

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ОБРАЗЦОВ ЖИДКОСТЕЙ

А.А. Неклюдова

a.a.tsurko@vniim.ru

А.А. Демьянов

a.a.demyanov@vniim.ru

В.Ш. Сулаберидзе

v.sh.sulaberidze@vniim.ru

К.В. Чекирда

k.v.chekirda@vniim.ru

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», Санкт-Петербург,
Российская Федерация

Аннотация

В Российской Федерации эксплуатируется более 20 рабочих эталонов единицы кинематической вязкости жидкости, соответствие метрологических характеристик которых необходимо периодически подтверждать. В соответствии с приказом Росстандарта от 05.11.2019 г. № 2622 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений вязкости жидкостей» в настоящее время рабочими эталонами первого разряда являются эталонные комплексы, предназначенные для хранения и передачи единицы кинематической вязкости жидкости, а не наборы стеклянных капиллярных эталонных вискозиметров, как это было ранее. Как правило, в эталонные комплексы входят наборы стеклянных капиллярных эталонных вискозиметров, жидкостные термостаты, эталонные термометры сопротивления и преобразователи температуры, электронные секундомеры с таймерным выходом, а также вспомогательное оборудование. Приведены результаты сравнительных измерений кинематической вязкости образцов жидкостей. Исследования проведены специалистами ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в целях установления соотношения между результатами измерений при передаче единицы кинематической вязкости жидкости эталонами первого разряда

Ключевые слова

Кинематическая вязкость, сравнительные измерения, рабочий эталон, вискозиметр, эталонный комплекс, неопределенность измерений, образцы жидкостей, государственная поверочная схема

Поступила 17.11.2021

Принята 22.06.2022

© Автор(ы), 2022

Введение. Вязкость — важнейшее свойство жидких сред, определяющее их качество, возможность переработки и транспортировки [1–5]. Измерения вязкости проводят во многих отраслях промышленности для управления технологическими процессами, в которых вязкость является одним

из контролируемых параметров конечного продукта, в медицине и биологии, а также при исследовании новых материалов [6–11].

В РФ эксплуатируются десятки миллионов средств измерений вязкости, диапазоны измерений которых лежат в пределах $0,4 \dots 1 \cdot 10^6$ мПа·с и более [12–13]. Единство измерений вязкости осуществляется в соответствии с актуализированной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 05.11.2019 г. № 2622 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений вязкости жидкостей». Основой поверочной схемы является Государственный первичный эталон единиц динамической и кинематической вязкости жидкости (ГЭТ 17–2018) [14, 15], от которого размер единицы кинематической вязкости передается рабочим эталонам первого разряда. Рабочие эталоны первого разряда представляют собой эталонные комплексы, в которые входят стеклянные капиллярные эталонные вискозиметры с номинальной длиной капилляра 300 мм, термостатические ванны, эталонные термометры, средства измерений времени и прочее вспомогательное оборудование. Единица кинематической вязкости жидкости эталонам первого разряда (эталонным комплексам) передается методом сличения с использованием компаратора, в качестве которого применяются градуировочные жидкости с известными номинальными значениями вязкости при различных температурах. В свою очередь, рабочие эталоны первого разряда предназначены для передачи единиц динамической и кинематической вязкости жидкости рабочим эталонам второго разряда методом прямых измерений, а также высокоточным средствам измерений методом сличения с помощью градуировочной жидкости (компаратора) с применением заимствованных эталонов единицы плотности.

В качестве рабочих эталонов второго разряда применяют стандартные образцы вязкости жидкости (градуировочные жидкости) в интервале допускаемых аттестованных значений $4 \cdot 10^{-7} \dots 1 \cdot 10^{-1}$ м²/с для кинематической вязкости и $4 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^2$ Па·с для динамической вязкости в интервале температуры $-40 \dots 150$ °С; вискозиметры Штабингера применяют в диапазоне значений $2 \cdot 10^{-7} \dots 4 \cdot 10^{-2}$ м²/с для кинематической вязкости и $2 \cdot 10^{-4} \dots 4 \cdot 10^1$ Па·с для динамической вязкости в диапазоне значений температуры $-40 \dots 100$ °С. Рабочие эталоны второго разряда предназначены для поверки и калибровки средств измерений вязкости жидкости методом прямых измерений и методом сличения с помощью градуировочной жидкости (компаратора).

