



Обозначение D 446 – 06



Обозначение 71/2/95

СТАНДАРТНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ИНСТРУКЦИИ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ СТЕКЛЯННЫХ КАПИЛЛЯРНЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ВИСКОЗИМЕТРОВ

STANDARD SPECIFICATIONS AND OPERATING INSTRUCTIONS FOR GLASS CAPILLARY KINEMATIC VISCOMETERS

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО

**Федеральное агентство
по техническому регулированию
и метрологии**

ФГУ «КВФ «ИНТЕРСТАНДАРТ»

Номер регистрации: 0667-07/ASTM

Дата регистрации: 06.02.2007

Москва

2006 год

Этот перевод осуществлен Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (ФГУ «КВФ «Интерстандарт») по лицензии Американского общества по материалам и их испытаниям (ASTM) 100 Батт Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. ASTM не утверждает и не подтверждает эти переводы, и в любых случаях только английская версия, опубликованная со знаком копирайта ASTM, может рассматриваться как оригинальная версия. Воспроизведение указанных переводов любой стороной, кроме ASTM или Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (ФГУ «КВФ «Интерстандарт») строго запрещено по законодательству США и международному авторскому праву.

This translation has been made by Federal agency on technical regulating and metrology (Interstandard) under license from the American Society for Testing and Materials (ASTM), 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. ASTM has neither approved nor endorsed this translation, and in all cases only the English edition as published and copyrighted by ASTM shall be considered as the official version. Reproduction of this translation by parties other than Federal agency on technical regulating and metrology of Russia (Interstandard) or ASTM is strictly forbidden under U.S. and international copyright laws.

**Федеральное государственное учреждение
Консультационно-внедренческая фирма в области
международной стандартизации и сертификации
ФГУ «КВФ «ИНТЕРСТАНДАРТ»
Ленинский проспект, д. 9,
Москва, В - 49, ГСП-1, 119991
Тел.: (495) 236-54-49, 236-43-83
Факс: (495) 230-13-72
E-mail: interst@gost.ru
Web: www.interstandart.ru**

**Обозначение D 446 – 06****Обозначение 71/2/95**

Стандартные технические условия и инструкции по эксплуатации стеклянных капиллярных кинематических вискозиметров¹

Данный стандарт выпущен под постоянным обозначением D 446; число, непосредственно идущее после этого обозначения, указывает на год первоначального принятия стандарта или, в случае его пересмотра, год последнего пересмотра. Число в круглых скобках указывает год последнего переутверждения. Надстрочный индекс ϵ (эпсилон) указывает редакционные изменения после последнего пересмотра или переутверждения.

Данный стандарт утвержден для применения агентствами Министерства обороны США

1. Общие сведения*

1.1 Данные технические условия распространяются на инструкции по эксплуатации стеклянных капиллярных кинематических вискозиметров всех типов, детально описанных в Приложениях A1, A2 и A3 в следующем порядке:

Модифицированные вискозиметры Оствальда (Приложение 1), вискозиметры с подвешенным уровнем (Приложение 2), противоточные вискозиметры (Приложение 3)

¹ Данный метод испытаний находится в ведении Комитета D02 ASTM по проблеме нефтепродуктов и смазочных материалов, а ответственность за нее лежит на Подкомитете D02.03 по реологическим свойствам жидкостей.

Данная редакция документа утверждена 15 мая 2006 г., опубликована в июне 2006 г. Первоначально был утвержден в 1966 г. как документ D 2515-66. Переименован в документ D 446 в 1977 г., в последней редакции утвержден в 2004 г. как документ D 446-04.

***Сводка внесенных изменений приведена в конце данного стандарта.**

1.2 Калибровка вискозиметров описана в разделе 6.

1.3 Данный стандарт распространяется на наиболее широко используемые типы вискозиметров, пригодных к применению в соответствии с методом испытаний D 445. Могут использоваться и другие стеклянные вискозиметры капиллярного типа, способные измерять кинематическую вязкость в пределах точности, установленных в методе испытаний D 445.

1.4 Все значения величин выражаются в системе единиц СИ и рассматриваются как стандартные. Никакие другие единицы в данном стандарте не используются.

2. Ссылочные документы

2.1 ASTM-стандарты:²

D 445 Метод испытаний для измерения кинематической вязкости прозрачных и непрозрачных жидкостей (с расчетом динамической вязкости).

D 2162 Методика стандартной калибровки контрольных вискозиметров и стандартных масел, предназначенных для контроля вязкости.

2.2 Документы ISO:³

ISO 3104 Нефтепродукты — Прозрачные и непрозрачные жидкости - Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости.

ISO 3105 Стеклянные капиллярные кинематические вискозиметры — Технические условия и инструкции по эксплуатации.

ISO 25 - Руководящий документ - Общие требования к калибровке и испытательным лабораториям.

² Для ознакомления со стандартами ASTM посетите веб-сайт ASTM www.astm.org или обратитесь в клиентскую службу ASTM по электронному адресу service@astm.org. Для получения сведений о выпусках Ежегодника ASTM-стандартов обращайтесь к стандартной страничке с перечнем документов указанного веб-сайта.

³ Можно получить в Американском национальном институте стандартов (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036.

3. Материалы и изготовление

3.1 Для изготовления всех вискозиметров должно использоваться полностью прокаленное боросиликатное стекло с малым коэффициентом расширения. На каждом вискозиметре должны указываться калибр, серийный номер и маркировка изготовителя. Все отметки на вискозиметре должны быть вытравлены и заполнены непрозрачной краской, в противном случае отметки должны выполняться на неподвижной части вискозиметра (см. подробное описание каждого типа вискозиметра в Приложениях A1, A2 и A3).

3.2 За исключением вискозиметра ФитцСимонса и вискозиметра марки Atlantic, все остальные вискозиметры сконструированы для подсоединения к отверстию диаметром 51 мм в крышке термостатической ванны, заполненной жидкостью до глубины по крайней мере 280 мм. При этом предполагается, что поверхность жидкости будет находиться на расстоянии не более 45 мм от верхней крышки этой ванны. Для некоторых термостатических ванн, в особенности, работающих при низких или высоких температурах, может понадобиться вискозиметр с верхними трубками, более длинными, чем это показано, для обеспечения требуемого погружения в термостатическую ванну. Модифицированные таким образом вискозиметры могут использоваться для измерения кинематической вязкости в пределах точности измерений данным методом. Длина трубок и сосудов, показанных на рисунках, должны выбираться с точностью $\pm 10\%$ или ± 10 мм (в зависимости от того, что меньше) с тем, чтобы калибровочная постоянная вискозиметра не отличалась более чем на $\pm 15\%$ от номинального значения.

4. Перечень рисунков

4.1 Рисунки, приведенные в Приложении, содержат буквы для обозначения определенных частей каждого вискозиметра. Эти буквы также используются в тексте данного стандарта для ссылки на данный вискозиметр. Наиболее часто

используемые буквы на рисунках в Приложении таковы:

A	Нижний резервуар
B	Подвешенный уровень
Сосуды:	
C и J	Распределительные сосуды
D	Верхний резервуар
E, F и I	Сосуды с отметками
G и H	Сосуды с отметками уровня наполнения
Трубки:	
K	Переливная трубка
L	Опорная трубка
M	Нижняя вентиляционная трубка
N	Верхняя вентиляционная трубка
P	Соединительная трубка
R	Рабочая капиллярная трубка

5. Держатель вискозиметра и его регулировка

5.1 Все вискозиметры, имеющие верхний мениск непосредственно над нижним мениском (см. вискозиметр Кеннон-Фенске в Приложении A1 и все вискозиметры – в Приложении A2), должны монтироваться в термостатической ванне вместе с трубкой L, установленной под углом 1° относительно вертикали, выставленной с помощью грузика-отвеса или любого другого измерительного устройства с идентичной точностью. Ряд серийно выпускаемых держателей сконструирован таким образом, что трубка L устанавливается перпендикулярно крышке термостатической ванны; несмотря на это, для гарантии вертикального положения трубки L вискозиметр должен проверяться с помощью шнура отвеса.

5.1.1 Те вискозиметры, у которых верхний мениск смещен относительно нижнего мениска (все прочие типы вискозиметров – см. Приложение A1 и все вискозиметры в Приложении A3), должны монтироваться в термостатической ванне вместе с трубкой L, отклоненной на угол 0.3° от вертикали.

5.2 Круглые металлические верхние части, спроектированные для сочленения сверху с отверстием диаметром 51 мм в крышке ванны, часто крепятся цементным компаундом к горизонтальным трубкам вискозиметров Цайтфуша и Ланца-Цайтфуша, которые затем жестко монтируются на крышке ванны. При этом прямоугольные металлические верхние части (25×59 мм) часто крепятся цементным компаундом к горизонтальной трубке вискозиметра Цайтфуша. Вискозиметры, соединяемые металлическими верхними частями, также должны устанавливаться в вертикальное положение в термостатической ванне с помощью линии отвеса.

5.3 На каждом рисунке числа, указываемые после обозначения трубки, относятся к внешнему диаметру трубки (в мм). Важно придерживаться этих диаметров и обозначенных расстояний для обеспечения взаимозаменяемости держателей.

6. Калибровка вискозиметров

6.1 Процедуры:

6.1.1 Калибруйте стеклянные капиллярные кинематические вискозиметры, подпадающие под действие данного стандарта, с помощью процедур, описанных в Приложениях A1, A2 и A3.

6.2 Эталонные вискозиметры:

6.2.1 Выберите прозрачное нефтяное масло, не содержащее твердых частиц и обладающее свойствами ньютоновской жидкости, с кинематической вязкостью в диапазонах, в которых работает как эталонный, так и калибруемый вискозиметр. Минимальное время протекания должно быть больше указанного в соответствующей таблице Приложения как для эталонного, так и калибруемого вискозиметра, для того, чтобы поправки на кинетическую энергию (см. п.п. 7.1 и 7.2) могли быть менее 0,2 %.

6.2.2 Выберите калибуемый вискозиметр с известной константой C_1 , которым может быть и эталонный вискозиметр (с высотой столба жидкости по

крайней мере 400 мм), который калибруется поэтапно с использованием вискозиметра с существенно большим диаметром капилляра, начиная с дистиллированной воды, используемой в качестве базового стандарта кинематической вязкости, или стандартного вискозиметра того же типа, который будет калиброваться путем сравнения с эталонным вискозиметром (см. метод D 2162).

6.2.3 Смонтируйте откалиброванный вискозиметр вместе с калибруемым вискозиметром в одной и той же ванне и определите времена протекания масла в соответствии с методом испытаний D 445.

6.2.3.1 Калибровка эталонного вискозиметра должна производиться только в авторитетной лаборатории, удовлетворяющей требованиям, например, руководящих материалов ISO 25.

6.2.4 Расчитайте константу вискозиметра C_1 по следующей формуле:

$$C_1 = (t_2 \times C_2)/t_1 \quad (1)$$

где:

C_1 постоянная вискозиметра, подлежащего калибровке,

t_1 время протекания жидкости (с округлением в 0,1 с) в вискозиметре, подлежащего калибровке,

C_2 постоянная откалиброванного вискозиметра, и

t_2 время протекания (с округлением в 0,1 с) в откалиброванном В.

