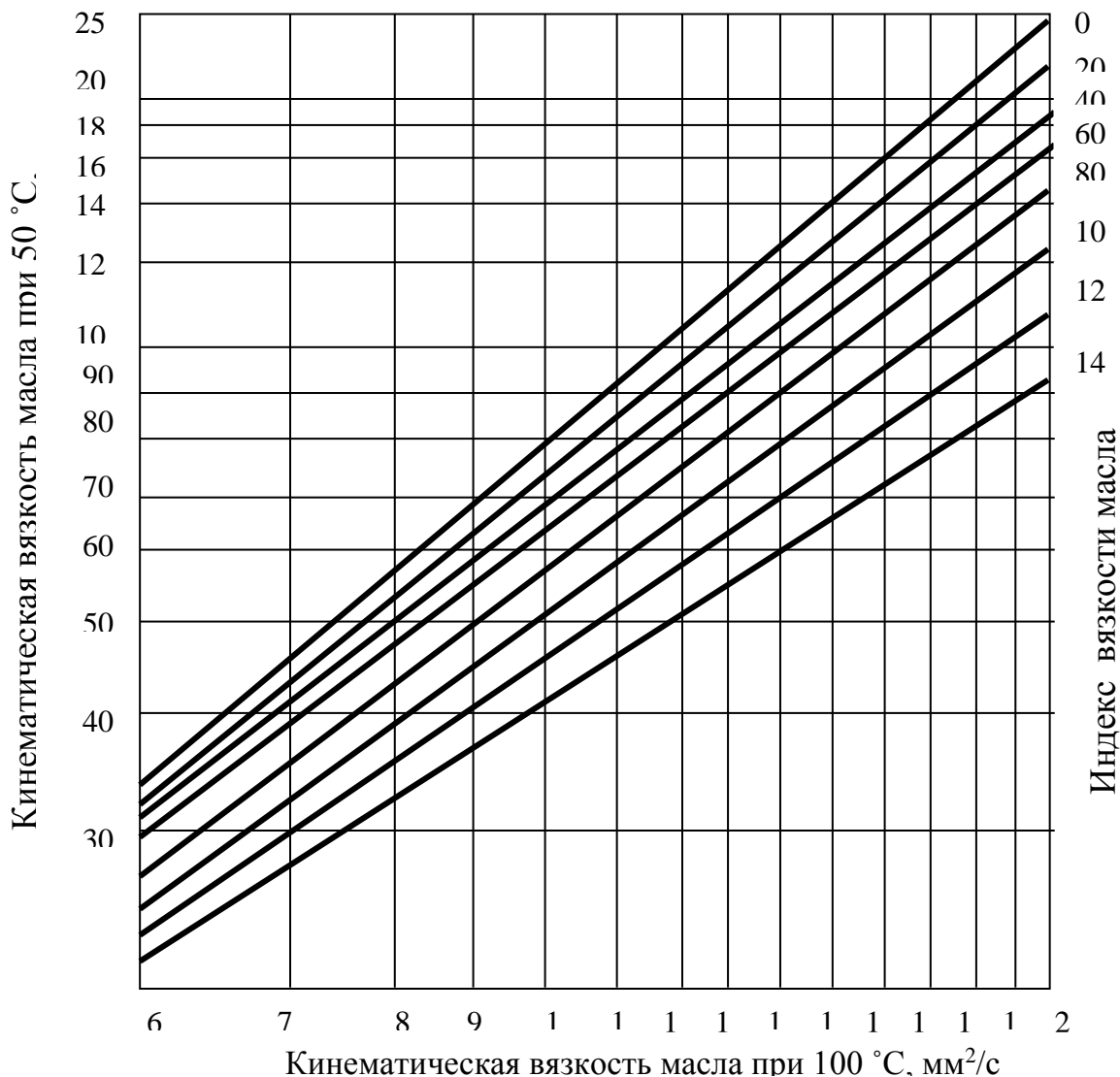


Рисунок 1.4 – Номограмма для определения индекса вязкости масел

В таблицах значений индексов вязкостей по вертикали дано значение кинематической вязкости при 50 °С, а по горизонтали – при 100 °С, на пересечении этих значений для испытуемого масла и находят его индекс вязкости.

Значение индекса вязкости порядка 100 единиц и выше характеризуют хорошие вязкостно-температурные свойства масел. Чем больше индекс вязкости, тем меньше изменяется вязкость масла с понижением температуры, тем лучше пусковые качества масла. Современные моторные масла имеют индекс вязкости 115 – 140 единиц, а у наиболее качественных синтетических масел индекс вязкости может достигать 160 –165 единиц.

Для полной оценки вязкостных свойств масел обычно строят вязкостно-температурную кривую в интервале температур от 0 до 100 °С. При температуре выше 100 °С вязкость меняется незначительно, а при отрицательных температурах сильно.

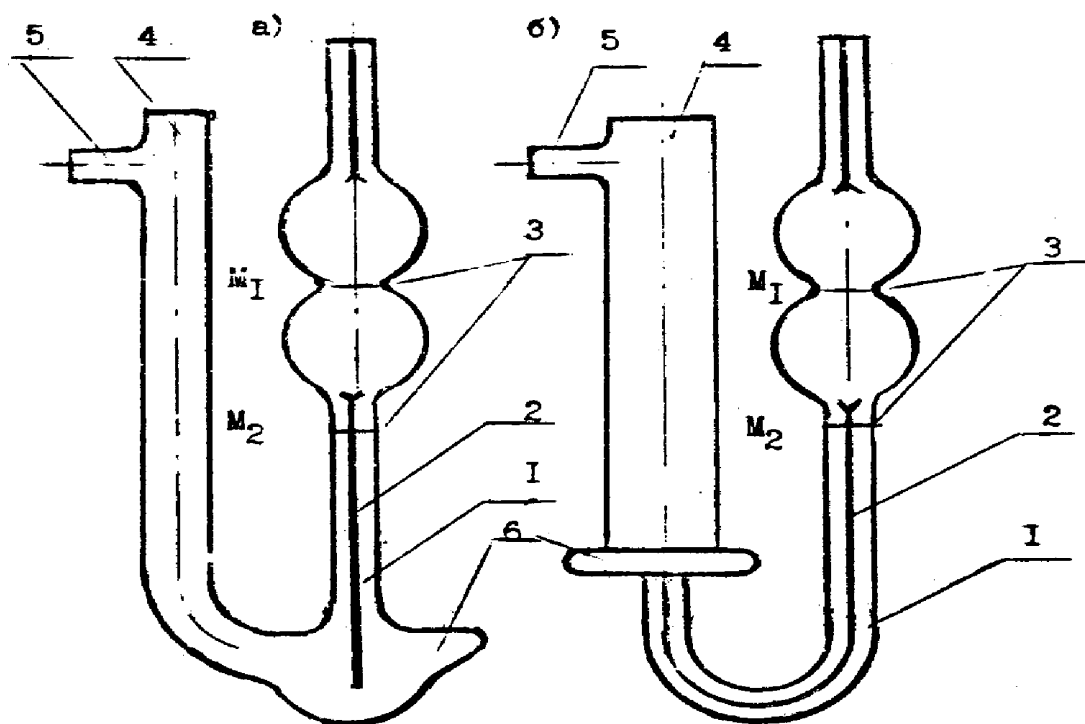
Кинематическая вязкость характеризует удельный коэффициент внутреннего трения между молекулами топлива (жидкости) и представляет собой отношение динамической вязкости топлива к его плотности при температуре измерения. Кинематическая вязкость топлива оценивается в сантистоксах (сСТ = мм<sup>2</sup>/с) и может быть определена с помощью капиллярных вискозиметров по ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) [3].

Сущность метода заключается в измерении калиброванным стеклянным вискозиметром времени истечения (в секундах) определенного объема испытуемой жидкости под влиянием силы тяжести при постоянной температуре. Кинематическая вязкость является произведением измеренного времени истечения на постоянную вискозиметра. При измерении кинематической вязкости дизельного топлива и прозрачных масел наибольшее распространение получили вискозиметры типа ВПЖ-2 (рисунок 1.5 а) и типа Пинкевича (ВПЖ-4) (рисунок 1.5 б), отличающиеся конструкцией прибора.

