

## О ВЫБОРЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ ТИПОВ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ, АТТЕСТУЕМЫХ В ИНТЕРВАЛЕ ДОПУСКАЕМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОТ $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ДО $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$

© А. А. Неклюдова, А. А. Демьянов

ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»), г. Санкт-Петербург, Россия  
ResearcherID: O-3887-2018, e-mail: A. A. Tsurko@vniim.ru

Поступила в редакцию – 30 апреля 2021 г., после доработки – 17 мая 2021 г.

Принята к публикации – 20 июля 2021 г.

*В статье представлены результаты исследований, направленных на выбор материалов для производства новых типов стандартных образцов, которые предназначены для поверки, калибровки и испытаний в целях утверждения типа средств измерений вязкости жидкостей, а также аттестации методик измерений вязкости жидких сред при температурах ниже  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .*

*Разработанные стандартные образцы аттестуют в интервале допускаемых значений температуры от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что позволяет метрологически обеспечить большую номенклатуру современных средств измерений вязкости жидкостей, таких как вискозиметры стеклянные капиллярные, вискозиметры ротационные, реометры и т. д.*

**Ключевые слова:** стандартные образцы утвержденных типов, динамическая вязкость, температура, прослеживаемость, обеспечение единства измерений

---

### Ссылка при цитировании:

Неклюдова А. А., Демьянов А. А. О выборе материалов для производства новых типов стандартных образцов вязкости жидкости, аттестуемых в интервале допускаемых значений температуры от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  // Эталоны. Стандартные образцы. 2021. Т. 17. № 3. С. 63–71. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-3-63-71>

### For citation:

*Neklyudova A. A., Demyanov A. A. The choice of materials for production of new reference materials of liquid viscosity certified in the interval of allowed temperature values from  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . *Measurement standards. Reference materials*. 2021;17(3):63–71. <https://doi.org/10.20915/2687-0886-2021-17-3-63-71> (In Russ.).*

# THE CHOICE OF MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF NEW REFERENCE MATERIALS OF LIQUID VISCOSITY CERTIFIED IN THE INTERVAL OF ALLOWED TEMPERATURE VALUES FROM $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ TO $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$

© Anastasiya A. Neklyudova, Aleksey A. Demyanov

D. I. Mendeleev Institute for Metrology (VNIIM), Saint Petersburg, Russia  
ResearcherID O-3887-2018, e-mail: A. A. Tsurko@vniim.ru

Received – 20 April, 2021. Revised – 17 May, 2021.

Accepted for publication – 20 July, 2021

*The article presents the results of research aimed at the selection of materials for the production of new reference materials intended for verification, calibration, and testing for type approval of means of measuring the viscosity of liquids, as well as certification of methods for measuring the viscosity of liquid media at temperatures below  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . The developed reference materials are certified in the interval of allowed temperature values from  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . This allows providing a wide range of modern methods for measuring the viscosity of liquids such as glass capillary viscometers, rotational viscometers, rheometers, etc.*

**Key words:** reference materials of approved types, dynamic viscosity, temperature, traceability, ensuring the uniformity of measurements

## Введение

Нефтяная промышленность играет большую роль в экономике любой страны, в том числе и Российской Федерации. В настоящее время в России функционирует 32 крупных нефтеперерабатывающих завода (НПЗ) [1] с объемами переработки более одного миллиона тонн в год и значительное количество малых нефтеперерабатывающих заводов. По общей мощности российская нефтеперерабатывающая промышленность занимает третье место в мире, уступая США и Китаю [2].

В пятерку крупнейших нефтеперерабатывающих компаний России входят ПАО «Газпром-нефть», ОАО «Сургутнефтегаз», ПАО «Роснефть», ПАО «Нефтяная компания «Лукойл», ПАО АНК «Башнефть» [3].

В соответствии с Государственной программой «Развитие энергетики» [4] на период с 2013 по 2024 гг. запланировано повышение глубины переработки нефти и увеличение выпуска топлива, соответствующего техническим регламентам, а также строительство, модернизация и реконструкция нефтеперерабатывающих предприятий.

Все эти мероприятия должны обеспечить не только увеличение количества производимых нефтепродуктов,

снижение неэффективной переработки сырья, но и повысить качество производимой продукции.

К основным продуктам, производимым НПЗ, относятся бензины, керосины, авиационное и ракетное топливо, мазуты, дизельные топлива, масла, смазки, битумы, нефтяной кокс и т. д.