6.2.5 Повторите операции по п.п. 6.2.1-6.2.3 с использованием второго масла, чье время протекания по крайней мере на 50 % больше, чем у первого масла. Если два значения C_1 будут отличаться друг от друга менее чем на 0,2 % для вискозиметров, перечисленных в Приложениях 1 и 2, и менее 0,3 % для вискозиметров, перечисленных Приложении 3, то используйте их для усреднения. Если эти константы будут отличаться друг от друга более указанных выше величин, то повторите процедуру измерений, принимая во внимание все возможные источники погрешностей.

6.2.5.1 Калибровочная постоянная C зависит от ускорения силы тяжести в месте калибровки и поэтому она должна предоставляться лабораторией по стандартизации вместе с постоянной прибора. В тех случаях, когда ускорение силы тяжести g будет отличаться более чем на 0,1 %, произведите корректировку калибровочной постоянной с помощью следующей формулы:

$$C_2 = (g_2/g_1) \times C_1 \quad (2)$$

где индексы 1 и 2 указывают на принадлежность значений к лаборатории по стандартизации и испытательной лаборатории, соответственно.

6.3 Масляные стандарты вязкости:

6.3.1 Масляные стандарты кинематической вязкости⁴ поставляются с ориентировочными значениями кинематической вязкости, указанными в таблице 1. Аттестованные значения кинематической вязкости устанавливаются в ходе межлабораторных испытаний и предоставляются при каждой поставке.

6.3.2 Выберите из таблицы 1 масляный стандарт вязкости с требуемой кинематической вязкостью при температуре калибровки и в пределах диапазона калибровки вискозиметра и минимальном времени протекания, превышающем указанного в соответствующей таблице Приложения. Определите время протекания (с округлением 0,1 с) в соответствии с методом испытания D 445, и рассчитайте постоянную V по следующей формуле:

$$C = v/t \quad (3)$$

где:

v кинематическая вязкость стандартной жидкости, мм²/сек, и
 t время протекания, с.

6.3.3 Повторите вышеперечисленные операции над вторым масляным стандартом, чье время протекания по крайней мере на 50 % больше, чем у первого

⁴ Масляные ASTM - стандарты вязкости, перечисленные в таблице 1, можно получать в контейнерах емкостью в 1 пинту. Заказы на поставку должны направляться в компанию Cannon Instrument Co., P.O. Box 16, State College, PA 16804-0016. Отправка контейнеров будет выполняться в соответствии со спецификацией или любым удобным способом.

масляного стандарта. Если два значения C будут отличаться друг от друга менее чем на 0.2 % для вискозиметров, перечисленных в Приложениях 1 и 2, и менее 0.3 % для вискозиметров, перечисленных в Приложении 3, то используйте усредненное значение как постоянную вискозиметра, подлежащего калибровке. Если эти константы будут отличаться друг от друга на более чем указанные выше величины, то повторите процедуру, принимая во внимание все возможные источники погрешностей.

ТАБЛИЦА 1. Приближенные значения ASTM – стандартов вязкости

Стандарт вязкости, удовлетворяющий ASTM- стандартам ^A	Приближенные значения кинематической вязкости, мм ² /сек					
	При -40°C	При 20°C	При 25°C	При 40°C ^B	При 50°C	При 100°C ^B
S3	80	4,6	4,0	2,9	...	1,2
S6	...	11	8,9	5,7	...	1,8
S20	...	44	34	18	...	3,9
S60	...	170	120	54	...	7,2
S200	...	640	450	180	...	17
S600	...	2400	1600	520	280	32
S2000	...	8700	5600	1700	...	75
S8000	...	37 000	23 000	6700	...	...
S30000	...	...	81 000	23 000	11 000	...

^A Реальные значения для указанных выше стандартов устанавливаются и ежегодно подтверждаются в ходе межлабораторных испытаний. В 1991 г. испытания проводились с использованием 15 вискозиметров различных типов в 23 лабораториях 14 стран.

^B Ранее поставлялись стандарты при температурах 37,78°C и 98,89°C, однако они могут быть прекращены при снижении потребности.

6.4 Форма указания постоянной вискозиметра:

6.4.1 Указывайте в протоколе испытаний постоянную вискозиметра с округлением 0.1 %, что в общем случае означает наличие четырех значащих цифр от 1×10^N до $6,999 \times 10^N$ и трех значащих цифр - от 7×10^N до $9,99 \times 10^N$.

7. Расчет кинематической вязкости

7.1 Основная формула:

7.1.1 Кинематическая вязкость (в мм²/сек) может выражаться через размеры вискозиметра по следующей формуле:

$$\nu = (10^6 \pi g D^4 H t / 128 V L) - E / t^2 \quad (4)$$

где:

- ν кинематическая вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$,
- g ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$,
- D диаметр капилляра, м,
- L длина капилляра, м,
- H среднее расстояние между верхним и нижним менисками, м,
- V рассчитанный по времени объем жидкости, проходящей через капилляр, м^3 (приблизительно равный объему распределительного сосуда),
- E индекс кинетической энергии, $\text{мм}^2 \cdot \text{с}$, и
- T время протекания, с.

7.1.2 Если выбран такой вискозиметр, у которого превышено минимальное время протекания, указанное в таблице Приложений 1, 2 и 3, то член E/t^2 , ответственный за кинетическую энергию, становится незначительным, и поэтому выражение (4) может быть упрощено путем группирования неизменных членов в постоянную C следующим образом:

$$\nu = C \cdot t \quad (5)$$

7.2 Коррекция на кинетическую энергию:

7.2.1 Вискозиметры, описанные в Приложениях 1, 2 и 3 спроектированы таким образом, чтобы поправочный член на кинетическую энергию E/t^2 был малым при времени протекания более 200 с. В случае применения вискозиметров с несколькими размерами (для измерений жидкостей с низкими кинематическими вязкостями) минимальное время протекания должно быть более 200 с, чтобы поправочный член на кинетическую энергию E/t^2 мог считаться незначительным. Требуемые минимальные времена протекания указаны в сносках к соответствующим таблицам размеров вискозиметров, приведенных в Приложениях 1, 2 и 3.

7.2.2 Для вискозиметров, чьи константы составляют не более $0,05 \text{ мм}^2/\text{с}^2$, коррекция на кинетическую энергию будет существенна, если не наблюдается

время протекания менее 200 с. Где это невозможно, формула (5) принимает следующий вид:

$$\text{Кинематическая вязкость, мм}^2/\text{с} = Ct - E/t^2 \quad (6)$$

где:

E - индекс кинетической энергии, мм²×с,

C - постоянная вискозиметра, мм²/с²,

T - время протекания, с.

7.2.3 Хотя индекс кинетической энергии E не является постоянным, его можно аппроксимировать с помощью следующего соотношения:

$$E = 52,5 V^{3/2} / L (Cd)^{1/2} \quad (7)$$

где:

(с использованием единиц, приведенных на рисунках A1.1-A3.4)

V - объем распределительного сосуда, мл,

L - рабочая длина капилляра, мм,

D - рабочий диаметр капилляра, мм,

C - постоянная вискозиметра, мм²/с².

ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Индекс кинетической энергии для некоторых конструкций вискозиметров и используемых времен протекания может приводить к существенным погрешностям измерения кинематической вязкости. Определите влияние индекса кинематической энергии для вискозиметров, не описанных в данных технических условиях.

7.3 Максимальное время протекания:

7.3.1 В качестве рекомендуемого максимального времени протекания для вискозиметра в рамках данного стандарта устанавливается произвольный предел в 1000 с, однако могут использоваться и большие времена протекания.

7.4 Коррекция на поверхностное натяжение:

7.4.1 Если два мениска во время протекания жидкости обладают различными средними диаметрами и если поверхностное натяжение образца существенно отличается от существующего у калибровочной жидкости, то требуется коррекция результатов на поверхностное натяжение. Скорректированное значение постоянной

C (C_2) приближенно задается с помощью следующей формулы:

$$C_2 = C_1[1 + (2/g h)(1/r_u - 1/r_l) \cdot (\gamma_1/p_1 - \gamma_2/p_2)] \quad (8)$$

где:

- g ускорение силы тяжести, м/с²,
- h средняя высота столба жидкости, м,
- r_u средний радиус верхнего мениска, м,
- r_l средний радиус нижнего мениска, м,
- γ коэффициент поверхностного натяжения, Н/м, и
- ρ плотность, кг/м³.

Индексы 1 и 2 относятся к значениям, относящимся к калибровочной жидкости и испытываемому образцу, соответственно.

7.4.2 Для проведения коррекции в ряде вискозиметров предусмотрены средства для минимизации коррекции на поверхностное натяжение. Наиболее часто встречающаяся коррекция вискозиметра – это его калибровка по воде, которая используется для масла. В общем случае вискозиметры используются и калибруются по тем углеводородам, чье поверхностное натяжение достаточно близко для подобных коррекций.

7.5 Влияние температуры:

7.5.1 Постоянная вискозиметра C не зависит от температуры для всех тех вискозиметров, которые имеют объем образца, отрегулированный при температуре ванны, а также в случае использования всех вискозиметров с подвешенным уровнем.

7.5.2 Следующие вискозиметры с фиксированным объемом и заполняемые при температуре окружающей среды, имеют постоянную вискозиметра C , которая изменяется с изменением температуры: стандартные вискозиметры Кеннона-Фенске, вискозиметр Пинкевича, полумикровискозиметр Кеннона-Маннинга и вискозиметр Кеннона-Фенске для измерения непрозрачных жидкостей.

7.5.3 Для расчета постоянной вискозиметра при температурах, отличающихся от используемой при калибровке стандартного вискозиметра Кеннона-Фенске,

вискозиметра Пинкевича, полумикровискозиметра Кеннона-Маннинга, можно использовать следующую формулу:

$$C_2 = C_1[1 + (4000V(\rho_2 - \rho_1))/\pi D^2 h \rho_2] \quad (9)$$

где:

C_1 постоянная В при его заполнении и калибровке при той же температуре,

V объем дозы образца, мл,

D средний диаметр мениска в нижнем резервуаре в вискозиметрах Кеннона-Фенске и Пинкевича, и в полумикровискозиметре Кеннона-Маннинга, а также в верхнем резервуаре вискозиметра Кеннона-Фенске для непрозрачных жидкостей, мм,

h средняя высота столба жидкости, мм,

ρ_1 плотность испытуемой жидкости при температуре заполнения, $\text{кг/м}^3 \times 10^{-3}$, и

ρ_2 плотность испытуемой жидкости при температуре испытаний, $\text{кг/м}^3 \times 10^{-3}$.

7.5.4 Зависимость постоянной C от температуры в вискозиметре Кеннона-Фенске для измерения непрозрачных жидкостей (противоточного типа) выражается следующей формулой:

$$C_2 = C_1[1 - (4000V(\rho_2 - \rho_1))/\pi D^2 h \rho_2] \quad (9)$$

8. Ключевые слова

8.1 кинематическая вязкость; вискозиметр; вязкость

ПРИЛОЖЕНИЯ (обязательные)

A1. МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ВИСКОЗИМЕТРЫ ОСТВАЛЬДА

A1.1 Общие сведения

A 1.1.1 Следующие вискозиметры модифицированного оствальского типа для непрозрачных жидкостей соответствуют основной конструкции вискозиметра Оствальда, однако были модифицированы для обеспечения постоянства свойств испытуемой порции в вискозиметре, как это указано в п. п. A 1.1.2 и A1.1.3 Приложения.