Капиллярные вискозиметры типа ВПЖ-2 и типа Пинкевича представляют собой U-образную трубку с тремя расширениями, в узкое колено (1) которой впаян капиллярный канал 2. Кинематическая вязкость жидких нефтепродуктов определяется как произведение среднего времени ( $\tau$ ) протекания через капилляр объема жидкости, находящейся в верхнем расширении, между метками  $M_1$  и  $M_2$ , на постоянную вискозиметра (С):

$$v_{20} = t \cdot C, \quad (1.12)$$

где  $v_{20}$  – кинематическая вязкость при 20 °С.



1 – U-образная трубка; 2 – капилляр; 3 – верхнее расширение с метками  $M_1$  и  $M_2$ ; 4 – широкое колено; 5 – отводная трубка; 6 – нижнее расширение

Рисунок 1.5 – Схема устройства капиллярных вискозиметров типа ВПЖ-2 (а) и типа Пинкевича (ВПЖ-4) (б)

Каждый вискозиметр имеет маркировку с обозначением диаметра капилляра и паспорт, в котором указывается его постоянная ( $C$ ).

Кинематическая вязкость моторных масел, как и дизельных топлив, определяется с помощью капиллярных вискозиметров. Отличительной особенностью данной работы является лишь то, что при определении кинематической вязкости масла устанавливают несколько значений постоянных температур: 20 °С, 30 °С, 40 °С, 50 °С, 60 °С, 70 °С, 80 °С, 90 °С, 100 °С. Для нагрева масла до температуры 50 °С используют термостаты с дистиллированной водой, свыше 50 °С до 100 °С – глицерин или другое маловязкое светлое масло (трансформаторное, вазелиновое и т. д.). При определении вязкости при 0 °С жидкостью в термостате служит вода с талым снегом. Точность определения температуры жидкости в термостате при измерении вязкости масла должна быть не менее  $\pm 0,5$  °С.

### 3 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 Определение кинематической вязкости моторного масла при разных температурах (вязкостно-температурной характеристики).

- 2 Определение индекса вязкости.
- 3 Определение компонентного состава смеси по номограмме.
- 4 Оценка эксплуатационных свойств используемого образца моторного масла и определение области его применения.

#### 4 АППАРАТУРА, РЕАКТИВЫ, МАТЕРИАЛЫ

- 1 Капиллярный вискозиметр – 3 шт.
- 2 Стеклянные сосуды (цилиндры) емкостью в 2 л – 3 шт.
- 3 Электроплитки – 2 шт.
- 4 Секундомер – 2 шт.
- 5 Дистиллированная вода – 2 литра.
- 6 Штатив для вискозиметра – 3 шт.
- 7 Стаканчик с образцом моторного масла – до 3 шт.
- 8 Глицерин – 2 литра.
- 9 Снег или колотый лед – 1,5 дм<sup>3</sup>.
- 10 Термометры с пределами измерения 0 °С – 50 °С, 0 °С – 100 °С, 0 °С – 150 °С – 3 шт.
- 11 Шприц объемом 100 мл – 3 шт.
- 12 Делительная воронка – 1 шт.
- 13 Таблицы значений индекса вязкости.

#### 5 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Определение кинематической вязкости моторного масла при различных температурах.

Используемые в работе вискозиметры представляют собой очень хрупкие и дорогие приборы. В связи с этим при работе с ними надо проявить максимум осторожности и, в частности, держать и закреплять их следует только за одно колено. Наиболее часто поломка вискозиметров происходит при надевании и снятии резиновой трубки, поэтому при этой операции нужно держать их именно за то колено, на которое надевается или с которого снимается резиновая трубка.

Кроме того, любой вискозиметр становится неработоспособным, если во внутреннюю полость его попадает вода или даже ее пары. По этой причине при заполнении вискозиметра и при определении вязкости не следует допускать попадания в него воды и других водосодержащих жидкостей.

1.1 Испытуемый образец моторного масла в химическом стаканчике нагреть на электроплитке до температуры 40 – 50 °С.

1.2 На боковой отвод (5) вискозиметра (рисунок 1.5) надеть резиновую трубку. Перевернуть вискозиметр так, чтобы его открытые концы были направ-

лены вниз. Узкое колено вискозиметра опустить в стаканчик с маслом, а отверстие широкого колена (5) зажать пальцем. С помощью вакуумного насоса закачать масло через резиновую трубку в узкое колено вискозиметра до метки между капилляром и расширением. После этого перевернуть вискозиметр в нормальное положение, снять резиновую трубку с бокового отвода (5) и надеть на узкое колено прибора.

Наполняются все три вискозиметра из набора, которые имеют различное сечение капилляров и обеспечивают необходимую точность измерения вязкости при разной температуре масла. Так, при измерении вязкости моторного масла при 0 °С нужен вискозиметр с диаметром капилляра в 2,0...3,0 мм, при 50 °С с диаметром 1,2...1,4 мм, а при 100 °С – 0,8...1,0 мм.

1.3 Заполненные вискозиметры установить в цилиндры с жидкостью в строго вертикальном положении, погрузив полностью нижнее расширение (3) (рисунок 1.5) в жидкость. Вискозиметр, предназначенный для измерения вязкости масла при температуре до 50 °С, установить в цилиндр с дистиллированной водой, при 0 °С – с талым снегом или льдом, а при температуре свыше 50 °С до 100 °С – в цилиндр с глицерином.

Внимание: глицерин при нагревании значительно расширяется (увеличивается в объеме)!

1.4 Установить термометры в цилиндры, заполненные жидкостью, и включить электроплитки. Цилиндр с талым снегом или льдом на плитку не ставить. Плитку под цилиндром с дистиллированной водой подключить после измерения вязкости при 20 °С. В процессе нагрева необходимо постоянно перемешивать нагреваемую жидкость специальной мешалкой.

1.5 На свободный конец резиновой трубки установить шприц и закачать масло в расширение (3), чтобы его уровень был выше метки  $M_1$ . При этом необходимо следить, чтобы в капилляре вискозиметра не было пузырьков воздуха и разрывов в испытуемом масле.

1.6 Отсоединить шприц с резиновой трубки и наблюдать за протеканием масла в вискозиметре. Когда уровень масла достигнет верхней метки между расширениями (3) (метки  $M_1$ ), включить секундомер и записать температуру начала замера ( $T_n$ ). При достижении уровня масла нижней метки ( $M_2$ ) остановить секундомер и записать температуру окончания замера ( $T_k$ ). Рассчитать среднюю температуру замера ( $T$ ):

$$T = (T_n + T_k) / 2. \quad (1.13)$$

Записать время ( $\tau$ ) протекания масла между метками ( $M_1$  и  $M_2$ ) вискозиметра. Эксперимент для 50 °С и 100 °С повторить три раза, вычислить среднее

арифметическое трех замеров, которое и характеризует среднее время протекания масла через капилляр вискозиметра. Данные замеров и расчетов занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Данные определения вязкости масла

№ за-мера	Номер вискозиметра	Постоянная вискозиметра, (С)	Температура начала тн, °С	Температура окончания тк, °С	Средняя температура Т, °С	Время t, с	Вязкость, мм <sup>2</sup> /с
1							
2							
....							
n							

1.7 Определить вязкость испытуемого образца масла по формуле:

$$v_t = \tau \cdot C, \quad (1.14)$$

где  $\tau$  – среднее время протекания топлива через капилляр вискозиметра, с,  
 $C$  – постоянная вискозиметра.

1.8 По результатам определения вязкости испытуемого образца моторного масла построить его вязкостно-температурную характеристику в обычной системе координат (зависимость –  $v_t = f(t)$ ) и логарифмических координатах (рисунки 1.1 и 1.2).

2 По номограмме (рисунок 1.4) и «Таблицам значений индекса вязкости» определить индекс вязкости испытуемого образца моторного масла. Вычислить индекс вязкости масла по формулам 1.5, 1.6 или 1.9, пользуясь при этом данными из таблицы 1.1.

3 По результатам построения вязкостно-температурной характеристики масла в логарифмических координатах (п. 5.1.8) определить наименьшую температуру масла, при которой возможен пуск холодного двигателя без предварительного подогрева и разогрева.