Подход к оценке соответствия состава эталонных комплексов — рабочих эталонов первого разряда изменился в 2019 г. Поэтому было необхо-

димо провести предварительные исследования измерительных возможностей организаций, аккредитованных на право поверки средств измерений вязкости, в первую очередь центров стандартизации, метрологии и испытаний РФ, путем проведения сравнительных измерений кинематической вязкости образцов жидкостей.

Материалы и методы решения задач, принятые допущения. В 2019 г. сотрудниками научно-исследовательской лаборатории государственных эталонов в области измерений плотности и вязкости жидкости ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» проведен опрос среди владельцев рабочих эталонов единицы кинематической вязкости жидкости первого разряда об их заинтересованности в участии в сравнительных измерениях кинематической вязкости образцов жидкостей. В результате определены девять заинтересованных организаций — владельцев рабочих эталонов первого разряда.

В сравнительных измерениях кинематической вязкости образцов жидкостей приняли участие семь лабораторий центров стандартизации, метрологии и испытаний, одна лаборатория общества с ограниченной ответственностью и научно-исследовательская лаборатория государственных эталонов в области измерений плотности и вязкости жидкости ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

В период с мая 2019 г. по февраль 2020 г. проведены подготовительные работы: изготовление образцов жидкостей, их фасовка, рассылка и измерение. Для сравнительных измерений использовали три ньютоновских образца жидкостей с номинальными значениями кинематической вязкости 40, 100 и 300 мм²/с (далее А, Б и В соответственно). Измерения кинематической вязкости образцов жидкостей А, Б и В проводили при температуре 20 °С; образца жидкости Б при 40 °С.

Каждый участник представлял результаты измерений в виде таблиц данных об измеренных значениях времени истечения образцов жидкостей А, Б и В, а также метрологические характеристики применяемых средств измерений и испытательного оборудования.

В качестве опорных значений кинематической вязкости применяемых образцов жидкостей А, Б и В приняты результаты измерений, полученные на ГЭТ 17–2018 в научно-исследовательской лаборатории государственных эталонов в области измерений плотности и вязкости жидкости ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

Сравнительные измерения проведены в период с ноября 2019 г. по январь 2020 г. по радиальной схеме. Большинство участников при изме-

рении кинематической вязкости каждого образца жидкости применяло по два стеклянных капиллярных эталонных вискозиметра Уббелодде «с висячим уровнем». Для каждого образца жидкости выполняли по две серии измерений с пятью наблюдениями на каждом применяемом вискозиметре.

Кинематическую вязкость образцов жидкостей, измеренную на стеклянных капиллярных эталонных вискозиметрах Уббелодде «с висячим уровнем», рассчитывали по формуле

$$v = C \bar{\tau} \frac{g_{\text{м.и}}}{g_{\text{н}}} - \frac{B}{\bar{\tau}}, \quad (1)$$

где C — постоянная вискозиметра; $\bar{\tau}$ — среднее измеренное время истечения жидкости через капилляр вискозиметра; $g_{\text{м.и}}$ — ускорение свободного падения в месте проведения измерений кинематической вязкости образца жидкости; $g_{\text{н}}$ — нормальное ускорение свободного падения; B — постоянная вискозиметра, зависящая от потери жидкостью кинетической энергии.

При оценивании неопределенности результатов измерений кинематической вязкости образцов жидкостей по GUM авторы руководствовались положениями ГОСТ 34100.3–2017¹.

Относительную расширенную неопределенность измерений кинематической вязкости образца жидкости ($U_R(v)$) рассчитывали по формуле:

$$U_R(v) = \frac{k}{v} \sqrt{\left(\frac{\partial v}{\partial C} u(C)\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial B} u(B)\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial \tau} u(\bar{\tau})\right)^2 + (U_v u(T))^2}, \quad (2)$$

где k — коэффициент охвата; $u(C)$ — максимальная стандартная неопределенность постоянной C вискозиметра; $u(B)$ — максимальная стандартная неопределенность измерений постоянной B (учитывалась только для вискозиметров с диаметрами капилляра 0,33...0,97 мм); $u(\bar{\tau})$ — максимальная стандартная неопределенность измерений времени истечения образца жидкости; U_v — температурный коэффициент кинематической вязкости образца жидкости; $u(T)$ — стандартная неопределенность установления и поддержания температуры в термостатической ванне.