A 1.1.2 Указанные вискозиметры используются для измерения кинематической вязкости прозрачных ньютоновских жидкостей до вязкостей 20000 мм²/с.

A1.1.3 Для модифицированных вискозиметров Оствальда подробные чертежи, размеры, номинальные константы, диапазон кинематических вязкостей, диаметр капилляра и объемы сосудов для каждого типа вискозиметра указаны на рисунках A1.1-A1.7.

A1.1.3.1 Постоянный объем при температуре заполнения:

- (1) Стандартный вискозиметр Кеннона-Фенске
- (2) Полумикровискозиметр Кеннона-Маннинга
- (3) Вискозиметр Пинкевича

A1.1.3.2 Постоянный объем при температуре испытаний:

- (1) Вискозиметр Цайтфуша⁵
- (2) SIL - вискозиметр
- (3) Вискозиметр типа BS с U-образной трубкой
- (4) Миниатюрный вискозиметр типа BS с U-образной трубкой

A1.2 Инструкции по эксплуатации

A1.2.1 Стандартная рабочая процедура, применимая для всех стеклянных

⁵ Zeitfuchs (Цайтфуш) – это торговая марка компании Cannon Instrument Co., P. O. Box 16, State College, PA 16804-0016.

капиллярных кинематических вискозиметров, описана в методе испытаний D445. Инструкции по эксплуатации модифицированных вискозиметров Оствальда приведены в п. п. A1.2.2-A1.2.7 Приложения, с особым вниманием к процедурам, специфичным для определенной группы вискозиметров.

ПРИМЕЧАНИЕ A1.1 — Методы ISO 3104 и 3105 соответствуют методам испытаний D 445 и D 446, соответственно.

A1.2.2 Выберите чистый, сухой и откалиброванный вискозиметр, обладающий временем протекания более 200 с или с минимальным размером, указанным в таблице размеров (в зависимости от того, что больше).

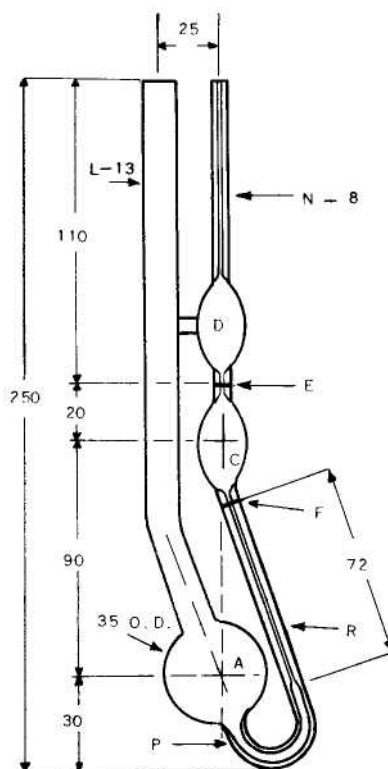
A1.2.3 Залейте вискозиметр способом, определяемым конструкцией прибора и его работой при условиях, которые использовались при его калибровке. Если ожидается или известно о том, что образец содержит волокна или твердые частицы, то необходимо использовать перед заливкой (или в ее процессе) фильтр с ячеистостью 75 мкм.

ПРИМЕЧАНИЕ A1.2 — Для минимизации возможности прохождения частиц через фильтр рекомендуется поддерживать минимальный период между фильтрацией и заливкой образца.

A1.2.3.1 Для заливки стандартного вискозиметра Кеннона-Фенске, полумикровискозиметра Кеннона-Маннинга и вискозиметра Пинкевича следует перевернуть вискозиметр и создать разрежение в трубке L (вискозиметр Пинкевича имеет боковой отвод O, в котором создается разрежение, с отростком к трубке L, используемым для контроля протекания жидкости) с трубкой N, погруженной в жидкий образец. Подведите уровень образца к отметке F в стандартном вискозиметре Кеннона-Фенске и вискозиметре Пинкевича, а также до отметки заполнения G в полумикровискозиметре Кеннона-Маннинга. Смонтируйте вискозиметр в крайне правом положении в термостабильной ванне, поддерживая трубку L в вертикальном положении.

A1.2.3.2 Смонтируйте вискозиметр Цайтфуша в термостабильной ванне, поддерживая трубку L в вертикальном положении. Залейте образец через трубку L до отметки заполнения G. Дайте в течение 15 мин возможность образцу достичь

температуры ванны и освободиться от пузырьков воздуха. Подсоедините магистраль откачки к трубке К с помощью запорного крана и ловушки. Медленно подводите уровень образца в распределительном сосуде путем частичного открытия запорного крана в магистрали откачки и частичного закрытия пальцем трубки N. Дайте возможность избыточной жидкости перетечь в сосуд D и через трубку К – в ловушку в магистрали откачки. Как только уровень жидкости в трубке L достигнет точки, превышающей на 2 – 5 мм отметку заполнения H, зафиксируйте ее в этой точке путем попеременного открывания/закрывания пальцем трубки N, соединяющей вискозиметр с атмосферой на время, указанное в таблице A 1.1 и показывающее время, необходимое для спуска образца через стенки трубки L.



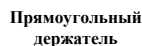
ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Все размеры даны в миллиметрах.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 — Только для калибра 25: прямой капилляр *N* распространяется между сосуда *D* и *C* на расстояние 10 мм ниже сосуда *C*; установочная метка *F* нанесена по окружности этого капилляра.

Калибр	Номинальная постоянная вискозиметра (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (±2 %)	Внутренний диаметр трубок N, E и P, мм	Объем сосуда, мл (±5 %)	
					D	C
25	0,002	от 0,5 ^A до 2	0,30	2,6 to 3,0	3,1	1,6
50	0,004	от 0,8 до 4	0,44	2,6 to 3,0	3,1	3,1
75	0,008	от 1,6 до 8	0,54	2,6 to 3,2	3,1	3,1
100	0,015	от 3 до 15	0,63	2,8 to 3,6	3,1	3,1
150	0,035	от 7 до 35	0,78	2,8 to 3,6	3,1	3,1
200	0,1	от 20 до 100	1,01	2,8 to 3,6	3,1	3,1
300	0,25	от 50 до 250	1,27	2,8 to 3,6	3,1	3,1
350	0,5	от 100 до 500	1,52	3,0 to 3,8	3,1	3,1
400	1,2	от 240 до 1 200	1,92	3,0 to 3,8	3,1	3,1
450	2,5	от 500 до 2 500	2,35	3,5 to 4,2	3,1	3,1
500	8	от 1 600 до 8 000	3,20	3,7 to 4,2	3,1	3,1
600	20	от 4 000 до 20 000	4,20	4,4 to 5,0	4,3	3,1

^A Минимальное время протекания 250 с; минимальное время протекания 200 с для всех остальных калибров.

РИСУНОК A1.1. Стандартный вискозиметр Кеннона-Фенске для измерения прозрачных жидкостей



^A Минимальное время протекания 200 с для всех калибров.

Copyright ASTM International
 Provided by IHS under license with ASTM
 No reproduction or networking permitted without license from IHS

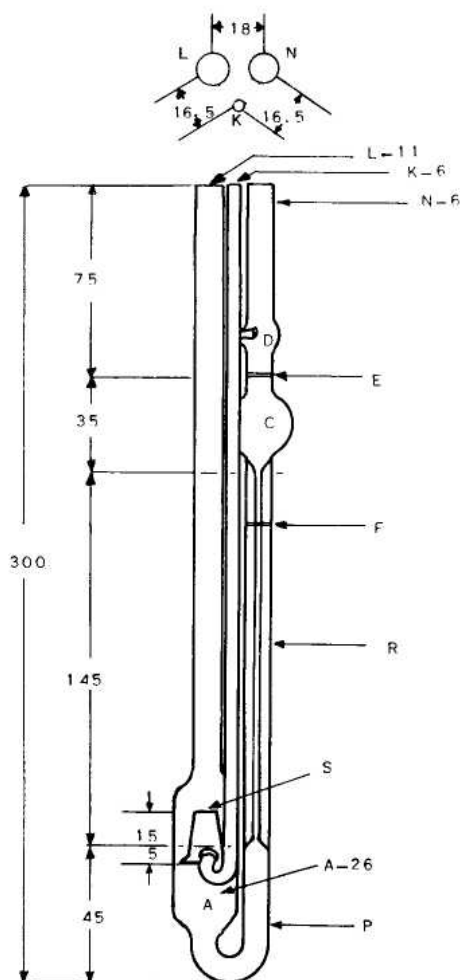
(1) Отрегулируйте рабочий объем путем подведения мениска к нижней части столба жидкости, в точности к отметке заполнения Н, убедившись в полном заполнении жидкостью вискозиметра между отметкой Н и кончиком переточной трубки в сосуде D; после окончательной регулировки рабочего объема отнимите палец или отсоедините вискозиметр от магистрали откачки. Окончательную регулировку можно производить путем отсоединения откачки и создания давления в восходящей трубке L с помощью резиновой груши.

A1.2.3.3 Залейте SIL - вискозиметр путем его наклона на угол порядка 30° относительно вертикали, при положении сосуда A ниже капилляра R. Введите достаточное количество образца через трубку L в сосуд A для полного заполнения и перелива части образца в продольный канал. Возвратите вискозиметр в вертикальное положение и смонтируйте его в термостатической ванне так, чтобы трубка находилась в вертикальном положении. Количество заливаемого образца должно быть таким, чтобы его уровень в нижнем резервуаре находился на 3 – 14 мм выше отверстия S. Образец будет при этом подниматься в капилляре R несколько выше отверстия S. После достижения термодинамического равновесия удалите избыточное количество образца из продольного канала путем откачки через трубку K.

A1.2.3.4 Смонтируйте вискозиметр типа BS с U-образной трубкой или миниатюрный вискозиметр типа BS/U/M в термостатической ванне, поддерживая трубку L в вертикальном положении. С помощью длинной пипетки (при минимальном смачивании трубки L выше отметки заполнения G) заполните сосуд A с небольшим запасом. После выдержки образца с целью достижения термодинамического равновесия с температурой ванны отрегулируйте объем образца путем приведения уровня жидкости к отметке заполнения G (с точностью 0,2 мм), откачивая образец пипеткой.

A1.2.4 Дайте возможность заполненному вискозиметру оставаться в ванне достаточно долго для достижения им температуры испытаний. Поскольку это время может быть различным для различных типов приборов, температур и

кинематических вязкостей, то следует устанавливать время достижения равновесия опытным путем (достаточным должно быть время порядка 30 мин, за исключением образцов с наивысшими кинематическими вязкостями). Одна ванна часто используется для установки нескольких вискозиметров. Никогда дополнительно не устанавливайте и не удаляйте вискозиметр в процессе измерений времен протекания у других установленных вискозиметров.



ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Все размеры даны в миллиметрах.

Калибр	Номиналь-ная постоянная вискозиметра (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диа- метр трубки R, мм (±2 %)	Внутренний диа- метр трубок E и P, мм	Объем сосуда C, мл (±5 %)
0C	0,003	от 0,6 до 3	0,41	от 4,5 до 5,5	3,0
1	0,01	от 2,0 до 10	0,61	от 4,5 до 5,5	4,0
1C	0,03	от 6 до 30	0,73	от 4,5 до 5,5	4,0
2	0,1	от 20 до 100	1,14	от 4,5 до 5,5	5,0
2C	0,3	от 60 до 300	1,50	от 4,5 до 5,5	5,0
3	1,0	от 200 до 1 000	2,03	от 4,5 до 5,5	5,0
3C	3,0	от 600 до 3 000	2,68	от 4,5 до 5,5	5,0
4	10,0	от 2 000 до 10 000	3,61	от 4,5 до 5,5	5,0

^A Минимальное время протекания 200 с для всех калибров.