4 Пользуясь значением плотности моторного масла при 20 °С, полученным у преподавателя, и значениями кинематической вязкости при отрицательных температурах, полученными при анализе вязкостно-температурной характеристики масла в логарифмических координатах, определить динамическую вязкость масла при этих температурах. Данные расчетов свести в таблицу 1.3.



Таблица 1.3 – Данные расчетов динамической вязкости масла

№	Плотность при 20 °С, $\rho_{20}$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность при искомой температуре, $\rho_t$ , г/см <sup>3</sup>	Кинематическая вязкость при искомой температуре, $\nu_t$ , мм <sup>2</sup> /с	Динамическая вязкость при искомой температуре, $\eta_t$ , Па·с

4.1 Плотность нефтепродуктов имеет линейную зависимость от температуры. Поэтому, зная плотность нефтепродуктов при какой-либо температуре, можно определить плотность при любой другой температуре по следующей формуле:

$$\rho_t = \rho_{20} - \gamma(t - 20), \quad (1.15)$$

где  $\gamma$  – температурная поправка, которая берется из таблицы 1.4;

$t$  – температура при которой необходимо определить плотность, °С;

$\rho_{20}$  – плотность при температуре 20 °С, г/см<sup>3</sup> (для расчетов можно принять  $\rho_{20} = 0,9$  г/см<sup>3</sup>);

$\rho_t$  – плотность при искомой температуре, г/см<sup>3</sup>.

Таблица 1.4 – Среднее значение температурных поправок при определении плотности нефтепродуктов

Плотность, г/см <sup>3</sup>	Температурная поправка на 1 °С	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Температурная поправка на 1 °С
0,6900-0,6999	0,000910	0,8500-0,8599	0,000699
0,7000-0,7099	0,000897	0,8600-0,8699	0,000686
0,7100-0,7199	0,000884	0,8700-0,8799	0,000678
0,7200-0,7299	0,000870	0,8800-0,8899	0,000660
0,7300-0,7399	0,000857	0,8900-0,8999	0,000647
0,7400-0,7499	0,000844	0,9000-0,9099	0,000633
0,7500-0,7599	0,000831	0,9100-0,9199	0,000620

4.2 Кинематическая вязкость определяется с использованием номограммы на рисунке 1.2. Для получения приемлемой для учебных целей точности значений кинематической вязкости, при построении вязкостно-температурной характеристики исследуемого масла в логарифмической системе координат,

значение кинематической вязкости масла при 50 °С и 100 °С, на номограмме необходимо наносить с точностью до десятых.

4.3 Согласно ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) [4] динамическую вязкость  $\eta$ , МПа·с рассчитывают на основании кинематической вязкости по формуле:

$$\eta = \nu \cdot \rho \cdot 10^{-3}, \quad (1.16)$$

где  $\eta$  – динамическая вязкость масла при искомой температуре, МПа·с;

$\nu$  – кинематическая вязкость масла, мм<sup>2</sup>/с;

$\rho$  – плотность при той же температуре, при которой определялась кинематическая вязкость, кг/м<sup>3</sup>.

4.4 По полученным данным, пользуясь приложениями А и Б, определить класс вязкости по ГОСТ 17479.1-2015 [5] и определить соответствие масла классификации SAE.

5 По совокупности показателей вязкостно-температурных свойств испытуемого образца моторного масла оценить его эксплуатационные свойства, указать условия и область возможного применения.

6 Составить отчет о выполненной работе по прилагаемой форме.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2  
«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТЛИЧИТЕЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ И ОЦЕНКА  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК ПРОСТЕЙШИМИ  
СПОСОБАМИ»

### 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Изучить способы определения отличительных признаков и оценки показателей качества пластичных смазок, освоить практические приемы анализа образца пластичной смазки по характерным признакам, установить разновидность смазки, её состав и указать условия её эффективного применения.

### 2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В практике технической эксплуатации автомобилей довольно часто приходится решать вопросы, связанные с определением марки и области применения пластичных смазок. Это вызвано тем, что для смазывания многих трущихся сопряжений автомобилей отечественная промышленность выпускает большое количество самых разнообразных марок пластичных смазок. Последние очень часто имеют одинаковую окраску, запах и внешний вид, но существенно отличаются важнейшими эксплуатационными свойствами (термостойкость, влагостойкость и др.), которые и определяют возможность и эффективность применения этих смазок в конкретных узлах трения.

Пластичные смазки находятся в мазеобразном состоянии, представляют собой коллоидную систему, состоящую на 80–90 % из жидкой и на 10–20 % твердой фаз, с добавлением присадок и наполнителей. Жидкая фаза (минеральное масло) составляет основу пластичной смазки и располагается в ячейках структурного каркаса, образованного твердой фазой (загустителем). В качестве загустителя в пластичных смазках используются различные мыла, получаемые на основе натуральных (растительных и животных) жиров и синтетических жирных кислот. Некоторые пластичные смазки загущены высокоплавкими углеводородами (парафином, церезином и др.), а также твердыми минеральными веществами (алюмогель, силикогель, бентонитовая глина и др.).

Следует отметить, что самую большую группу пластичных смазок составляют антифрикционные смазки, предназначенные для смазывания трущихся деталей, у которых в качестве загустителя, как правило, применяются литиевые, кальциевые или натриевые мыла.

Физико-химические свойства пластичных смазок оцениваются целым рядом показателей, предусмотренных стандартами. Все эти показатели делятся на две группы: обязательные для всех видов пластичных смазок и обязательные для отдельных видов смазок.

К первой группе показателей качества пластичных смазок относятся такие как: внешний вид, содержание воды и механических примесей, испытание на коррозию. К показателям, обязательным для отдельных видов смазок относятся такие, как предел прочности, эффективная вязкость, температура каплепадения, коллоидная стабильность, содержание щелочей и кислот и другие.

Вместе с тем при практическом применении смазок наиболее важными свойствами являются температурные пределы их эффективного использования и влагостойкость. Последние, в значительной мере, определяются типом применяемого загустителя (технический вазелин ВТВ-1; пушечная смазка ПВК и др.), имеют низкую температуру плавления (до 64 °С), но очень высокую влагостойкость и применяются, главным образом, в качестве защитных смазок при консервации металлических изделий автомобилей.

Смазки на кальциевых мыльных загустителях относятся к среднеплавким, с температурой каплепадения от 70 до 100 °С. Температура каплепадения пластичной смазки определяет температуру, при которой происходит расслоение смазки, ведущее к потере её смазочных свойств.

Во всех кальциевых смазках (солидолах и др.), кроме смазок на комплексных кальциевых мылах, в строении молекул смазки присутствует вода (до 3 %), поэтому эти смазки имеют неудовлетворительные низкотемпературные свойства. Кальциевые смазки, как и углеводородные смазки, не растворяются в воде.

В смазках на комплексных кальциевых мылах (униолы) вместо воды для стабилизации кристаллической решетки используют низкомолекулярную кислоту (муравьиную, уксусную и др.). Поэтому они имеют достаточно высокую температуру каплепадения и низкую температуру застывания. Температурный диапазон использования, например, наиболее распространенной смазки УНИОЛ-3М (ТУ-38-101605-76) от -50 °С до +140 °С. Смазка не растворяется в воде и бензине.

Смазки на литиевых мылах имеют высокую температуру каплепадения (свыше 100 °С) и широкий температурный диапазон использования. Наиболее представительными и перспективными тугоплавкими смазками на литиевом мыле являются литолы. Например, смазка ЛИТОЛ-24 (обозначение смазок по ГОСТ 23258: Литол-24-МЛи 4/12-3 [9]), которая представляет собой всесезонную смазку для всех узлов автомобилей. Она водо- и бензостойка, имеет температуру каплепадения, равную 185...200 °С.

Антифрикционные смазки на натриевых мылах (автомобильная смазка ЯНЗ-2; жировая 1-13; карданная АМ и др.) также относятся к тугоплавким смазкам. Однако, в отличие от литиевых смазок, все натриевые смазки не водо-

стойки и разрушаются под действием воды, поэтому использование натриевых смазок в узлах трения, где возможен контакт с водой, недопустим.