Результаты. Измеренные значения и значения относительной расширенной неопределенности измерений кинематической вязкости образцов жидкостей, полученные участниками сравнительных измерений, приведены в табл. 1 и на рисунке.

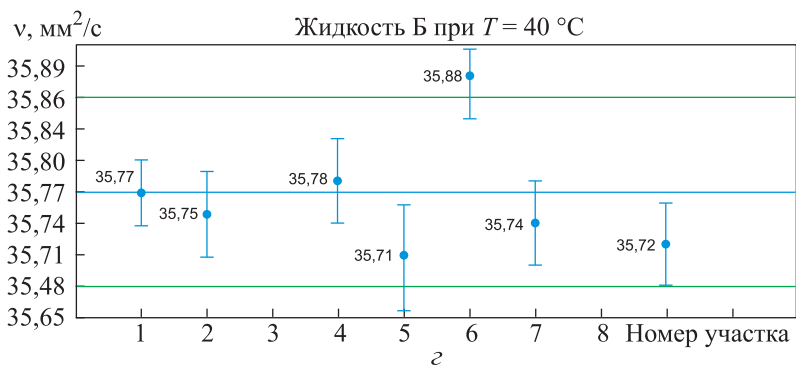
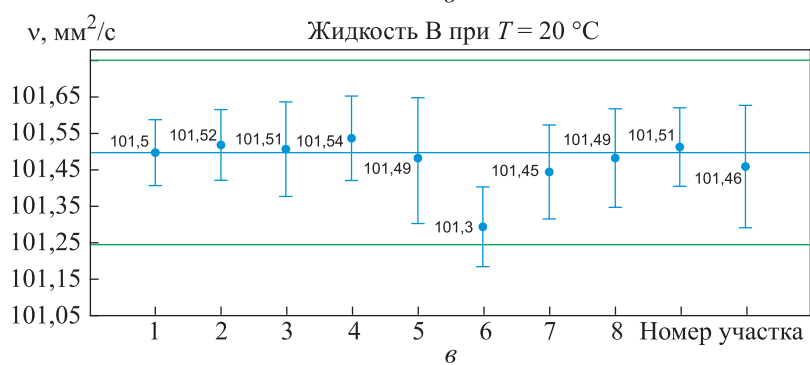
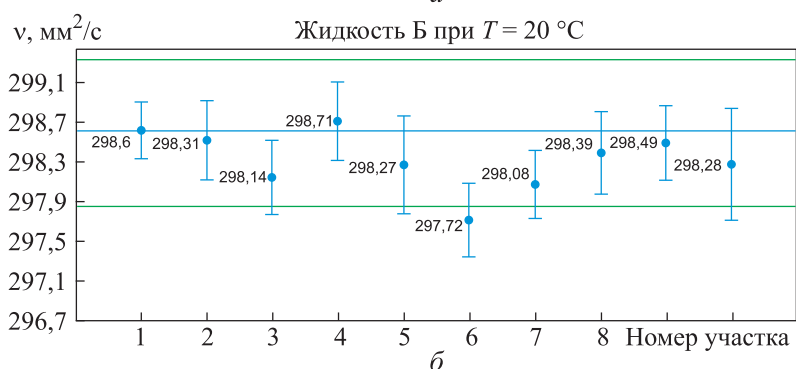
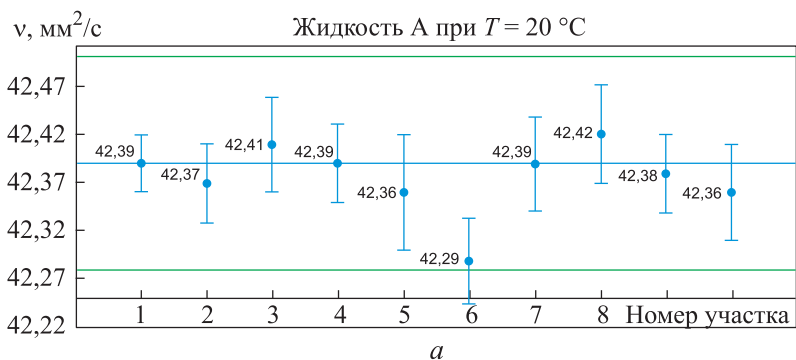
¹ ГОСТ 34100.3–2017¹ (ISO/IEC Guide 98-3:2008). Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. М., Стандартинформ, 2018.