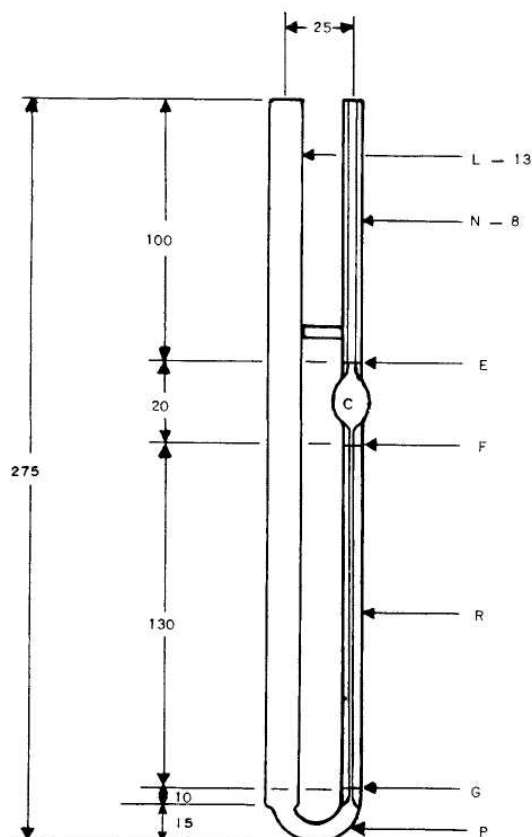
РИСУНОК A1.3. SIU - вискозиметр для измерения прозрачных жидкостей

A1.2.5 Создайте разрежение (или избыточное давление, если образец содержит летучие компоненты) для закачки образца в сосуд С до уровня, находящегося примерно на 5 мм выше верхней установочной отметки Е. Снимите разрежение и позвольте образцу стечь самотеком.

A1.2.6 Измерьте с точностью 0,1 с время, необходимое для прохождения передним краем мениска расстояния между установочными отметками Е и F. Если это время протекания оказывается меньше минимального времени протекания, определенного для данного вискозиметра, то выберите вискозиметр с меньшим диаметром капилляра и повторите операции по п.п. A1.2.3-A1.2.6.

A1.2.7 Повторите операции по п.п. A1.2.5 - A1.2.6, выполняя дублирующие измерения времен протекания. Если результаты двух измерений согласуются в пределах определмости, задаваемых методом испытаний D 445 для измеряемых продуктов, то для расчета кинематической вязкости используйте усреднение.

A1.2.8 Тщательно очистите вискозиметр путем нескольких промывок соответствующим растворителем, полностью совместимым с образцом, с последующим ополаскиванием его полностью улетучивающимся растворителем. Просушите вискозиметр путем пропускания через него медленного потока сухого профильтрованного воздуха в течение 2 мин (или до полного удаления последних следов растворителя). Не рекомендуется использовать очищающие щелочные растворы, поскольку они могут оказывать влияние на результаты калибровки вискозиметров.

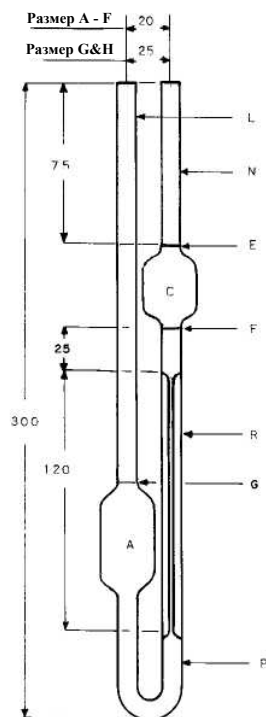


ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Все размеры даны в миллиметрах.

Калибр	Номиналь- ная посто- янная виско- зиметра (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (±2 %)	Внутренний диаметр трубок		Объем сосуда C, мл (±5 %)
				N и F, мм	P, мм	
25	0,002	от 0,4 до 2,0	0,22 ± 0,01	от 11,0 до 1,2	от 0,4 до 0,7	0,31
50	0,004	от 0,8 до 4	0,26 ± 0,01	от 11,0 до 1,2	от 0,5 до 0,8	0,31
75	0,008	от 1,6 до 8	0,31 ± 0,01	от 1,1 до 1,3	от 0,6 до 0,8	0,31
100	0,015	от 3 до 15	0,36 ± 0,02	от 1,2 до 1,4	от 0,7 до 0,9	0,31
150	0,035	от 7 до 35	0,47 ± 0,02	от 1,2 до 1,4	от 0,8 до 1,0	0,31
200	0,1	от 20 до 100	0,61 ± 0,02	от 1,4 до 1,7	от 0,9 до 1,2	0,31
300	0,25	от 50 до 250	0,76 ± 0,02	от 1,5 до 1,8	от 1,2 до 1,6	0,31
350	0,5	от 100 до 500	0,90 ± 0,03	от 1,8 до 2,2	от 1,5 до 1,8	0,31
400	1,2	от 240 до 1200	1,13 ± 0,03	от 2,0 до 2,4	от 1,6 до 2,0	0,31
450	2,5	от 500 до 2 500	1,40 ± 0,04	от 2,2 до 2,6	от 2,0 до 2,5	0,31
500	8	от 1 600 до 8 000	1,85 ± 0,05	от 2,5 до 2,8	от 2,5 до 2,8	0,31
600	20	от 4 000 до 20 000	2,35 ± 0,05	от 3,0 до 3,4	от 2,7 до 3,0	0,31

^A Минимальное время протекания 200 с для всех калибров.

РИСУНОК A1.4. Полумикровискозиметр Кеннона-Маннинга для измерения прозрачных жидкостей



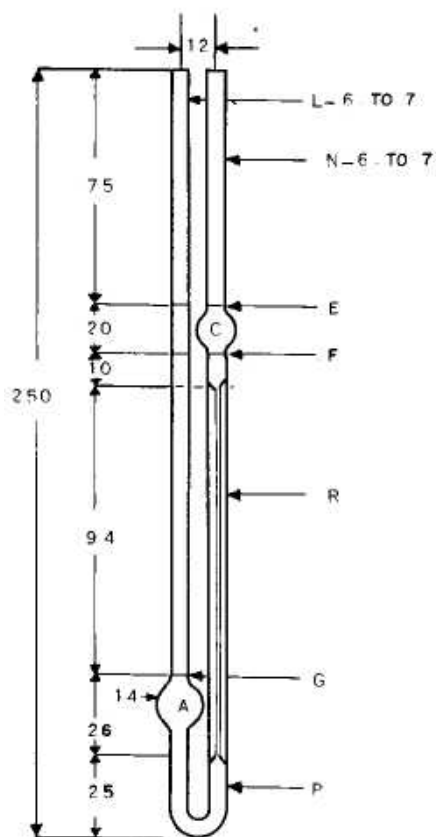
ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Все размеры даны в миллиметрах.

Калибр	Номинальная постоянная вискозиметра (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (±2 %)	Внешний диаметр трубок		Объем сосуда C, мл (±5 %)	Расстояние по вертикали от т. F до т. G, мм	Внешний диаметр сосудов A и C, мм
				L, P и N, мм	N, мм			
A	0,003	от 0,9 ^B до 3	0,50	от 8 до 9	от 6 до 7	5,0	91 ± 4	от 21 до 23
B	0,01	от 2,0 до 10	0,71	от 8 до 9	от 6 до 7	5,0	87 ± 4	от 21 до 23
C	0,03	от 6 до 30	0,88	от 8 до 9	от 6 до 7	5,0	83 ± 4	от 21 до 23
D	0,1	от 20 до 100	1,40	от 9 до 10	от 7 до 8	10,0	78 ± 4	от 25 до 27
E	0,3	от 60 до 300	2,00	от 9 до 10	от 7 до 8	10,0	73 ± 4	от 25 до 27
F	1,0	от 200 до 1000	2,50	от 9 до 10	от 7 до 8	10,0	70 ± 4	от 25 до 27
G	3,0	от 600 до 3000	4,00	от 10 до 11	от 9 до 10	20,0	60 ± 3	от 32 до 35
H	10,0	от 2000 до 10 000	6,10	от 10 до 11	от 9 до 10	20,0	50 ± 3	от 32 до 35

^A Для изготовления трубок N, P и L используйте трубки с толщиной стенок от 1 до 1,25 мм.

^B Минимальное время протекания 300 с; минимальное время протекания 200 с для всех остальных калибров.

РИСУНОК A1.5. Вискозиметр типа BS с U-образной трубкой для измерения прозрачных жидкостей



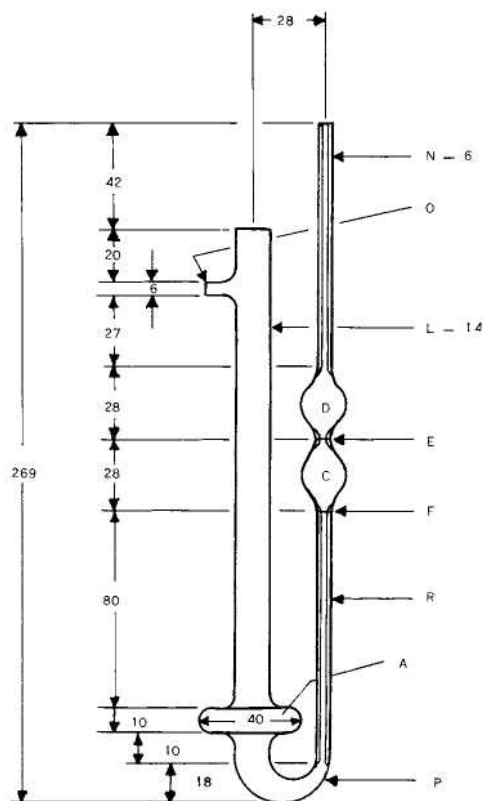
ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Все размеры даны в миллиметрах.

Калибр	Номинальная постоянная вискозиметра, (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (±2 %)	Внешний диаметр трубок L, N и P ^B , мм	Объем сосуда C, мл (±5 %)
M1	0,001	от 0,2 до 1	0,20	от 6 до 7	0,50
M2	0,005	от 1 до 5	0,30	от 6 до 7	0,50
M3	0,015	от 3 до 15	0,40	от 6 до 7	0,50
M4	0,04	от 8 до 40	0,50	от 6 до 7	0,50
M5	0,1	от 20 до 100	0,65	от 6 до 7	0,50

^A Минимальное время протекания 200 с для всех калибров.

^B Для изготовления трубок N, P и L используйте трубки с толщиной стенок от 1 to 1.25 мм.

РИСУНОК A1.6. Миниатюрный вискозиметр типа BS/U/M для измерения прозрачных жидкостей



ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Все размеры даны в миллиметрах.