Растирая пальцами кусочек смазки с водой, можно легко обнаружить, что натриевые смазки (автомобильная смазка ЯНЗ-2; жировая 1-13; карданная АМ) легко мылятся и смываются водой.

По растворимости пластичной смазки в бензине можно определить смазки на углеводородных загустителях.

Кальциевые и литиевые смазки, нерастворяющиеся в воде, бензине, можно отличить друг от друга только по температурам каплепадения.

Температурой каплепадения пластичной смазки называется температура, при которой происходит падение первой капли смазки из чашечки (капсуля) прибора, нагреваемого в строго определенных условиях. Эта температура характеризует верхнюю температурную границу применения смазки. Последняя должна быть на 15...20 °С ниже, чем температура каплепадения. Прибор и установка для определения температуры каплепадения представлен на рисунках 2.1 и 2.2.

Прибор для определения температуры каплепадения представляет собой специальный термометр, оборудованный в нижней части металлической гильзой, в которой закреплена чашечка с испытуемой смазкой, имеющей калиброванное отверстие диаметром 3 мм.

Термометр с капсулой вставляют с помощью разрезанной пробки в пробирку так, чтобы до дна пробирки оставалось около 20 мм. Пробирка закрепляется на зажимах штатива (8) (рисунок 2.2) в стакане с дистиллированной водой. Стакан подогревается снизу электроплиткой (1).

Одним из наиболее простых и достаточно точных способов определения вида пластичной смазки и типа её загустителя является анализ жирового пятна, образующегося на фильтровальной бумаге от нанесения на неё комочка смазки. Фильтровальная бумага со смазкой подогревается над каким-нибудь источником тепла, отчего она полностью или частично расплавляется, образуя характерное для данного вида смазки жировое пятно.

Так, легкоплавкие смазки на углеводородных загустителях расплавляются при незначительном нагреве, образуя на фильтровальной бумаге равномерное пятно без остатков твердых включений (технический вазелин, пушечная смазка и др.). Среднеплавкие смазки оставляют пятно с мягким остатком в центре обычно того же цвета, что и масляное пятно (солидолы). При более сильном нагревании этих смазок из остатка кальциевого мыла выделяются мелкие пузырьки воды. Графитная смазка УСсА (обозначение смазки по ГОСТ 23258 – СКа 2/6-гЗ) [8] после расплавления жировой основы оставляет темное пятно с четко видимыми включениями молотого графита.

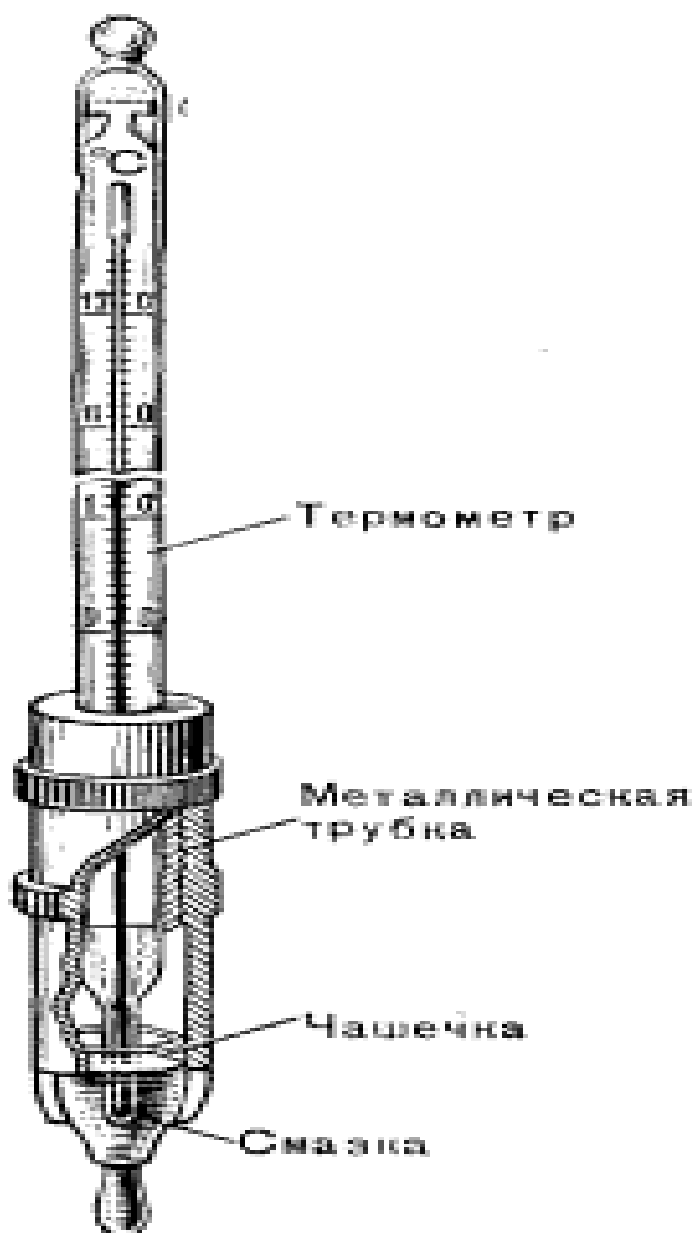
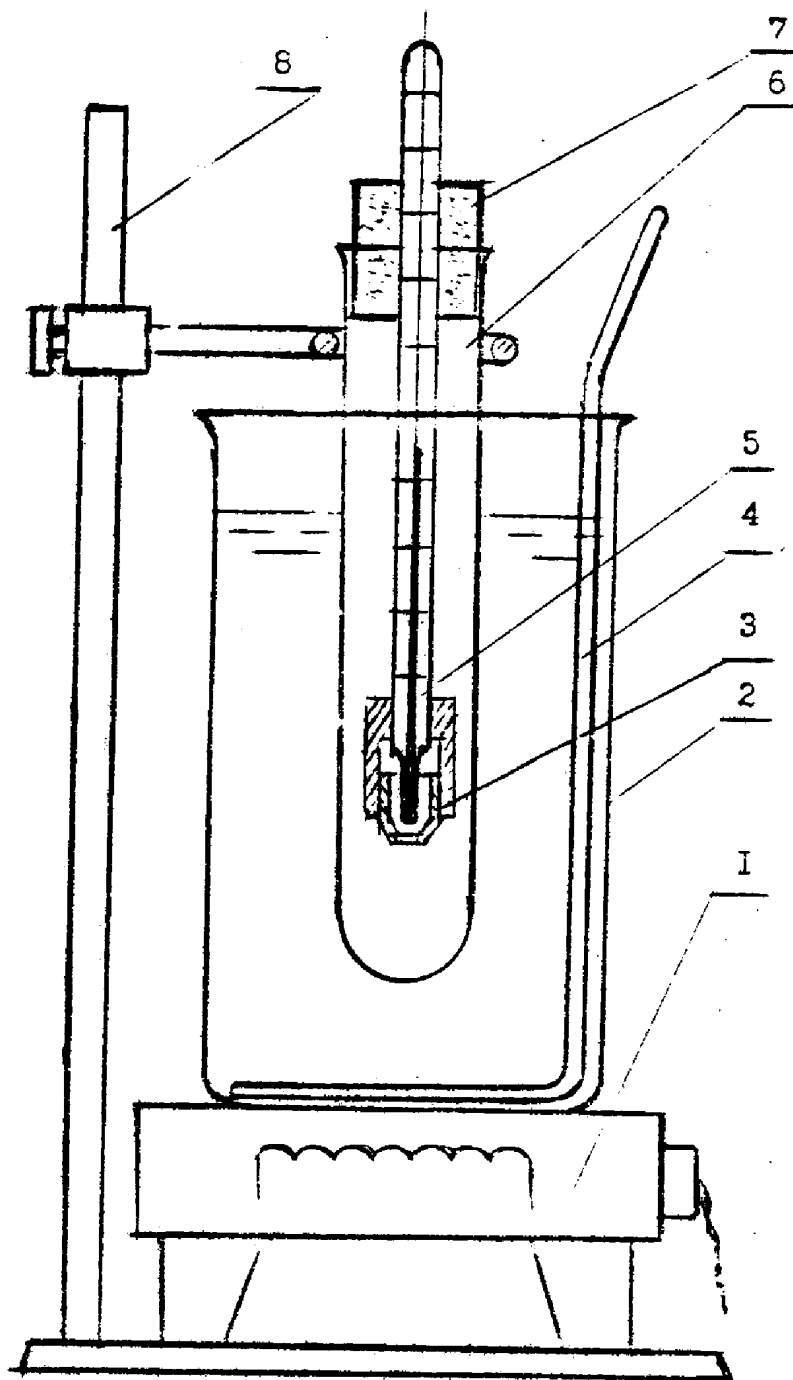


Рисунок 2.1 – Прибор для определения температуры каплепадения пластичной смазки

Все тугоплавкие смазки образуют на фильтровальной бумаге пятно меньших размеров, чем среднеплавкие и легкоплавкие смазки, при этом значительная часть смазки (загуститель) не расплывается даже при сильном нагреве (до обугливания) фильтровальной бумаги.