Таблица 1

**Измеренные значения и значения относительной расширенной неопределенности измерений
кинематической вязкости образцов жидкостей**

Участник	Жидкость																							
	А при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$						Б при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$						В при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$						Б при $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$					
	ν , мм ² /с	$U_R(\nu)$, %	$\delta(\nu)$, %	ν , мм ² /с	$U_R(\nu)$, %	$\delta(\nu)$, %	ν , мм ² /с	$U_R(\nu)$, %	$\delta(\nu)$, %	ν , мм ² /с	$U_R(\nu)$, %	$\delta(\nu)$, %	ν , мм ² /с	$U_R(\nu)$, %	$\delta(\nu)$, %	ν , мм ² /с	$U_R(\nu)$, %	$\delta(\nu)$, %						
1*	42,39	0,07	-	101,50	0,09	-	298,60	0,10	-	298,60	0,10	-	35,77	0,07	-	35,77	0,07	-						
2	42,37	0,10	-0,05	101,52	0,10	0,02	298,51	0,12	0,02	298,51	0,12	-0,03	35,75	0,10	-0,06	35,75	0,10	-0,06						
3	42,40	0,12	0,02	101,51	0,13	-0,01	298,14	0,12	-0,01	298,14	0,12	-0,15	-	-	-	-	-	-						
4	42,39	0,10	0	101,54	0,12	0,04	298,71	0,12	0,04	298,71	0,12	0,04	35,78	0,10	0,03	35,78	0,10	0,03						
5	42,36	0,15	-0,07	101,49	0,17	-0,01	298,27	0,16	-0,01	298,27	0,16	-0,11	35,71	0,15	-0,17	35,71	0,15	-0,17						
6	42,29	0,11	-0,23	101,30	0,11	-0,20	297,72	0,12	-0,20	297,72	0,12	-	35,88	0,11	0,31	35,88	0,11	0,31						
7	42,39	0,11	0	101,45	0,13	-0,05	298,08	0,12	-0,05	298,08	0,12	-0,17	35,74	0,11	-0,08	35,74	0,11	-0,08						
8	42,42	0,12	0,07	101,49	0,14	-0,01	298,39	0,14	-0,01	298,39	0,14	-0,07	-	-	-	-	-	-						
9	42,38	0,10	-0,02	101,51	0,10	0,01	298,49	0,12	0,01	298,49	0,12	-0,04	35,72	0,10	-0,14	35,72	0,10	-0,14						
10	42,36	0,12	-0,07	101,46	0,17	-0,04	298,28	0,18	-0,04	298,28	0,18	-0,11	-	-	-	-	-	-						

* Значение (ВНИИМ), полученное на ГЭТ 17-2018 и принятое в качестве опорного; $U_R(\nu)$, % — расширенная относительная неопределенность измерений кинематической вязкости ($k = 2$); $\delta(\nu)$, % — относительное отклонение от среднего значения.



Результаты сравнительных измерений кинематической вязкости образцов жидкостей А, Б и В

В приведенных сравнительных измерениях кинематической вязкости образцов жидкостей (см. рисунок) под опорным значением следует понимать измеренное значение кинематической вязкости образца жидкости, полученное на ГЭТ 17–2018.

На втором этапе проводили проверку согласованности данных сравнительных измерений кинематической вязкости образцов жидкостей А, Б и В по E_n -индексу, рассчитанному по формуле

$$E_n = \frac{|v_i - v_{ref}|}{2\sqrt{u^2(v_i) + u^2(v_{ref}) - 2\text{cov}(v_i, v_{ref})}} \leq 1, 0. \quad (3)$$

Если условие (3) выполнялось, то данные этих лабораторий признавали подтверждающими заявленные результаты измерений, при этом значение ковариации принято равным нулю, $\text{cov}(v_i, v_{ref}) = 0$.