Калибр	Номинальная постоянная вискозиметра, (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (±2 %)	Объем сосуда, мл (±5 %)	
				D	C
0	0,0017	от 0,6 ^A до 1,7	0,40	3,7	3,7
1	0,0085	от 1,7 до 8,5	0,60	3,7	3,7
2	0,027	от 5,4 до 27	0,80	3,7	3,7
3	0,065	от 13 до 65	1,00	3,7	3,7
4	0,14	от 28 до 140	1,20	3,7	3,7
5	0,35	от 70 до 350	1,50	3,7	3,7
6	1,0	от 200 до 1000	2,00	3,7	3,7
7	2,6	от 520 до 2600	2,50	3,7	3,7
8	5,3	от 1060 до 5300	3,00	3,7	3,7
9	9,9	от 1980 до 9900	3,50	3,7	3,7
10	17	от 3400 до 17 000	4,00	3,7	3,7

^A Минимальное время протекания 350 с; минимальное время протекания 200 с для всех остальных калибров.

РИСУНОК A1.7. Вискозиметр Пинкевича для измерения прозрачных жидкостей

ТАБЛИЦА A1.1. Время опорожнения для образцов с различными диапазонами кинематической вязкости в вискозиметре Цайтфуша

Кинематическая вязкость образца, мм ² /с	Время опорожнения, с
Менее 10	от 10 до 20
от 10 до 100	от 40 до 60
от 100 до 1000	от 100 до 120
Более 1000	от 180 до 200

A2. ВИСКОЗИМЕТРЫ С ПОДВЕШЕННЫМ УРОВНЕМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОЗРАЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

A2.1 Общие сведения

A2.1.1 Вискозиметры с подвешенным уровнем включают в себя вискозиметры типов BS/IP/SL, BS/IP/SL(S), BS/IP/MSL, вискозиметр Юбберлоде, вискозиметр Кеннона-Юбберлоде, полумикровискозиметр Кеннона-Юбберлоде и вискозиметры ФитцСимонса и модели Atlantic. Отличительная особенность вискозиметров с подвешенным уровнем состоит в том, что жидкость находится в подвешенном состоянии в целиком заполненном капилляре, что обеспечивает постоянство высоты столба жидкости и ее независимость от количества образца, заполняющего вискозиметр, и делает постоянную вискозиметра независимой от температуры. Путем выбора диаметра нижнего мениска равным диаметру верхнего мениска коррекция на поверхностное натяжение существенно снижается. Вискозиметры с подвешенным уровнем используются для измерений кинематической вязкости прозрачных ньютоновских жидкостей с вязкостями до 100 000 мм²/с.

A2.1.2 Для вискозиметров с подвешенным уровнем подробные чертежи, размеры, номинальные постоянные вискозиметра, диапазон кинематических вязкостей, диаметр капилляра и объемы сосудов указаны на рисунках A2.1-A2.7.

A2.2 Инструкции по эксплуатации

A2.2.1 Стандартная рабочая процедура, применимая для всех стеклянных

капиллярных кинематических вискозиметров, приведена в методе испытаний D 445. Инструкции по эксплуатации противоточных вискозиметров приведены в п.п. A3.2.2-A3.2.7, с особым вниманием к процедурам, специфичным для определенной группы вискозиметров.

ПРИМЕЧАНИЕ A2.1 — Методы ISO 3104 и 3105 соответствуют методам испытаний D 445 и D 446, соответственно.

A2.2.2 Выберите чистый, сухой и откалиброванный вискозиметр, обладающий временем протекания более 200 с или с минимальным размером, указанным в таблице размеров (в зависимости от того, что больше).

A2.2.3 Залейте вискозиметр способом, определяемым конструкцией прибора и его работой при условиях, которые использовались его при калибровке. Если ожидается или известно о том, что образец содержит волокна или твердые частицы, то необходимо использовать перед заливкой (или в ее процессе) фильтр с ячеистостью 75 мкм (см. Примечание A1.1).

A2.2.3.1 Заливайте вискозиметры Юбберлоде и Кеннона-Юбберлоде путем их наклона на угол порядка 30° относительно вертикали, вводя достаточное количество образца через трубку L в сосуд A таким образом, чтобы при возврата вискозиметра в строго вертикальное положение мениска будет находиться между отметками заполнения G и H, а трубка P будет целиком заполнена без захвата воздуха и перелива в продольный канал. Смонтируйте вискозиметр в термостабильной ванне, поддерживая трубку L в вертикальном положении. Для облегчения заливки сверхвязких жидкостей вискозиметр можно переворачивать вместе с трубкой L, находящейся в образце. Создайте разрежение в трубке N, закрыв пальцем или резиновой пробкой трубку M, подайте достаточное количество образца в трубку L таким образом, чтобы после ее очистки и установки вискозиметра в термостатическую ванну сосуд A был заполнен описанным выше способом. В полумикровискозиметре Кеннона-Юбберлоде отметки G и H отсутствуют, поскольку он рассчитан на работу с разведением и микродозами;

залейте достаточное количество образца через трубку L в сосуд A, обеспечивая заполнение капилляра R и сосуд C в соответствии с п. A2.2.6.

A2.2.3.2 Залейте вискозиметры типа BS/IP/SL, BS/IP/SL(S) и BS/IP/MSL и вискозиметр ФитцСимонса через трубку L достаточным для заполнения сосуда A (но не сосуда B) количеством образца. Вискозиметр может устанавливаться вертикально в термостатической ванне либо перед, либо после заливки образца в вискозиметр.

A2.2.3.3 Жестко смонтируйте вискозиметр модели Atlantic в термостатической ванне с расширением S, установленным на разрезной втулке и на нижнем конце капиллярной трубке R, на расстоянии 25 мм от нижней части ванны. Залейте образец в чистую колбу емкостью 50 мл, а затем - вискозиметр путем установки этой колбы с образцом над трубкой L таким образом, чтобы она была полностью погружена в образец. Медленно создавайте разрежение в трубке N с помощью трехходового стопорного крана O. Подайте образец в вискозиметр, заполняя капилляр R, распределительный сосуд C и (частично) – сосуд D. Закройте кран O, удерживая образец в вискозиметре. При наличии образца небольшого объема можно соединить короткой, заткнутой пробкой стеклянной трубкой колбу с нижней частью капилляра R и затем подать образец согласно описанной выше процедурой.

A2.2.4 Дайте возможность заполненному вискозиметру оставаться в ванне достаточно долго для достижения им температуры испытаний. Поскольку это время может быть различным для различных типов приборов, температур и кинематических вязкостей, то следует устанавливать время достижения равновесия опытным путем (достаточным должно быть время порядка 30 мин, за исключением образцов с наивысшими кинематическими вязкостями). Одна ванна часто используется для установки нескольких вискозиметров. Никогда дополнительно не устанавливайте и не удаляйте вискозиметр в процессе измерений времен протекания у других установленных вискозиметров.

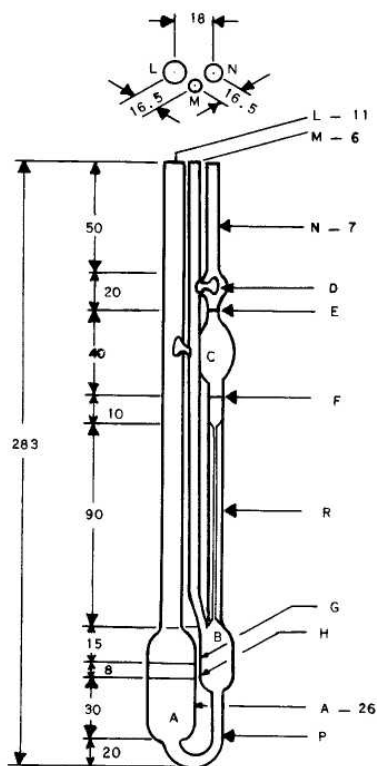
A2.2.5 За исключением вискозиметра марки Atlantic, который уже заполнен

образцом, в других вискозиметрах закройте пальцем трубку М и создайте разрежение (или избыточное давление, если образец содержит летучие компоненты) для закачки образца в сосуд С до уровня, находящегося примерно на 8 мм выше верхней установочной отметки Е. Снимите разрежение в трубке N и немедленно переместите палец с трубки М на трубку, сохраняя при этом мениск выше отметки Е до тех пор, пока нижний мениск не снизится до конца капилляра R в сосуде В. Снимите палец и дайте возможность образцу стечь самотеком.

A2.2.6 Измерьте с точностью 0,1 с время, необходимое для прохождения передним краем мениска расстояния между установочными отметками Е и F. Если это время оказывается меньше 200 с, то выберите вискозиметр с меньшим диаметром капилляра и повторите операции по п.п. A2.2.3-A2.2.6.

A2.2.7 Повторите операции по п.п. A2.2.6 и A2.2.7, делая дублирующие измерения времен протекания. Если результаты двух измерений согласуются в пределах определмости, задаваемых методом испытаний D 445 для измеряемых продуктов, то для расчета кинематической вязкости используйте усреднение.

A2.2.8 Тщательно очистите вискозиметр путем нескольких промывок соответствующим растворителем, полностью совместимым с образцом, с последующим ополаскиванием его полностью улетучивающимся расворителем. Просушите вискозиметр путем пропускания через него медленного потока сухого профильтрованного воздуха в течение 2 мин (или до полного удаления последних следов растворителя). Не рекомендуется использовать очищающие щелочные растворы, поскольку они могут оказывать влияние на результаты калибровки вискозиметра.

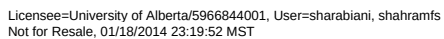


ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Все размеры даны в миллиметрах.

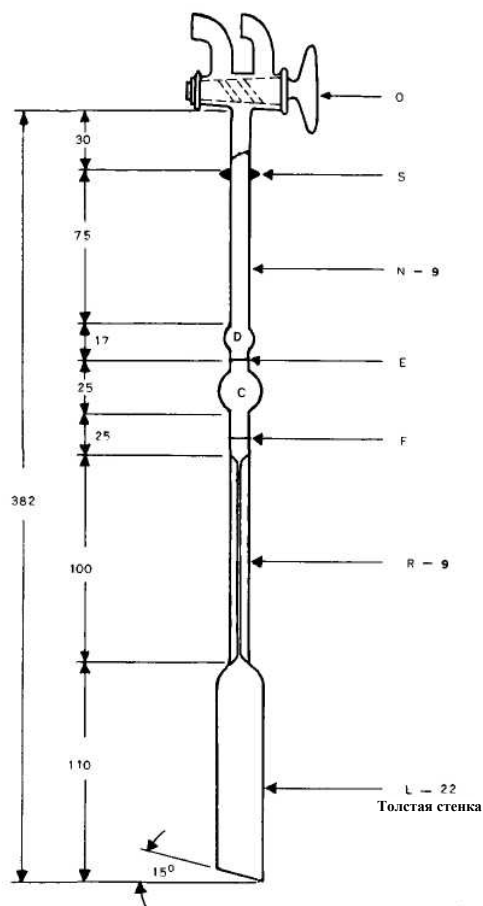
Калибр	Номинальная постоянная вискозиметра, $(\text{мм}^2/\text{с})/\text{с}$	Диапазон кинематических вязкостей, ^A $\text{мм}^2/\text{с}$	Внутренний диаметр трубки R, мм ($\pm 2\%$)	Объем сосуда C, мл (65 %)	Внутренний диаметр трубки P, мл (65 %)
0	0,001	от 0,3 ^A до 1	0,24	1,0	6,0
0C	0,003	от 0,6 до 3	0,36	2,0	6,0
0B	0,005	от 1 до 5	0,46	3,0	6,0
1	0,01	от 2 до 10	0,58	4,0	6,0
1C	0,03	от 6 до 30	0,78	4,0	6,0
1B	0,05	от 10 до 50	0,88	4,0	6,0
2	0,1	от 20 до 100	1,03	4,0	6,0
2C	0,3	от 60 до 300	1,36	4,0	6,0
2B	0,5	от 100 до 500	1,55	4,0	6,0
3	1,0	от 200 до 1 000	1,83	4,0	6,0
3C	34,0	от 600 до 3 000	2,43	4,0	6,0
3B	5,0	от 1 000 до 5 000	2,75	4,0	6,5
4	10	от 2 000 до 10 000	3,27	4,0	7,0
4C	30	от 6 000 до 30 000	4,32	4,0	8,0
4B	50	от 10 000 до 50 000	5,20	5,0	8,5
5	100	от 20 000 до 100 000	6,25	5,0	10,0

^A Минимальное время протекания 300 с; минимальное время протекания 200 с для всех остальных калибров.