При оценке качества нефтепродуктов широкое распространение наряду с такими параметрами, как плотность и фракционный состав, получил коэффициент вязкости. В свою очередь, от точности определения данного коэффициента зависит правильность принимаемого решения при технологическом контроле качества выпускаемой продукции. Наибольшее влияние на точность измерений оказывают применяемые средства измерений (СИ), методики измерений (МИ) и квалификация оператора.

На сегодняшний день существует огромное количество СИ вязкости, которые применяются в нефтеперерабатывающей промышленности, относящейся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений. Таким образом, в силу Федерального закона от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», данные СИ должны проходить первичную и периодическую поверку [5].

Поверка СИ вязкости, в соответствии с документом «Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений вязкости жидкостей», утвержденным приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 05.11.2019 № 2622 [6], должна осуществляться с применением рабочих эталонов второго разряда, представляющих собой стандартные образцы (СО) вязкости жидкости, либо методом непосредственного сличения с использованием градуировочных жидкостей (компараторов).

Потребность в большой номенклатуре СО вязкости жидкости определялась многообразием типов СИ в области вискозиметрии, так как существовала проблема метрологического обеспечения СИ, позволяющих определять вязкость жидкостей в диапазоне значений температуры от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Данные СИ, как правило, применяются при контроле качества моторных масел и смазок, что подразумевает проведение поверок этих СИ с применением СО.

Таким образом, разработка стабильных и однородных СО вязкости жидкости, аттестуемых в интервале допустимых значений температуры от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , являлась актуальной задачей.

## Материалы и методы

### Разработка и исследование стандартных образцов

Разработка СО вязкости жидкости, аттестуемых в интервале допустимых значений температуры от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , проводилась в рамках совершенствования ГЭТ 17–96<sup>1</sup>.

Разработка СО включала шесть этапов:

- на первом этапе производили сбор и анализ исходной информации, составляли техническое задание (ТЗ) на разработку СО, проводили его метрологическую экспертизу и утверждение;

- на втором этапе производили выбор исходных материалов, способов приготовления СО, способов описания их характеристик, маркировки, хранения и транспортировки, разработку схемы метрологической прослеживаемости;

- третий этап включал подготовительные работы: калибровку, поверку и проверку пригодности оборудования; обеспечение необходимых условий в помещениях для производства СО, разработку, оценку пригодности (валидацию, аттестацию) методик измерений; обучение персонала;

- на четвертом этапе изготавливали опытные экземпляры (партию) СО, выполняли измерения для установления (приписывания) значений характеристик СО;

- на пятом этапе оценивали однородность, стабильность СО, неопределенность аттестованных значений СО;
- на шестом этапе оформляли документы на разработанные СО.

При отборе исходных материалов для разработки СО вязкости жидкости ранее авторами было проведено исследование однородности моторного масла Mobil 1 10W-60 (Mobil passenger-vehicle-lube, Russia) как отрицательного примера по применению подобных материалов при производстве стандартных образцов вязкости жидкости.

При проведении исследований однородности материала образца моторного масла Mobil 1 10W-60 применялся капиллярный метод измерений. Представительная проба материала моторного масла отбиралась из  $\frac{1}{2}$  верхней части флакона, а также из  $\frac{1}{2}$  нижней части флакона, как показано на рис. 1.



Рис. 1. Схема отбора представительной пробы моторного масла Mobil 1 10W-60

Fig. 1. Mobil 1 10W-60 Engine Oil Representative Sampling Scheme

Результаты измерений кинематической вязкости моторного масла Mobil 1 10W-60 при температуре  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  с применением капиллярного метода измерений приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что относительное выборочное стандартное отклонение среднего арифметического, полученного при проведении данного эксперимента, достигает 0,4 %, что является довольно большим значением, так как при проведении измерений вязкости однородных жидкостей с применением капиллярного метода измерений и рабочих эталонов 1 разряда, данный параметр обычно не превышает 0,1 % [6].