Результаты оценивания данных сравнительных измерений кинематической вязкости образцов жидкостей А, Б и В приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты оценивания данных по E_n -индексу

Номер лаборатории	Жидкость			
	А при $T = 20\text{ }^\circ\text{C}$	Б при $T = 20\text{ }^\circ\text{C}$	В при $T = 20\text{ }^\circ\text{C}$	Б при $T = 40\text{ }^\circ\text{C}$
2	0,4	0,2	0,2	0,5
3	0,2	0,1	1,0	–
4	0	0,3	0,2	0,2
5	0,4	0,1	0,6	1,0
6	1,8	1,4	1,9	2,4
7	0	0,3	1,1	0,7
8	0,5	0,1	0,4	–
9	0,2	0,1	0	1,2
10	0,5	0,2	0,5	–

Подтверждение измерительных возможностей участников сравнительных измерений оценивали с применением E_n -индекса в соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17043:2013². Заключение о качестве результатов измерений кинематической вязкости образцов жидкостей А, Б и В выдавали на основе сравнения E_n -индекса с установленными нормативами контроля согласно ГОСТ ISO/IEC 17043:2013.

² ГОСТ ISO/IEC 17043:2013. Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации. М., Стандартиформ, 2020.

На первом этапе оценивания данных специалисты научно-исследовательской лаборатории государственных эталонов в области измерений плотности и вязкости жидкости ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» определили опорное значение сравнительных измерений и соответствующую неопределенность v_{ref} , $U_R(v_{ref})$.

Заключение. В результате анализа полученных данных выявлено, что заявленные значения относительной расширенной неопределенности измерений кинематической вязкости при температуре 20 и 40 °С подтвердило большинство участников. Однако результаты измерений, полученные участником под номером шесть, существенно отклоняются от опорного значения, причем с разным знаком (как +, так и –), что, вероятно, может быть связано с недостаточной квалификацией оператора, проводившего измерения.

Результаты сравнительных измерений кинематической вязкости образцов жидкостей, проведенных в период с мая 2019 г. по февраль 2020 г., позволили оценить измерительные возможности организаций, аккредитованных на право поверки средств измерений вязкости, в первую очередь центров стандартизации, метрологии и испытаний РФ, и подтвердить целесообразность проведения совокупной оценки соответствия эталонных комплексов — рабочих эталонов первого разряда.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Скворцов Л.С., Рачицкий В.А., Ровенский В.Б. Компрессорные и насосные установки. М., Машиностроение, 1988.
- [2] Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. Курс общей физики. Механика и молекулярная физика. М., Наука, 1969.
- [3] Филипова О.Е., Хохлов А.Р. Вязкость разбавленных полимеров. М., Наука, 2002.
- [4] Шрамм Г. Основы практической реологии и реометрии. М., КолосС, 2003.
- [5] Добыча нефтяного сырья. *minenergo.gov.ru: веб-сайт*. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1209> (дата обращения: 03.08.2021).
- [6] Цурко А.А. История развития измерений вязкости. *Матер. 27 симп. по реологии*. Тверь, 2014, с. 188–191.
- [7] Степанов Л.П. Измерение вязкости жидкостей. М., [б. и.], 1966.
- [8] Mezger T.G. The rheology handbook. Hanover, Vincentz, 2006.
- [9] Катюхин В.Е., Карбаинова С.Н. Определение вязкости жидкостей. Томск, Изд-во ТПУ, 2007.
- [10] Фукс Г.И. Вязкость и пластичность нефтепродуктов. М., Ижевск, ИКИ, 2003.

[11] Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы, приложения. СПб., Профессия, 2007.

[12] Неклюдова А.А., Демьянов А.А., Сулаберидзе В.Ш. Совершенствование обеспечения единства измерений вязкости жидких сред в диапазоне температур от минус 40 °С до 150 °С. *Мир измерений*, 2017, № 2, с. 16–21.

[13] Неклюдова А.А. Совершенствование метрологического обеспечения измерений вязкости жидких сред в интервале температуры от минус 40 °С до 150 °С. Дис. ... канд. техн. наук. СПб., ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, 2019.