РИСУНОК A2.1. Вискозиметр Юбберлоде для измерения прозрачных жидкостей

^A Минимальное время протекания 200 с для всех калибров.

32



ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Все размеры даны в миллиметрах.

Калибр	Номинальная постоянная вискозиметра, (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (±2 %)	Объем сосуда C, мл (±5 %)
0C	0,003	от 0,7 ^A до 3	0,42	3,2
0B	0,005	от 1 до 5	0,46	3,2
1	0,01	от 2 до 10	0,56	3,2
1C	0,03	от 6 до 30	0,74	3,2
1B	0,05	от 10 до 50	0,83	3,2
2	0,1	от 20 до 100	1,00	3,2
2C	0,3	от 60 до 300	1,31	3,2
2B	0,5	от 100 до 500	1,48	3,2
3	1,0	от 200 до 1000	1,77	3,2
3C	3,0	от 600 до 3000	2,33	3,2
3B	5,0	от 1000 до 5000	2,64	3,2

^A Минимальное время протекания 250 с; минимальное время протекания 200 с для всех остальных калибров.

РИСУНОК A2.3. Вискозиметр марки Atlantic для измерения прозрачных жидкостей

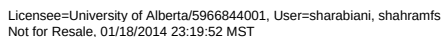
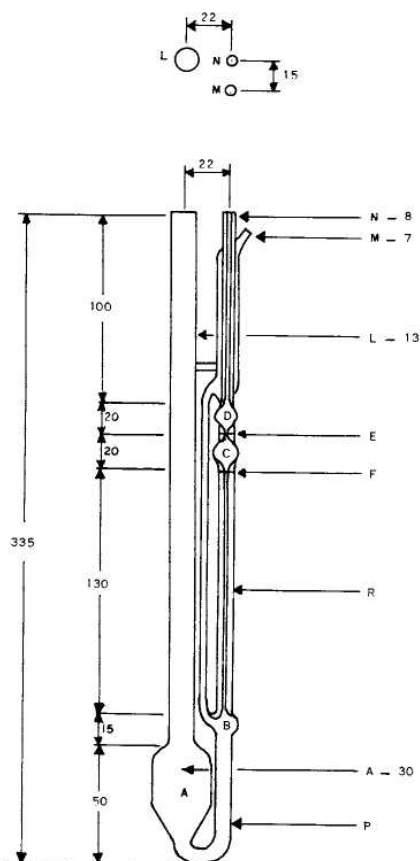


РИСУНОК А2.4. Вискозиметры Кеннона-Юбберлоде (А) и Кеннона-Юбберлоде (с разведением) (В) для измерения прозрачных жидкостей

34

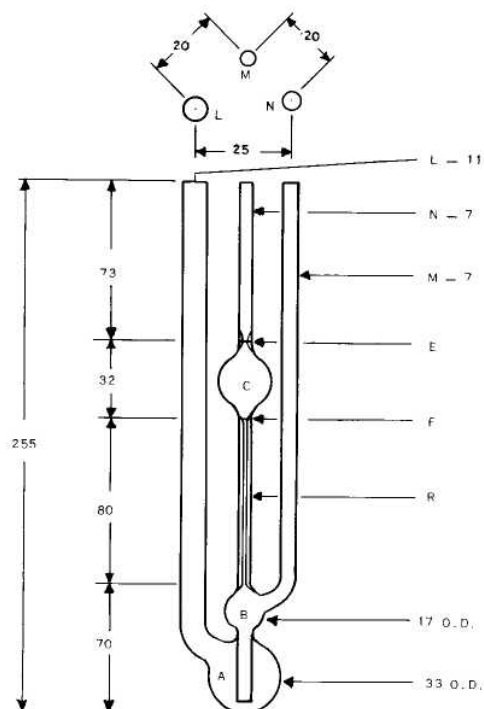


ПРИМЕЧАНИЕ 1 — Все размеры даны в миллиметрах.

Калибр	Номинальная постоянная вискозиметра, (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (±2 %)	Объем сосуда C, мл (±5 %)	Внутренний диаметр трубок N, E, F, и P, мм
25	0,002	от 0,4 до 1,0	0,22	0,30	от 1,2 до 1,4
50	0,004	от 0,8 до 4	0,25	0,30	от 1,2 до 1,4
75	0,008	от 1,6 до 8	0,30	0,30	от 1,2 до 1,4
100	0,015	от 3 до 15	0,36	0,30	от 1,2 до 1,4
150	0,035	от 7 до 35	0,47	0,30	от 1,2 до 1,4
200	0,1	от 20 до 100	0,61	0,30	от 1,4 до 1,7
300	0,25	от 50 до 250	0,76	0,30	от 1,5 до 1,8
350	0,5	от 100 до 500	0,90	0,30	от 1,8 до 2,2
400	1,2	от 240 до 1 200	1,13	0,30	от 2,1 до 2,5
450	2,5	от 500 до 2 500	1,40	0,30	от 2,4 до 2,8
500	8	от 1 600 до 8 000	1,85	0,30	от 2,7 до 3,1
600	20	от 4 000 до 20 000	2,35	0,30	от 3,7 до 4,0

^A Минимальное время протекания 200 с для всех калибров.

РИСУНОК A2.5. Полумикровискозиметр Кеннона-Юбберлоде для измерения прозрачных жидкостей



ПРИМЕЧАНИЕ — Все размеры даны в миллиметрах.

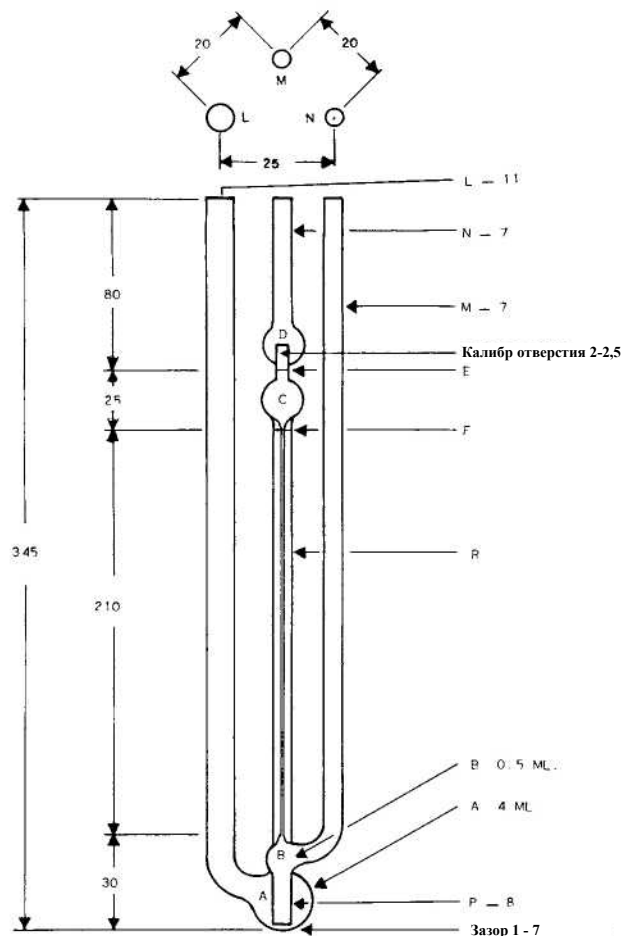
Калибр	Номинальная постоянная вискозиметра, (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (±2 %)	Объем сосуда C, мл (±5%)	Внутренний диаметр трубки N, мм	Внутренний диаметр трубки в т. E, мм
1	0,0008	от 1,05 ^A мин	0,36	5,6	2,8 до 3,2	3
2	0,003	от 2,8 до 3	0,49	5,6	2,8 до 3,2	3
3	0,01	от 3,8 ^C до 10	0,66	5,6	2,8 до 3,2	3
4	0,03	от 6 до 30	0,87	5,6	2,8 до 3,2	3
5	0,1	от 20 до 100	1,18	5,6	2,8 до 3,2	3
6	0,3	от 60 до 300	1,55	5,6	2,8 до 3,2	3
7	1,0	от 200 до 1000	2,10	5,6	3,7 до 4,3	4
8	3,0	от 600 до 3000	2,76	5,6	4,6 до 5,4	5
9	10,0	от 2000 до 10 000	3,80	5,6	4,6 до 5,4	5

^A Минимальное время протекания 1320 с;

^B Минимальное время протекания 600 с;

^C Минимальное время протекания 380 с; минимальное время протекания 200 с для всех других калибров.

РИСУНОК A2.6. Вискозиметр типа BS/IP/SL(S) для измерения прозрачных жидкостей



ПРИМЕЧАНИЕ — Все размеры даны в миллиметрах.

Калибр	Номинальная постоянная вискозиметра, (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (±2 %)	Объем сосуда C, мл (±5 %)	Внутренний диаметр трубок N и P, мм
1	0,003	от 0,6 до 3	0,35	1,2	от 4 до 6
2	0,01	от 2 до 10	0,45	1,2	от 4 до 6
3	0,03	от 6 до 30	0,62	1,2	от 4 до 6
4	0,1	от 20 до 100	0,81	1,2	от 4 до 6
5	0,3	от 60 до 300	1,10	1,2	от 4 до 6
6	1,0	от 200 до 1000	1,45	1,2	от 4 до 6
7	3,0	от 600 до 3000	1,98	1,2	от 4 до 6

^A Минимальное время протекания 200 с для всех калибров.

РИСУНОК A2.7. Вискозиметр типа BS/IP/MSL для измерения прозрачных жидкостей

А3. ПРОТИВОТОЧНЫЕ ВИСКОЗИМЕТРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПРОЗРАЧНЫХ И НЕПРОЗРАЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

А3.1 Общие сведения

А3.1.1 Противоточные вискозиметры для измерения прозрачных и непрозрачных жидкостей включают в себя вискозиметр Цайтфуша с поперечной трубкой, непрозрачный вискозиметр Кеннона-Фенске, вискозиметр Ланца-Цайтфуша и вискозиметр типа BS/IP/RF. В отличие от модифицированных вискозиметров Оствальда и вискозиметров с подвешенным уровнем, образец жидкости в этих вискозиметрах протекает в распределительный сосуд без предварительного его смачивания образцом, что дает возможность измерения жидкостей, чьи тонкие пленки непрозрачны. Противоточные вискозиметры используются для измерения кинематической вязкости прозрачных и непрозрачных жидкостей с вязкостью до 300 000 мм²/с.