Для более точного определения вида и марки пластичной смазки существуют эталоны жировых пятен различных смазок, которыми удобно пользоваться при анализах и сравнениях.



*1 – электроплитка; 2 – стакан с водой или глицерином; 3 – чашечка со смазкой; 4 – мешалка; 5 – специальный термометр с гильзой; 6 – пробирка стеклянная; 7 – пробка; 8 – штатив с зажимом*

Рисунок 2.2 – Схема установки для определения температуры каплепадения пластичной смазки

Различать пластичные смазки можно и по запаху. Смазки с углеводородными загустителями (технический вазелин и др.) имеют слабый запах нефтепродуктов. Жировые смазки универсального назначения, например 1–13 жиро-

вая, могут пахнуть хозяйственным мылом. Все массовые синтетические смазки (солидол С и др.) обладают своеобразным слегка ароматным запахом, который после первого знакомства с ним в дальнейшем быстро и безошибочно распознается.

По внешнему виду пластичная смазка должна представлять собой однородную массу без наличия комков, посторонних включений, механических или органических примесей, а также выделившегося масла. Наличие механических примесей легко обнаруживается при растирании тонкого слоя смазки между двумя стеклами. Кроме того, механические примеси обнаруживаются также путем расплавления комка смазки на фильтровальной бумаге. При рассмотрении тонкого слоя смазки, находящегося между двумя стеклами в проходящем свете, можно легко оценить однородность смазки.

Внешний вид и цвет смазки должен полностью отвечать требованиям нормативной документации ГОСТ или ТУ.

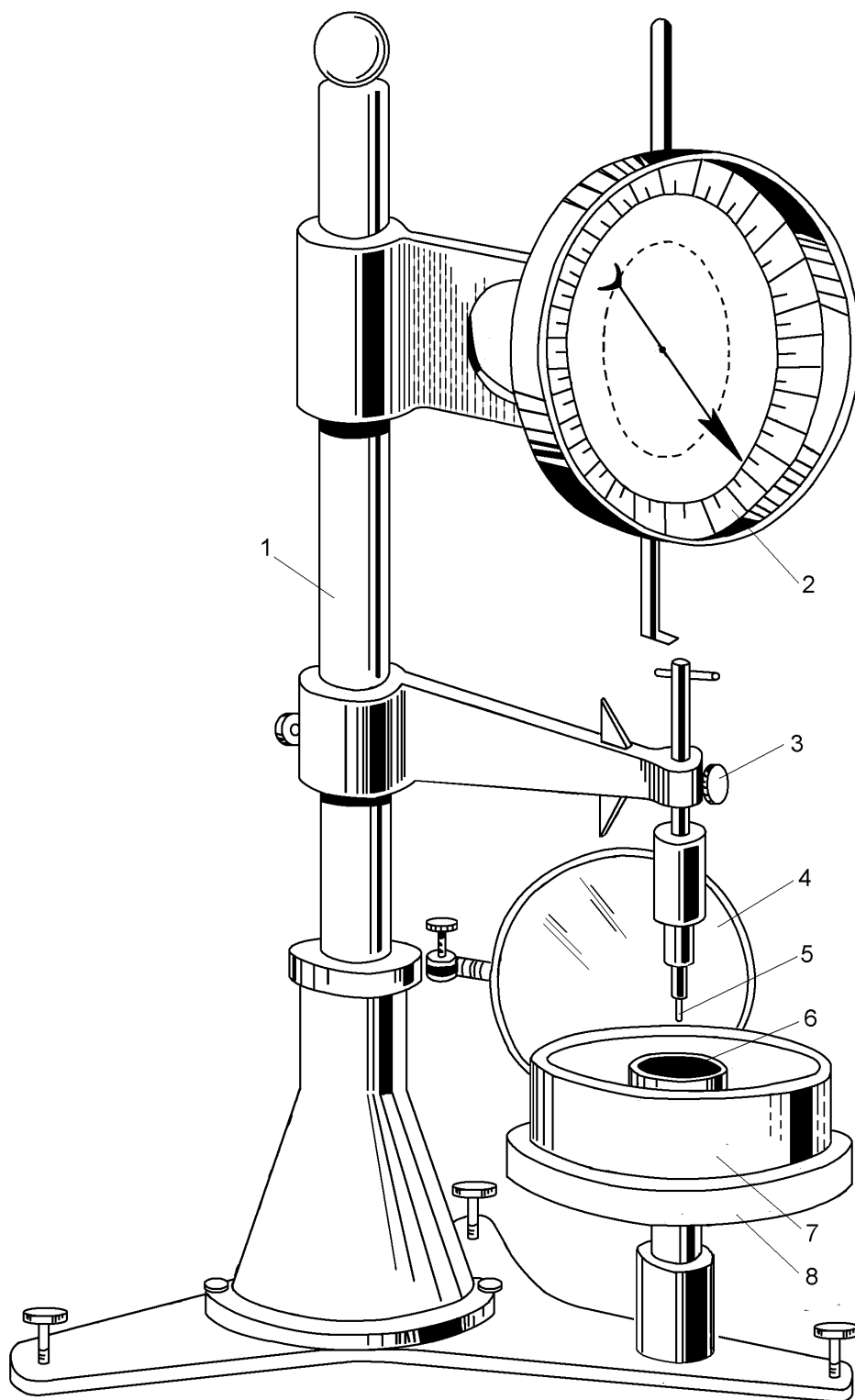
Возможность использования пластичной смазки в конкретном узле трения определяется также её консистенцией (густотой). Для оценки консистенции пластичной смазки применяется условный показатель – пенетрация (число проницаемости).

Пенетрация определяется на стандартном (ГОСТ 5346-78) [10] лабораторном приборе – пенетрометре ЛП (рисунок 2.3) по глубине проникновения иглы специального конуса пенетрометра в смазку, выраженной в десятых долях миллиметра.

Пенетрация определяется при температуре 25 °С под действием силы в 1,5 Н (определяемой массой конуса) в течении 5 с. Чем мягче смазка, тем глубже погружение конуса, тем выше число пенетрации.

Согласно ГОСТ 23528-78, все пластичные смазки в зависимости от пенетрации делятся на 9 индексов класса консистенции, которые указываются в обозначении пластичных смазок и приведены в таблице 2.1. При этом самые мягкие смазки имеют индексы класса консистенции 00 и 0, а самые твердые 6...7.