[14] Демьянов А.А., Цурко А.А. Государственный первичный эталон единицы кинематической вязкости жидкости в диапазоне от $4 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-1} \text{ м}^2/\text{с}$ (ГЭТ 17–96). В кн.: Российская метрологическая энциклопедия. Т. 1. СПб., Гуманистика, 2015, с. 380–382.

[15] Демьянов А.А., Неклюдова А.А. Государственный первичный эталон единицы кинематической вязкости жидкости ГЭТ 17–96. *Матер. 28 симп. по реологии*, 2016, с. 74–75.

Неклюдова Анастасия Александровна — канд. техн. наук, заместитель руководителя научно-исследовательской лаборатории государственных эталонов в области измерений плотности и вязкости жидкости, доцент кафедры «Теоретическая и прикладная метрология» ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» (Российская Федерация, 190005, Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 19).

Демьянов Алексей Алексеевич — руководитель научно-исследовательской лаборатории государственных эталонов в области измерений плотности и вязкости жидкости ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» (Российская Федерация, 190005, Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 19).

Сулаберидзе Владимир Шалвович — д-р техн. наук, профессор, главный специалист лаборатории законодательной метрологии и метрологического программного обеспечения ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» (Российская Федерация, 190005, Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 19).

Чекирда Константин Владимирович — канд. техн. наук, заместитель генерального директора ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» (Российская Федерация, 190005, Санкт-Петербург, Московский пр-т, д. 19).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Неклюдова А.А., Демьянов А.А., Сулаберидзе В.Ш. и др. Результаты сравнительных измерений кинематической вязкости образцов жидкостей. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2022, № 3 (140), с. 103–114.

DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3933-2022-3-103-114>

RESULTS OF COMPARATIVE KINEMATIC VISCOSITY MEASUREMENTS FOR FLUID SAMPLES

A.A. Neklyudova

a.a.tsurko@vniim.ru

A.A. Demyanov

a.a.demyanov@vniim.ru

V.Sh. Sulaberidze

v.sh.sulaberidze@vniim.ru

K.V. Chekirda

k.v.chekirda@vniim.ru

**D.I. Mendeleev All-Russian Institute for Metrology,
St. Petersburg, Russian Federation**

Abstract

The Russian Federation uses more than 20 working standards for the unit of kinematic fluid viscosity, which require conformity of their metrological properties to be regularly confirmed. In accordance with the order no. 2622 of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology (Rosstandart) dated Nov. 05th 2019 “On approval of the State verification schedule for means of measuring fluid viscosity”, at present, working standards of the first category are represented by reference sets intended for storing and transmitting the unit of kinematic fluid viscosity, but not by sets of reference glass capillary viscometers, as formerly. Typically, reference sets include sets of reference glass capillary viscometers, liquid thermostats, reference resistance thermometers and temperature transducers, electronic stopwatches with timer output, and ancillary equipment. The paper presents comparative measurement results regarding kinematic viscosity of fluid samples. D.I. Mendeleev All-Russian Institute for Metrology specialists studies have been conducted in order to establish a measurement result ratio when transferring the unit of kinematic fluid viscosity by means of standards of the first category

Keywords

Kinematic viscosity, comparative measurements, working standard, viscometer, reference set, measurement uncertainty, fluid samples, state verification schedule

Received 17.11.2021

Accepted 22.06.2022

© Author(s), 2022

REFERENCES

- [1] Skvortsov L.S., Rachitskiy V.A., Rovenskiy V.B. Kompresornye i nasosnye ustanovki [Compressor and pumping units]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1988.
- [2] Landau L.D., Akhiezer A.I., Lifshits E.M. Kurs obshchey fiziki. Mekhanika i molekulyarnaya fizika [Course of general physics. Mechanics and molecular physics]. Moscow, Nauka Publ., 1969.
- [3] Fillipova O.E., Khokhlov A.R. Vyazkost razbavlennykh polimerov [Viscosity of dilute polymers]. Moscow, Nauka Publ., 2002.