А3.1.2 Для противоточных вискозиметров подробные чертежи, размеры, номинальные постоянные вискозиметров, диапазон кинематических вязкостей, диаметр капилляра и объемы сосудов указаны на рисунках А3.1-А3.4.

А3.2 Инструкции по эксплуатации

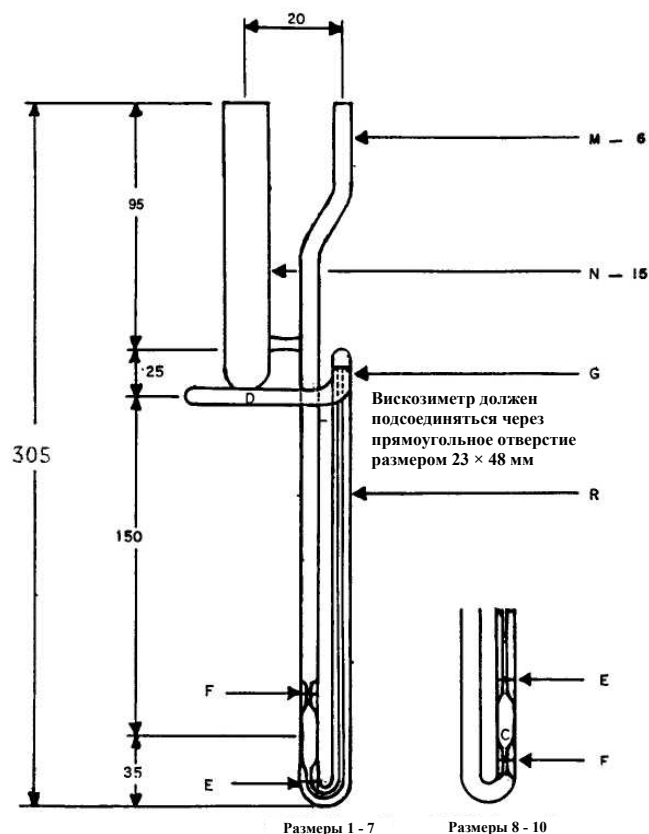
А3.2.1 Стандартная рабочая процедура, применимая для всех стеклянных капиллярных кинематических вискозиметров, приведена в методе испытаний D 445. Инструкции по эксплуатации противоточных вискозиметров приведены в п.п. А3.2.2-А3.2.7, с особым вниманием к процедурам, специфичным для данной группы вискозиметров.

ПРИМЕЧАНИЕ А3.1 — Методы ISO 3104 и 3105 соответствуют методам испытаний D 445 и D 446, соответственно.

А3.2.2 Выберите чистый, сухой и откалиброванный вискозиметр, обладающий временем протекания более 200 с и коррекцией на кинетическую энергию менее 0.2 %.

А3.2.3 Залейте вискозиметр способом, определяемым конструкцией прибора

и его работой при условиях, которые использовались при его калибровке. Если ожидается или известно о том, что образец содержит волокна или твердые частицы, то необходимо использовать перед заливкой (или в ее процессе) фильтр с ячейностью 75 мкм (см. Примечание A1.1).

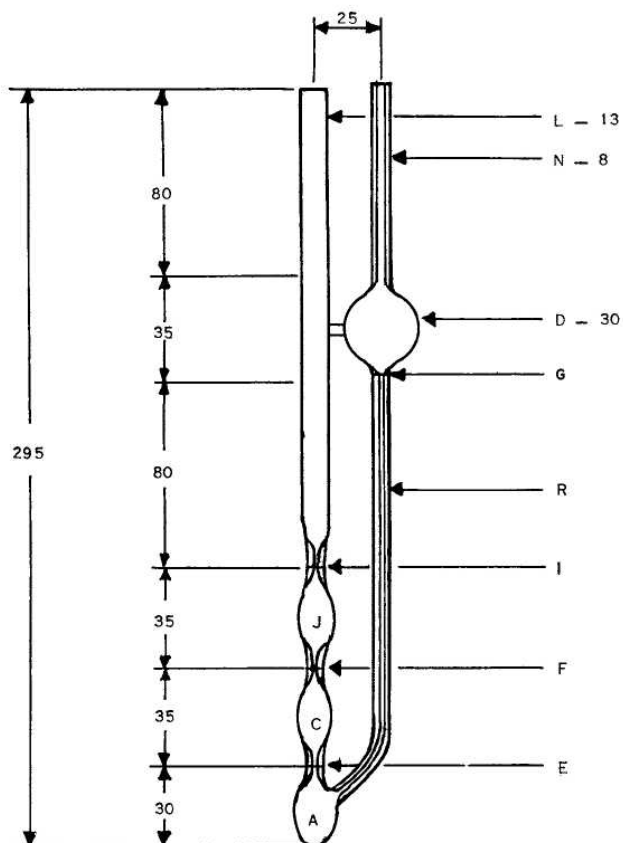


ПРИМЕЧАНИЕ — Все размеры даны в миллиметрах.

Калибр	Номинальная постоянная вискозиметра, (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (±2 %)	Длина трубки R, мм	Объем нижнего сосуда, мл (±5 %)	Диаметр горизонтальной трубки, мм, (±5 %)
1	0,003	от 0,6 до 3	0,27	210	0,3	3,9
2	0,01	от 2 до 10	0,35	210	0,3	3,9
3	0,03	от 6 до 30	0,46	210	0,3	3,9
4	0,10	от 20 до 100	0,64	210	0,3	3,9
5	0,3	от 60 до 300	0,84	210	0,3	3,9
6	1,0	от 200 до 1 000	1,15	210	0,3	4,3
7	3,0	от 600 до 3 000	1,42	210	0,3	4,3
8	10,0	от 2 000 до 10 000	1,93	165	0,25	4,3
9	30,0	от 6 000 до 30 000	2,52	165	0,25	4,3
10	100,0	от 20 000 до 100 000	3,06	165	0,25	4,3

^A Минимальное время протекания 200 с для всех калибров.

РИСУНОК А3.1. Вискозиметр Цайтфуша с поперечной трубкой для измерения прозрачных и непрозрачных жидкостей



ПРИМЕЧАНИЕ — Все размеры даны в миллиметрах.

Но. размера	Номинальная константа вискозиметра, (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (± 2 %)	Внутренний диаметр трубки N, трубок E, F, и I, мм (± 5 %)	Объем сосудов A, C, и J, мл (± 5 %)	Объем сосуда D, мл (± 5 %)
25	0,002	от 0,4 до 2	0,31	3,0	1,6	11
50	0,004	от 0,8 до 4	0,42	3,0	2,1	11
75	0,008	от 1,6 до 8	0,54	3,0	2,1	11
100	0,015	от 3 до 15	0,63	3,2	2,1	11
150	0,035	от 7 до 35	0,78	3,2	2,1	11
200	0,1	от 20 до 100	1,02	3,2	2,1	11
300	0,25	от 50 до 200	1,26	3,4	2,1	11
350	0,5	от 100 до 500	1,48	3,4	2,1	11
400	1,2	от 240 до 1 200	1,88	3,4	2,1	11
450	2,5	от 500 до 2 500	2,20	3,7	2,1	11
500	8	от 1 600 до 8 000	3,10	4,0	2,1	11
600	20	от 4 000 до 20 000	4,00	4,7	2,1	13

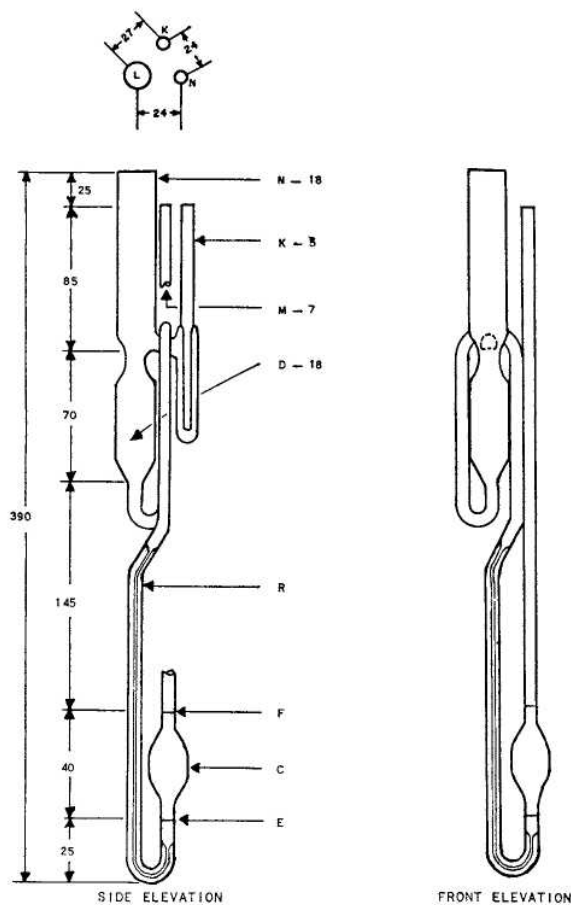
^A Минимальное время протекания 200 с для всех калибров

РИСУНОК A3.2. Непрозрачный вискозиметр Кеннона-Фенске для измерения прозрачных и непрозрачных жидкостей

A3.2.3.1 Для заливки непрозрачного вискозиметра следует перевернуть его и создать разрежение в трубке L, погрузив трубку N в жидкий образец. Продвиньте жидкость через трубку N, заполните сосуд D до отметки заливки G. Вытрите излишнее количество образца с трубки N и переверните вискозиметр в нормальное положение. Смонтируйте вискозиметр в термостатической ванне, поддерживая трубку L в вертикальном положении. Закройте трубку N резиновой пробкой или коротким отрезком резиновой трубки с винтовой струбциной.

A3.2.3.2 Смонтируйте вискозиметр Цайтфуша с поперечной трубкой в термостатической ванне, поддерживая трубку N в вертикальном положении. Вводите испытуемый образец в трубку N, принимая меры против смачивания боковых поверхностей трубки N, в поперечную трубку D до тех пор, пока передний край образца не остановится в пределах 0,5 мм относительно отметки заполнения G на сильфонной трубке. Объем испытуемого образца зависит от положения отметки заполнения G. Если время протекания для нижнего мениска измеряется между временными отметками E и F (см. п. A3.2.6), то верхний мениск должен находиться на поперечной трубке D, таким образом указывая критическое положение отметки заполнения G.

A3.2.3.3 Смонтируйте вискозиметр Ланца-Цайтфуша в термостатической ванне, поддерживая трубку N в вертикальном положении. Вводите достаточное количество образца через трубку N до полного заполнения сосуда D, допуская его перетекание в переливную трубку K. Если образец заливается при температуре выше температуры испытаний, то следует подождать 15 мин для достижения вискозиметром температуры ванны и добавить немного образца для небольшого переполнения в трубке K.



ПРИМЕЧАНИЕ — Все размеры даны в миллиметрах.