*1 – консоль; 2 – индикатор с кремальеркой; 3 – пусковая кнопка;  
4 – зеркало; 5 – плунжер; 6 – стакан со смазкой; 7 – подстаканник;  
8 – столик прибора*

Рисунок 2.3 – Пенетрометр

Таблица 2.1 – Индексы классов консистенции пластичных смазок в зависимости от пенетрации, при 25 °С (ГОСТ 23528-78)

Пенетрация при 25 °С по ГОСТ 5346-78	Индекс класса консистенции	Пенетрация при 25 °С по ГОСТ 5346-78	Индекс класса консистенции
400–430	00	175–205	4
355–385	0	130–160	5
310–340	1	85–115	6
265–295	2	ниже 70	7
220–250	3		

С целью упорядочения наименования и обозначения смазок с 1979 года введен в действие ГОСТ 23258-78 [6], который был несколько раз пересмотрен и действует до сих пор. Он предусматривает, что каждая смазка должна иметь наименование, состоящее из одного слова (литол, лита, зимол, графитол и др.). Наряду с наименованием устанавливается индексное (буквенно-цифровое) обозначение смазок, в краткой форме информирующее о назначении, составе, основных характеристиках смазок, например, солидол С обозначается (СКаз/7-2). Первая буква в индексе указывает область применения смазки (таблица 2.2):

Таблица 2.2 – Области применения пластичных смазок

Обозначение	Область применения	Обозначение	Область применения
1	2	3	4
С	общего назначения до 70 °С (солидолы)	Д	прирабочная (противозадирная) паста
О	общего назначения до 110 °С (констатины)	У	узкоспециализированная (автомобильная, железнодорожная)
М	многоцелевая	Б	брикетная
Ж	термостойкие, 150 °С и выше	З	консервационная (защитная)

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4
И	противозадирная (противоизносная)	А	арматурная
Х	химически стойкая	Р	резьбовая
П	приборная	В	вакуумная (уплотнительная)
Т	редукторная (трансмиссионная)		

Второй буквенный индекс соответствует типу загустителя (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Типы загустителей пластичных смазок

Загуститель	Индекс	Загуститель	Индекс
<b>Мыло</b>	М	<b>Углеводороды твердые</b>	Т
Алюминиевое	Ал	<b>Органические вещества</b>	О
Бариевое	Ба	Пигменты	Пг
Кальциевое	Ка	Полимеры	Пм
Литиевое	Ли	Уреаты	Ур
Натриевое	На	Фторуглероды	Фу
Свинцовое	Св	<b>Неорганические вещества</b>	Н
Цинковое	Цн	Глины (бентонитовые и др.)	Би
Комплексное	кМ	Технический углерод	Сж
Смеси мыл	М <sub>1</sub> -М <sub>2</sub>	Силикогель	Си

Комплексное мыло обозначается строчной буквой «к», после которой указывается индекс соответствующего мыла (кКа, кБа и т. д.). Смесь двух мыл обозначают составным индексом (Ка-На, Ли-Бн). Индексы М, О, Н применяют только в том случае, когда загуститель, входящий в одну из трех групп (мыла, органические и неорганические вещества), не предусмотрен перечнем.

После двух буквенных индексов указывается в виде дроби рекомендуемый температурный интервал применения смазки: в числителе (без знака минус) минимальную температуру, а в знаменателе максимальную температуру, уменьшенную в 10 раз. Например, индекс 3/13 соответствует температурному интервалу применения смазки от минус 30 °С до плюс 130 °С.

За минимальную температуру применения принимают такую температуру, при которой вязкость антифрикционной смазки составляет 200 Па\*с. Макси-

мальную температуру применения указывают в соответствии с технической документацией. Рекомендуемый температурный интервал имеет ориентировочный характер, так как допустимые температуры зависят не только от свойств смазки, но и от конструкции и условий работы узла трения.

Тип дисперсионной среды и твердых добавок обозначают буквенными индексами (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Типы дисперсионной среды и твердых добавок

Дисперсионная среда		Твердые добавки	
Нефтяное масло	н	Графит	г
Синтетические углеводороды	у	Дисульфит молибдена	д
Кремнийорганические жидкости	к	Порошки	
Сложные эфиры	э	свинца	с
Галогенуглеродные жидкости	ж	меди	м
Фторсилоксаны	ф	цинка	ц
Перфторалкил-полиэфиры	а	Прочие твердые добавки	т
Прочие масла и жидкости	п		

Смесь двух и более масел обозначают составным индексом (нк, уэ и т. д.), на первом месте ставят индекс масла, входящего в состав дисперсионной среды в большей концентрации. Так как большинство смазок изготовлено на основе нефтяных масел, индекс «н» не указывают, он применяется лишь при обозначении смазки на смеси нефтяного и какого-нибудь другого масла. Индекс дисперсионной среды ставится после индекса типа загустителя.

При наличии в смазке твердых добавок их обозначение ставят после индекса температурного диапазона. На последнем месте помещают цифровой индекс класса консистенции смазки в соответствии с приведенной таблицей.

Примечание: в соответствии с ГОСТ ISO 12924-2013 [7] и в соответствии с ISO 6743-9 пластичные смазки обозначают следующим образом: ГОСТ ISO-L-X - символ 1 - символ 2 - символ 3 - символ 4 – класс вязкости по NLGI (Американский национальный институт пластичных смазок), где:

- символ 1 – самая низкая температура применения, символы от А до Е;
- символ 2 – самая высокая температура применения, символы от А до G;
- символ 3 – водостойкость и антикоррозионные свойства, символы от А до I;
- символ 4 – трибологическая характеристика при высоких нагрузках, символ А или В.

### 3 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

- 1 Определение марки и качества пластичных смазок по внешним признакам (запах, цвет, внешний вид).
- 2 Испытание образцов пластичной смазки на жировое пятно.
- 3 Испытание образцов пластичной смазки на растворимость в воде.
- 4 Определение температуры каплепадения пластичной смазки.
- 5 Определение пенетрации пластичной смазки.
- 6 Установление марки образцов смазок и их индексных обозначений; определение области применения установленных марок пластичных смазок.
- 7 Оформление отчета о выполненной работе (таблица 2.5).

### 4 АППАРАТУРА, РЕАКТИВЫ, МАТЕРИАЛЫ

- 1 Образцы пластичных смазок – 1 комплект (5 – 8 образцов).
- 2 Фильтровальная бумага размером 50×50 мм – 1 комплект.
- 3 Электроплитка – 2 шт.
- 4 Плакат с эталонами жировых пятен – 1 шт.
- 5 Стеклянные пластинки – 4 шт.
- 6 Металлические тигли для растворения смазки в воде и бензине – 1 комплект.
- 7 Щипцы, лопатка (шпатель) и стеклянные палочки – 1 комплект.
- 8 Прибор для определения температуры каплепадения пластичной смазки – 1 шт.
- 9 Лабораторный стакан (водяная баня) с подогревом – 1 шт.
- 10 Штатив для крепления прибора – 1 шт.
- 11 Стеклянные пробирки – 1 шт.
- 12 Термометр до 100 °С – 1 шт.
- 13 Пенетрометр ЛП – 1 шт.

### 5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

- 1 Определение марки и качества пластичных смазок по внешним признакам (запах, цвет, внешний вид).
  - 1.1 Ознакомиться с образцами пластичных смазок и определить их цвет, запах и однородность по внешним признакам.
  - 1.2 Стеклянной палочкой нанести тонкий слой пластичной смазки (толщиной не более 1 мм) на небольшой участок стеклянной пластинки (площадью не более 1 см<sup>2</sup>). Вторую стеклянную пластинку прижать к первой с нанесенным слоем смазки так, чтобы смазка оказалась между пластинками. В проходящем свете оценить однородность смазки и наличие в ней механических примесей.
- 2 Испытание образца пластичной смазки на жировое пятно.

2.1 Образцы смазок в форме маленьких комочков или шариков диаметром не более 3 – 5 мм нанести на фильтровальную бумагу и осторожно подогреть её над электроплиткой.

2.2 По внешнему виду полученных жировых пятен, сравнивая их с эталонами жировых пятен, сделать вывод о типе применяемых загустителей в образцах пластичных смазок, наличии в них воды.

3 Испытание образцов пластичной смазки на растворимость в воде.

3.1 В два металлических тигля внести стеклянной палочкой примерно по 1 см<sup>3</sup> испытуемого образца пластичной смазки. В тигель добавить четырехкратное количество дистиллированной воды (то есть 4 см<sup>3</sup>).

3.2 Тигель с водой поставить на электроплитку и подогреть до кипения. Растворение загустителя и образование мутного мыльного раствора с плавающим на его поверхности слоем жидкого масла свидетельствует о принадлежности испытуемого образца к натриевым смазкам. Натриевые смазки почти полностью растворяются в кипящей воде.

4 Определение температуры каплепадения пластичной смазки.