<sup>1</sup> ГЭТ 17–96 Государственный первичный эталон единицы кинематической вязкости жидкости // Федер. информац. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/12/items/947620>

Таблица. 1 Результаты измерений кинематической вязкости моторного масла Mobil 1 10W-60  
Table. 1 The measurement results of kinematic viscosity of Mobil 1 10W-60 Engine Oil

| Параметры   | Номер пробы |        |
|---|-------------|--------|
|   | 1           | 2      |
| Среднее измеренное значение времени истечения, с                              | 157,62      | 159,78 |
| Относительное выборочное стандартное отклонение среднего арифметического, %   | 0,2         | 0,4    |
| Кинематическая вязкость моторного масла при $T = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 8262,8      | 8029,5 |
| Сходимость, %   | 1,4         |        |

Сходимость полученных результатов кинематической вязкости моторного масла между пробой № 1 и № 2, отобранных из одного экземпляра, составила 1,4 %, что также свидетельствует о том, что данный материал удовлетворяет требованиям к качеству моторных масел данного класса, но и подтверждает то, что его нельзя применять в качестве материала СО ввиду его существенной неоднородности [7].

О непригодности применения моторного масла в качестве материала стандартного образца свидетельствуют также и другие экспериментальные результаты.

При исследовании динамической вязкости образца, произведенного на основе моторного масла TNK Revolut D2 10W-40 (Роснефть, Россия), ротационным методом при температуре  $T = (-25,00 \pm 0,05)\text{ }^{\circ}\text{C}$  на реометре Physica MCR301 (Anton Paar GmbH, Германия)<sup>2</sup>, были проведены эксперименты, направленные на установление повторяемости измеренных значений

<sup>2</sup> Реометры Physica MCR // Федер. информац. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4> (дата обращения: 24.04.2021).

Таблица. 2 Результаты измерений динамической вязкости образца на основе моторного масла TNK 10W-40 при температуре  $T = (-25,00 \pm 0,05)\text{ }^{\circ}\text{C}$

Table. 2 The measurement results of dynamic viscosity of the material based on TNK 10W-40 Engine Oil at the temperature  $T = (-25.00 \pm 0.05)\text{ }^{\circ}\text{C}$

| Номер серии измерений | Среднее измеренное значение динамической вязкости, мПа·с | Скорость вращения измерительного ротора, мин <sup>-1</sup> | Скорость сдвига, с <sup>-1</sup> | Относительная повторяемость средних измеренных значений динамической вязкости, % |
|-----------------------|--|--|----------------------------------|--|
| 1                     | 11170  | 30,0   | 38,6                             | —  |
| 2                     | 11240  |  |                                  | +0,6   |
| 3                     | 11370  |  |                                  | +1,8   |
| 4                     | 11350  |  |                                  | +1,6   |
| 5                     | 11300  |  |                                  | +1,2   |

динамической вязкости моторного масла TNK 10W-40 при скорости сдвига  $38,6\text{ с}^{-1}$  и пяти загрузках материала образца (пять серий измерений с 15 наблюдениями) в измерительную систему одним оператором, на одном и том же средстве измерений. Результаты исследования представлены в табл. 2 и на рис. 2.

При проведении исследований также было установлено, что данное моторное масло, содержащее пакет присадок, является неньютоновской жидкостью [8], т. е. имеется зависимость динамической вязкости моторного масла TNK 10W-40 от скорости сдвига.

На рис. 3 приведена зависимость динамической вязкости TNK 10W-40 от скорости сдвига в интервале от  $0\text{ мин}^{-1}$  до  $60\text{ мин}^{-1}$ .

Согласно паспортам качества готовые к применению моторные масла содержат механические примеси, массовая доля которых может достигать 0,015 %, что также может повлиять на качество стандартного образца вязкости, произведенного из такого материала.

Таким образом, сделан вывод о том, что применение готовых моторных масел является неприемлемым

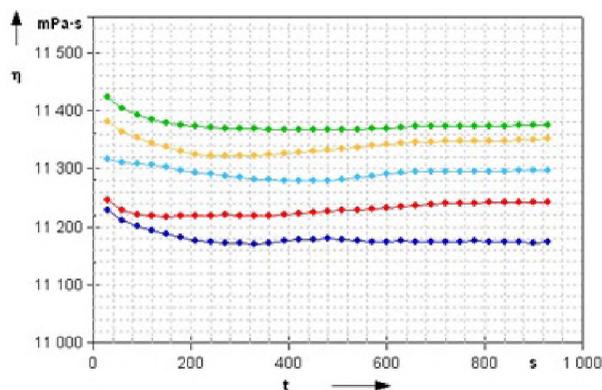


Рис. 2. Повторяемость измеренных значений динамической вязкости образца, произведенного на основе моторного масла ТНК при постоянной скорости сдвига