Но. размера	Номинальная константа вискозиметра, (мм ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (±2 %)	Длина трубки R, мм	Объем сосуда C, мл (±5 %)
5	0,3	от 60 до 300	1,65	490	2,7
6	1,0	от 200 до 1 000	2,25	490	2,7
7	3,0	от 600 до 3 000	3,00	490	2,7
8	10,0	от 2 000 до 10 000	4,10	490	2,7
9	30,0	от 6 000 до 30 000	5,20	490	2,7
10	100,0	от 20 000 до 100 000	5,20	490	0,85

^A Минимальное время протекания 200 с для всех калибров

РИСУНОК А3.3. Вискозиметр Ланца-Цайтфуша для измерения прозрачных и непрозрачных жидкостей

A3.2.3.4 Смонтируйте вискозиметр типа BS/IP/RF в термостатической ванне, поддерживая прямую часть капиллярной трубки R с помощью линии отвеса в вертикальном положении в двух плоскостях, или в соответствии с сертификатом на калибровку.

(1) Дайте возможность вискозиметру достичь температуры ванны и затем залейте достаточное количество профильтрованного испытуемого образца в заливную трубку N до точки, находящейся непосредственно под заливочной отметкой G, избегая смачивания стекла ниже отметки G.

(2) Дайте возможность жидкости протечь в капиллярную трубку R, принимая меры по к тому, чтобы жидкий столбик оставался сплошным до тех пор, пока он не достигнет положения, примерно на 5 мм ниже отметки заполнения H и пока этот поток не будет остановлен перекрытием трубки L резиновой пробкой. Желательно, чтобы эта пробка подходила к стеклянной трубке и стопорному крану с тем, чтобы она могла создавать контролируемое, слегка повышенное давление в трубке L.

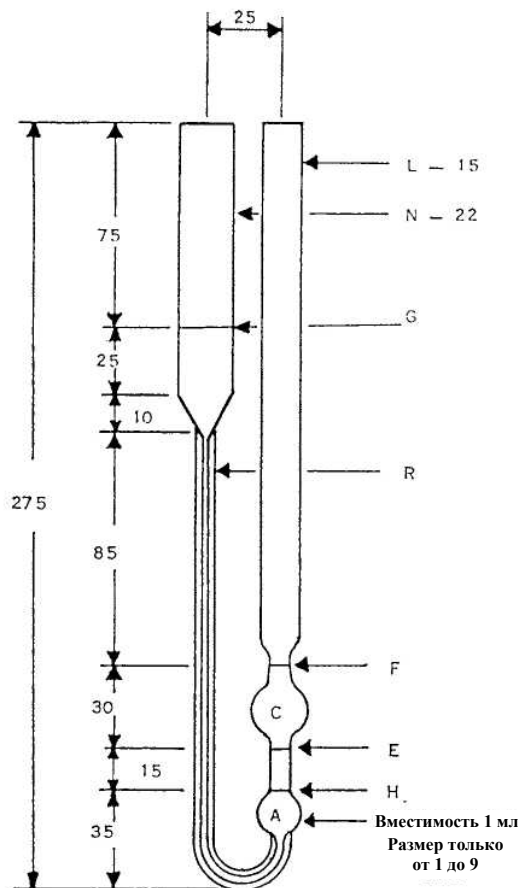
(3) Добавьте немного жидкости для заполнения трубки N с целью установления поверхности масла ниже отметки G. Дайте возможность образцу достичь температуры ванны, а воздушным пузырькам - подняться до поверхности (на это требуется по крайней мере 30 мин).

(4) Осторожно манипулируйте стопорным краном или пробкой, закрывающим трубку L до тех пор, пока уровень жидкости не остановится на отметке H. Крайне верхнее кольцо контакта образца со стеклом должны совпадать с нижней отметкой H. Добавляйте образец в трубку N до тех пор, пока крайне верхнее кольцо этого контакта с трубкой N не совпадет с нижней отметкой G.

A3.2.4 Дайте возможность заполненному вискозиметру оставаться в ванне достаточно долго для достижения им температуры испытаний. Поскольку это время может быть различным для различных типов приборов, температур и кинематических вязкостей, то следует устанавливать время достижения равновесия опытным путем (достаточным должно быть время порядка 30 мин, за исключением образцов с наивысшими кинематическими вязкостями). Одна ванна часто

используется для установки нескольких вискозиметров. Никогда дополнительно не устанавливайте и не удаляйте вискозиметр в процессе измерений времен протекания у других установленных вискозиметров.

A3.2.5 В непрозрачном вискозиметре Кеннона-Фенске и вискозиметре типа BS/IP/RF удалите пробки из трубок N и L, соответственно, и дайте возможность образцу стечь самотеком. Для вискозиметра Цайтфуша с поперечной трубкой создайте небольшое разрежение к трубке M (или давление к трубке N) для перемещения мениска по сифонной трубке и примерно на 30 мм ниже уровня трубки D в капилляре R; при этом инициируется безнапорный сток образца. Для вискозиметра Ланца-Цайтфуша создавайте небольшое разрежение в трубке M (или создайте давление в трубке N при закрытой трубке K) до тех пор, пока нижний мениск не установится напротив нижней отметки E, позволив образцу стекать самотеком.



ПРИМЕЧАНИЕ — Все размеры даны в миллиметрах.

Но. размера	Номинальная константа вискозиметра, (м ² /с)/с	Диапазон кинематических вязкостей, ^A мм ² /с	Внутренний диаметр трубки R, мм (2 %)	Длина трубки R, мм	Внутренний диаметр в т. E, F, и H, мм	Объем сосуда C, мл (±5 %)
1	0,003	от 3,0 до 3	0,51	185	от 3,0 до 3,3	4,0
2	0,01	от 2 до 10	0,71	185	от 3,0 до 3,3	4,0
3	0,03	от 6 до 30	0,93	185	от 3,0 до 3,3	4,0
4	0,1	от 20 до 100	1,26	185	от 3,0 до 3,3	4,0
5	0,3	от 60 до 300	1,84	185	от 3,0 до 3,3	4,0
6	1,0	от 200 до 1 000	2,24	185	от 3,0 до 3,3	4,0
7	3,0	от 600 до 3 000	2,93	185	от 3,3 до 3,6	4,0
8	10	от 2 000 до 10 000	4,00	185	от 4,4 до 4,8	4,0
9	30	от 6 000 до 30 000	5,5	185	от 6,0 до 6,7	4,0
10	100	от 20 000 до 100 000	7,70	210	7,70	4,0
11	300	от 60 000 до 300 000	10,00	210	10,00	4,0

^A Минимальное время протекания 200 с для всех калибров.

РИСУНОК А3.4. Противоточные вискозиметры типа BS/IP/RF с U-образной трубкой для измерения прозрачных жидкостей

A3.2.6 Измерьте (с точностью до 0, 1 г) время, необходимое для перемещения крайне верхнего кольца контакта образца со стеклом от нижней установочной отметки E до нижней отметки F. Нижнюю заливочную отметку H, показанную на рисунке A3.4 (для вискозиметра типа BS/IP/RF с U-образной трубкой) не нужно путать с нижней установочной отметкой E. Не используйте установочные отметки F и I, а также сосуд J (см. рисунок A3.2) для определения вязкости образца. Если время протекания составляет значение, меньше минимально определенного для вискозиметра, то выберите чистый, сухой вискозиметр с меньшим диаметром капилляра и повторите операции по п.п. A3.2.2-A3.2.6.

A3.2.7 С помощью данного вискозиметра после его тщательной очистки и осушки, или второго сухого и чистого вискозиметра, повторите операции по п.п. A3.2.3-A3.2.6, выполняя дублирующие измерения кинематической вязкости. Если результаты двух измерений согласуются в пределах определмости, задаваемых методом испытаний D 445 для измеряемых продуктов, то используйте усреднение при расчете кинематической вязкости. Отметим, что точность вискозиметра в Приложении A3 немного хуже, чем точность, указанная в Приложениях A1 и A2 (см. п. 6.3.3).

A3.2.8 Тщательно очистите вискозиметр путем нескольких промывок соответствующим растворителем, полностью совместимым с образцом, с последующим ополаскиванием его полностью улетучивающимся расворителем. Просушите вискозиметр путем пропускания через него медленного потока сухого профильтрованного воздуха в течение 2 мин (или до полного удаления последних следов растворителя). Не рекомендуется использовать очищающие щелочные растворы, поскольку они могут оказывать влияние на результаты калибровки В.

ЛИТЕРАТУРА

- (1) Кеннон М.Р. и Фенске М.Р., «Измерение вязкости», *Промышленная и химическая технология*, Аналитическое издание, ANCHA, вып. 10, 1938, стр. 297.
- (2) Цайтфуш Е.Х., «Прецизионный вискозиметр для лабораторий контроля нефтехимических производств», *Труды Американского нефтяного института*, PDRAA, Вып. 20 (III), 1939.
- (3) Рах Е.Л., Уолкер Р.Н. и Дин Е. У., «SIL–вискозиметр», *Промышленная и химическая технология*, ANCHA, вып. 13, 1941, стр. 346.
- (4) Юбберлоде Л., «Вискозиметр с подвешенным уровнем», *Журнал Института нефтяных технологий*, (Лондон), LPEA, вып. 22, 1936, стр. 37.
- (5) ФитцСимон О., «Быстродействующий прецизионный вискозиметр», *Промышленная и химическая технология*, Аналитическое издание, ANCHA, вып. 7, 1935.
- (6) Уатт Дж. Дж. и Хедингтон С.Е., «Новый вискозиметр, решающий старые проблемы», *Очистка нефти*, PEREA, октябрь 1954 г..
- (7) Кеннон М.Р. и Маннинг М.Р., «Измерение вязкости», *Аналитическая химия*, ANCHA, вып. 32, 1960, стр. 355.
- (8) Кеннон М.Р. и Фенске М.Р., «Измерение вязкости – прозрачные жидкости», *Промышленная и химическая технология*, Аналитическое издание, ANCHA, вып. 13, 1941, стр. 299.
- (9) Цайтфуш Е.Х., «Кинематический вискозиметр для измерения прозрачных и сверхвязких жидкостей», *Журнал нефти и газа*, OIGJA, вып. 44, №. 36, 1946, стр. 99.

СВОДКА ВНЕСЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Подкомитет D02.07 указал те места внесенных изменений в данный стандарт с момента последнего выпуска стандарта (D 446-04), которые могут оказывать влияние на применение данного стандарта.

(I) Внесены изменения в п. A3.2.6.

Американское общество по материалам и испытаниям (ASTM) не занимает какой-либо особой позиции в отношении действительности любых патентных прав, заявленных в связи с любым пунктом настоящего стандарта. Пользователи настоящего стандарта уведомляются в точных выражениях, что определение действительности таких патентных прав и риск их нарушения полностью лежит на ответственности самих пользователей.

Настоящий стандарт может подвергаться пересмотру в любое время ответственным техническим комитетом и должен пересматриваться каждые пять лет, а в случае, если стандарт не пересмотрен, он должен быть переутвержден или отменен. Ваши предложения в отношении пересмотра настоящего стандарта или разработки дополнительных стандартов должны адресоваться в штаб-квартиру ASTM. Ваши предложения будут внимательно рассмотрены на заседании ответственного технического комитета, на котором вы можете присутствовать. Если вы не удовлетворены рассмотрением ваших предложений, вы можете обратиться в Комитет по стандартизации ASTM по адресу: 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

Авторские права на данный стандарт принадлежат ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Отдельные копии (или комплект копий) данного стандарта можно получить, связавшись с ASTM по вышеуказанному адресу или по номеру 610-832-9585 (телефон), 610-832-9555 (факс) или service@astm.org (электронная почта) или на сайте ASTM (www.astm.org).