4.1 Из гильзы термометра вынуть чашечку (капсюль) и шпателем наполнить его исследуемой смазкой до верхнего среза, следя при этом за тем, чтобы вместе со смазкой в капсюль не попадали пузырьки воздуха. Затем вложить капсюль в гильзу термометра до упора о внутренний буртик. Излишек смазки, выдавленный термометром из гильзы капсюля, удалить бумагой.

4.2 Термометр с капсюлем вставить в пробирку, положив на ее дно кусочек листа бумаги, являющейся фоном для наблюдения. Пробирку закрепить в штативе (8) (рисунок 2.2) в вертикальном положении и поместить в водяную баню, поддерживая скорость подогрева 1 °С в минуту, периодически помешивая жидкость в водяной бане специальной мешалкой (4).

4.3 Вести наблюдение за нижней частью капсюля до момента падения первой капли смазки. Температура, зафиксированная при падении капли, и будет температурой каплепадения исследуемой смазки.

5 Определение пенетрации смазки.

5.1 стакан с подготовленной заранее испытуемой смазкой установить на столик пенетрометра. Поверхность столика должна быть строго горизонтальной. Если ожидаемое значение пенетрации не менее 200, измерение производят в точках, находящихся на половине радиуса окружности стакана, на угловом расстоянии 120 °С друг от друга. Если ожидаемое значение пенетрации будет 200 или выше, то измерения производят в центре окружности стакана. Конус пенетрометра устанавливается так, чтобы наконечник касался поверхности смазки, проверка проводится с помощью зеркального отражения положения конуса. При этом конус не должен касаться стенок стакана.

5.2 Перед каждым испытанием конус тщательно очистить и подготовить поверхность смазки. После установки конуса опускают кремальеру (подвижную зубчатую рейку пенетрометра, перемещающую стрелку индикатора пенетрации) до соприкосновения с плунжером, в котором закреплен хвостовик конуса, и стрелку циферблата выставляют на нуль.

5.3 Пуская секундомер, одновременно нажать пусковую кнопку пенетрометра, давая конусу свободно погрузиться в смазку в течение 5 секунд, после чего опустить кнопку. Затем снова опускает кремальеру до соприкосновения с плунжером. При этом вместе с кремальерой передвигается стрелка, указывающая пенетрацию на циферблате пенетрометра.

5.4 После отсчета показаний на шкале циферблата пенетрометра приподнять кремальеру и плунжер с конусом, тщательно очистить конус от смазки обтирочным материалом, выровнять поверхность смазки и повторить испытания 2–3 раза. Подсчитать среднеарифметическое значение пенетрации.

6 Результаты всех испытаний, проведенных по пункту 5, занести в таблицу 2.5 отчета, зарисовав при этом и жировые пятна смазок. Анализируя полученные данные и технические условия на пластичные смазки [2], укажите марки и индексные обозначения, а также область наиболее эффективного применения этих смазок.

7 Оформить отчет о выполненной работе.

Таблица 2.5 – Основные свойства пластичных смазок

№	Цвет	Запах	Внешний вид	Жировое пятно	Растворимость воды	Температура каплепадения, °С	Число пенетрации, мм <sup>-1</sup>	Загуститель	Марка, условное обозначение	Область применения	Заменитель
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
...											



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Жаров, С. П. Эксплуатационные материалы : учебное пособие / С. П. Жаров, В. Н. Шабуров, О. Г. Вершинина. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2012. – 171 с. – Текст : непосредственный.
- 2 Жаров, С. П. Эксплуатационные материалы. Методические указания и справочные материалы к выполнению лабораторных работ по разделу «Пластичные смазки» / С. П. Жаров, В. Н. Шабуров, А. Л. Бородин. – Курган : Из-во Курганского гос. ун-та, 2012. – 22 с. – Текст : непосредственный.
- 3 ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94). Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости. – Взамен ГОСТ 33 – 82 ; дата введения 2002-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 20 с. – Текст : непосредственный.
- 4 ГОСТ 25371-97 (ИСО 2909-81). Нефтепродукты. Расчет индекса вязкости по кинематической вязкости. – Взамен ГОСТ 25371 – 82 ; дата введения 1997-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 2001. – 8 с. – Текст : непосредственный.
- 5 ГОСТ 17479.1-2015. Масла моторные. Классификация и обозначение. – Взамен ГОСТ 17479.1 – 85 ; дата введения 1977-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2016. – 10 с. – Текст : непосредственный.
- 6 ГОСТ 23258-78. Смазки пластичные. Наименование и обозначение [с Изменениями № 1, 2]. – Дата введения 1979-07-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989. – 6 с. – Текст : непосредственный.
- 7 ГОСТ ISO 12924-2013. Материалы смазочные, промышленные масла и родственные продукты (класс L). Группа X (пластичные смазки). Технические требования. – Дата введения 2015-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 8 с. – Текст : непосредственный.
- 8 ГОСТ 3333-80. Смазка графитная. Технические условия [с Изменениями № 1, 2, 3]. – Дата введения 1981-01-01. – Москва : Изд-во стандартов, 1989. – 4 с. – Текст : непосредственный.
- 9 ГОСТ 21150-2017. Смазки Литол-24. Технические условия (Переиздание). – Взамен ГОСТ 21150 – 87 ; дата введения 2019-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 8 с. – Текст : непосредственный.
- 10 ГОСТ 5346-78 (СТ СЭВ 755-77). Смазки пластичные. Методы определения пенетрации пенетрометром с конусом [с Изменением N 1]. – Дата введения 1997-01-01. – Москва : Стандартинформ, 2006. – 9 с. – Текст : непосредственный.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

ГОСТ 17479.1-2015 Масла моторные. Классификация и обозначение

### МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ МАСЛА МОТОРНЫЕ

Классификация и обозначение  
Motor oils. Classification and designation

(Выдержка)

#### 3 Обозначение моторных масел

Обозначение моторных масел состоит из трех групп знаков:

- первая группа обозначается буквой М (моторное) и не зависит от состава и свойств масла;
- вторая группа обозначается цифрами, характеризующими класс моторного масла по кинематической вязкости, которую определяют по ГОСТ 33.

Примечание: для новых моторных масел при обозначении второй группы знаков, характеризующей класс кинематической вязкости, допускается использовать символы классов в соответствии с зарубежной классификацией;

- третья группа обозначается прописными буквами и указывает на принадлежность масла к группе в зависимости от области его применения.

Примечание: допускается использовать дополнительные буквы и цифры при обозначении третьей группы знаков моторных масел, указывающие на особую область применения.

#### 4 Классы моторных масел

4.1 В зависимости от температурных пределов работоспособности моторные масла подразделяют на летние, зимние и всесезонные.

4.2 Основным эксплуатационным параметром для всех моторных масел является кинематическая вязкость, которую определяют при температурах плюс 100 °С и минус 18 °С.

В зависимости от величины кинематической вязкости моторные масла подразделяют на классы:

- к зимним относят масла классов вязкости 3з, 4з, 5з, 6з, 6, 8;
- к летним относят масла классов вязкости 10, 12, 14, 16, 20, 24;
- к всесезонным относят масла, класс вязкости которых обозначают дробью – 3з/8; 4з/6; 4з/8 и т. д. Цифра в числителе указывает на принадлежность к одному из зимних классов, в знаменателе – к одному из летних классов. Буква «з» указывает на то, что масло содержит загущающую присадку.

4.3 Для каждого класса вязкости моторных масел указаны пределы кинематической вязкости при температуре плюс 100 °С. Кинематическую вязкость при температуре минус 18 °С нормируют для зимних и всесезонных моторных масел.

В таблице А.1 приведены классы вязкости моторных масел и значения кинематической вязкости при температурах плюс 100 °С и минус 18 °С.