- [4] Schramm G. A practical approach to rheology and rheometry. Karlsruhe, Gebrueder Haake, 1994.
- [5] Dobycha neftyanogo syrya [Oil stock production]. *minenergo.gov.ru: website* (in Russ.). Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/1209> (accessed: 03.08.2021)
- [6] Tsurko A.A. [The history of development of viscosity measurements]. *Mater. 27 simp. po reologii* [Proc. 27th Symp on Rheology]. Tver, 2014, pp. 188–191 (in Russ.).
- [7] Stepanov L.P. *Izmerenie vyazkosti zhidkostey* [Measurement of viscosity of liquids]. Moscow, 1966.
- [8] Mezger T.G. *The rheology handbook*. Hanover, Vincentz, 2006.
- [9] Katyukhin V.E., Karbainova S.N. *Opreделение vyazkosti zhidkostey* [Measurement of viscosity of liquids]. Tomsk, TPU Publ., 2007.
- [10] Fuks G.I. *Vyazkost i plastichnost nefteproduktov* [Viscosity and plasticity of petroleum products]. Moscow, Izhevsk, IKI Publ., 2003.
- [11] Malkin A.Ya., Isaev A.I. *Reologiya: kontseptsii, metody, prilozheniya* [Rheology: concepts, methods, applications]. St. Petersburg, Professiya Publ., 2007.
- [12] Neklyudova A.A., Demyanov A.A., Sulaberidze V.Sh. Improvement unity of measurements of the viscosity liquid medium in the range of temperature minus 40 °C to 150 °C. *Mir izmereniy* [Measurements World], 2017, no. 2, pp. 16–21 (in Russ.).
- [13] Neklyudova A.A. *Sovershenstvovanie metrologicheskogo obespecheniya izmereniy vyazkosti zhidkikh sred v intervale temperatury ot minus 40 °C do 150 °C*. Dis. kand. tekhn. nauk [Improving metrological maintenance of liquid media viscosity measurements at a temperature range from –40 °C to 150 °C. Cand. Sc. (Eng.). Diss.]. St. Petersburg, VNIIM, 2019 (in Russ.).
- [14] Demyanov A.A., Tsurko A.A. *Gosudarstvennyy pervichnyy etalon edinitsy kinematocheskoy vyazkosti zhidkosti v diapazone ot $4 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ (GET 17–96)* [The State primary standard of a unit of liquid kinematic viscosity at a range from $4 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$ (GET 17–96)]. V kn.: *Rossiyskaya metrologicheskaya entsiklopediya* [In: Russian metrological encyclopedia]. Vol. 1. St. Petersburg, Gumanistika Publ., 2015, pp. 380–382 (in Russ.).
- [15] Demyanov A.A., Neklyudova A.A. [National primary standard of the unit kinematic viscosity of the liquid]. *Mater. 28 simp. po reologii* [Proc. 28th Symp on Rheology], 2016, pp. 74–75 (in Russ.).

Neklyudova A.A. — Cand. Sc. (Eng.), Deputy Head of Research Laboratory of State Standards in the Field of Fluid Density and Viscosity Measurements, Assoc. Professor, Department of Theoretical and Applied Metrology, D.I. Mendeleev All-Russian Institute for Metrology (Moskovskiy prospekt 19, St. Petersburg, 190005 Russian Federation).

Demyanov A.A. — Head of the Research Laboratory of State Standards in the Field of Fluid Density and Viscosity Measurements, D.I. Mendeleev All-Russian Institute for Metrology (Moskovskiy prospekt 19, St. Petersburg, 190005 Russian Federation).

Sulaberidze V.Sh. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Leading Specialist, Laboratory of Legal Metrology and Metrological Software, D.I. Mendeleev All-Russian Institute for Metrology (Moskovskiy prospekt 19, St. Petersburg, 190005 Russian Federation).

Chekirda K.V. — Cand. Sc. (Eng.), Deputy General Director of the D.I. Mendeleev All-Russian Institute for Metrology (Moskovskiy prospekt 19, St. Petersburg, 190005 Russian Federation).

Please cite this article in English as:

Neklyudova A.A., Demyanov A.A., Sulaberidze V.Sh., et al. Results of comparative kinematic viscosity measurements for fluid samples. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Instrument Engineering*, 2022, no. 3 (140), pp. 103–114 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18698/0236-3933-2022-3-103-114>