Таблица А.1 – Классы вязкости моторных масел

Класс вязкости	Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с (сСт), при температуре	
	плюс 100 °С	минус 18 °С, не более
3з	Не менее 3,8	1250
4з	Не менее 4,1	2600
5з	Не менее 5,6	6000
6з	Не менее 5,6	10400
6	Св. 5,6 до 7,0 включ.	-
8	Св. 7,0 до 9,3 включ.	-
10	Св. 9,3 до 11,5 включ.	-
12	Св. 11,5 до 12,5 включ.	-
14	Св. 12,5 до 14,5 включ.	-
16	Св. 14,5 до 16,3 включ.	-
20	Св. 16,3 до 21,9 включ.	-
24	Св. 21,9 до 26,1 включ.	-
3з/8	Св. 7,0 до 9,3 включ.	1250
4з/6	Св. 5,6 до 7,0 включ.	2600
5з/10	Св. 9,3 до 11,5 включ.	6000
5з/12	Св. 11,5 до 12,5 включ.	6000
5з/14	Св. 12,5 до 14,5 включ.	6000
6з/10	Св. 9,3 до 11,5 включ.	10400
6з/14	Св. 12,5 до 14,5 включ.	10400
6з/16	Св. 14,5 до 16,3 включ.	10400

Примечание: при определении класса моторных масел в соответствии с классификацией SAE J 300:2013 следует использовать таблицу Б.1, приложение Б. Примерное соответствие классов вязкости моторных масел по настоящему стандарту классификации SAE J 300:2013 приведено в таблице Б.2, приложение Б.

## 5 Группы моторных масел

5.1 В зависимости от области применения моторные масла подразделяют на группы А, Б, В, Г, Д, Е, указанные в таблице А.2.

Таблица А.2 – Группы моторных масел

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

Примечание: примерное соответствие классов вязкости моторных масел по настоящему стандарту классификации SAE J 300:2013 приведено в таблице Б.2, приложение Б.

5.2 Индекс «1» присваивают маслам для бензиновых двигателей, индекс «2» – маслам для дизелей.

Универсальные моторные масла, предназначенные для использования как в дизелях, так и в бензиновых двигателях одного уровня форсирования (обозначаемые одинаковой буквой), не имеют индекса в обозначении.

Универсальные моторные масла, принадлежащие к разным группам, должны иметь двойное обозначение, в котором первое характеризует качество масла при применении в дизелях, второе - в бензиновых двигателях.

Примечание: примерное сравнение групп моторных масел по настоящему стандарту с классификацией моторных масел по API приведено в таблице Б.3, приложение Б.

### 5.3 Примеры обозначения моторных масел.

Примеры:

*M-8-B<sub>1</sub>*,

где *M* – моторное масло;

*8* – класс вязкости (см. таблицу А1);

*B* – масло для среднефорсированных бензиновых двигателей.

*M-6<sub>3</sub>/10-B*,

где *M* – моторное масло,

*6<sub>3</sub>/10* – класс вязкости (таблица А.1),

*B* – универсальное масло для среднефорсированных дизельных и бензиновых двигателей.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Таблица Б.1 – Классы вязкости по SAE J300:2013 для моторных масел

Класс вязкости по SAE	Вязкость (примечание 1), мПа·с, при низкой температуре, °С, не более	Предельная температура прокачиваемости (примечание 2), °С, не более	Кинематическая вязкость при 100 °С (примечание 3), мм/с (сСт)	Вязкость при высокой скорости сдвига при 150 °С (примечание 4), мПа·с
0W	6200 при минус 35	Минус 40	Не менее 3,8	-
5W	6600 при минус 30	Минус 35	Не менее 3,8	-
10W	7000 при минус 25	Минус 30	Не менее 4,1	-
15W	7000 при минус 20	Минус 25	Не менее 5,6	-
20W	9500 при минус 15	Минус 20	Не менее 5,6	-
25W	13000 при минус 10	Минус 15	Не менее 9,3	-
16	-	-	Св. 6,1 до 8,2 включ.	2,3
20	-	-	Св. 6,9 до 9,3 включ.	2,6
30	-	-	Св. 9,3 до 12,5 включ.	2,9
40	-	-	Св. 12,5 до 16,3 включ.	3,5 (классы 0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	Св. 12,5 до 16,3 включ.	3,7 (классы 15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	-	-	Св. 16,3 до 21,9 включ.	3,7
60	-	-	Св. 21,9 до 26,1 включ.	3,7

**Примечания**

1 Вязкость определяют по ГОСТ 33111.

2 Предельную температуру прокачиваемости моторных масел определяют по ГОСТ 33155.

3 Кинематическую вязкость определяют по стандарту, используя капиллярный вискозиметр.

4 Рекомендованное значение вязкости при температуре 150 °С и скорости сдвига 10 с, измеренное по стандартам

Таблица Б.2 – Примерное соответствие классов вязкости моторных масел по настоящему стандарту классификации SAE J 300:2013

Класс вязкости по настоящему стандарту (ГОСТ 17479.1-2015)	Класс вязкости по SAE J 300:2013
3з	5W
4з	10W
5з	15W
6з	20W
6	20
8	20
10	30
12	30
14	40
16	40
20	50
24	60
3з/8	5W-20
4з/6	10W-20
4з/8	10W-20
4з/10	10W-30
5з/10	15W-30
5з/12	15W-30
5з/14	15W-40
6з/10	20W-30
6з/14	20W-40
6з/16	20W-40

Таблица Б.3 – Примерное соответствие групп моторных масел по эксплуатационным свойствам по настоящему стандарту классификации по API

Группа масел по настоящему стандарту	Классификация по API
А	SB
Б	SC/CA
Б	SC
Б	CA
В	SD/CB
В	SD
В	CB
Г	SE/CC
Г	SE
Г	CC
Д	CD/SF
Д	SF
Д	CD
Е	CF-4/SG
Е	SG
Е	CF-4
–	SH
–	SJ
–	SM
–	SN
–	CG
–	CH
–	CJ

Примечание: обозначение масел по настоящему стандарту для аналогов моторных масел групп SH, SJ, SM, SN, CG, CH, CI, CJ по классификации API можно определить после определения их эксплуатационных характеристик.



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

(Справочное)

Таблица В.1 – Таблица испытания моторных масел 10W-40

Произв-тель	Лукойл Люкс	Sibi Motor	ТНК Магнум	Mobil Super	Shell Helix	Castrol Magnetec	Zic A+	Mannol Classic	Grom- Ex
Показатели									
Кинематическая вязкость при 100 °С, мм <sup>2</sup> /с	13,12	14,1	13,63	14,92	14,7	14,32	14,45	15,9	12,63
Индекс вязкости	154	153	148	165	167	154	167	160	150
Щелочное число ГОСТ (мгКОН/1г масла)	7	6,39	7,23	7,5	9,5	6,88	6,44	6,5	6,85
Кислотное число, %	2,09	2,07	1,95	2,94	2,15	2,37	1,67	2,36	1,74
Температура застывания, °С	-38	-38	-36	-35	-37	-31	-35	-35	-33
Зольность, %	1	1	1,12	1,25	1,05	0,99	0,84	0,97	1,07
Массовая доля активных элементов									
Кальций	0,246	0,21	0,29	0,245	0,281	0,213	0,185	0,192	0,252
Цинк	0,117	0,132	0,188	0,193	0,104	0,099	0,086	0,163	0,098
Коррозийность на пластинках из свинца, г/м <sup>2</sup>	4	0,6	3,8	2,5	0,15	1,5	0,45	1	3,3
Испаряемость, %	9,1	10,3	10	10,2	6	7,3	6,2	8,4	8,5
Плотность при t = 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	868	875	873	874	870	861	846	861	888
Склонность к пенообразованию, см <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Моющие свойства, балл	1	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Трибологические характеристики на ЧШМ при t = 20 °С									
Критическая нагрузка, Н	1304	1420	1394	1304	1236	1236	1471	1470	1304
Нагрузка сваривания, Н	1961	2450	1961	1961	1961	2324	1961	2450	1961
Диаметр пятна износа, мм	0,54	0,54	0,56	0,56	0,54	0,52	0,5	0,52	0,56

Вершинина Ольга Геннадьевна  
Жаров Сергей Петрович  
Шабуров Виктор Николаевич

**Эксплуатационные материалы**  
Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
по теме «Смазочные материалы»  
для студентов направлений 23.03.03, 23.05.01

Редактор А. С. Темирова

---

Подписано в печать 00.00.00	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/м <sup>2</sup>
Печать цифровая	Усл. печ. л. 2,63	Уч.- изд. л. 2,63
Заказ № 00	Тираж 50	

---

Библиотечно-издательский центр КГУ.  
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.  
Курганский государственный университет.