Fig. 2. The repeatability of the measured values of dynamic viscosity of the material produced based on TNK Engine Oil at a constant shear rate

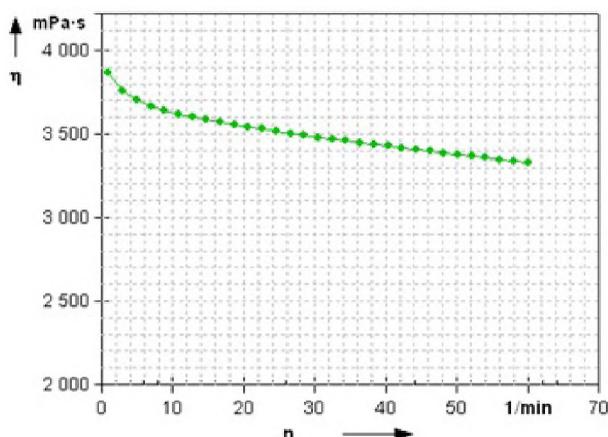


Рис. 3. Зависимость динамической вязкости образца на основе моторного масла ТНК 10W-40 от скорости сдвига

Fig. 3. The dependence of dynamic viscosity of the material based on TNK 10W-40 Engine Oil on shear rate

вариантом для производства СО вязкости жидкости, так как содержащиеся в масле присадки негативно влияют на стабильность и однородность такого материала, к тому же такие масла являются неньютоновскими жидкостями, что влечет за собой необходимость четкой фиксации в эксперименте скорости сдвига.

С целью выявления наиболее стабильных и однородных материалов, пригодных для производства СО вязкости, был произведен анализ современных базовых масел, свободных от присадок и механических примесей.

Для проведения исследований были отобраны синтетические и минеральные моторные масла, а также смеси последних.

Для производства низкотемпературных СО были отобраны базовые синтетические моторные масла 4 группы – полиальфаолефины.

Ведущими производителями полиальфаолефинов в мире являются: Idemitsu Kosan Co. – Lenealene, Япония; Exxon Mobil – SpectraSyn, США и Франция; INEOS – Durasyn, США и Бельгия; Chemtura – Synton, Канада; ChevronPhillips – SynFluid, США; Татнефть – Нижнекамскнефтехим, Россия.

Для подтверждения пригодности выбранных материалов в качестве образцов вязкости были проведены эксперименты, направленные на установление повторяемости измеренных значений динамической вязкости с применением ротационного метода и реометра Physica MCR301, как и в экспериментах с моторным маслом. Скорость вращения измерительного ротора также составляла 30 мин<sup>-1</sup>, количество загрузок материала ПАО 170 – пять.

Результаты измерений динамической вязкости образца на основе ПАО-170 при температуре  $T = (-25,00 \pm 0,05) ^\circ\text{C}$  приведены в табл. 3 и на рис. 4.

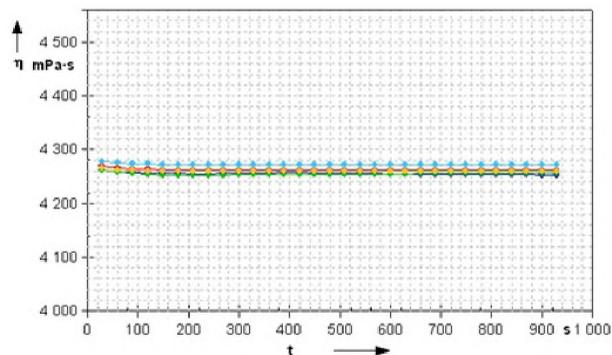


Рис. 4. Повторяемость измеренных значений динамической вязкости образца, произведенного на основе ПАО-170 при постоянной скорости сдвига

Fig. 4. The repeatability of the measured values of dynamic viscosity of the material produced based on PAO-170 at a constant shear rate

В ходе проведения исследований также было установлено, что данное базовое масло, не содержащее пакета присадок, является ньютоновской жидкостью, т. е. не имеет зависимости динамической вязкости от скорости сдвига (исследование проведено в диапазоне скоростей вращения измерительного ротора от 1 мин<sup>-1</sup> до 60 мин<sup>-1</sup>).

На рис. 5 представлены зависимости динамической вязкости исследованных образцов на основе моторного масла и полиальфаолефина. Температуры, при которых проводились эксперименты, подбирались

Таблица. 3 Результаты измерений динамической вязкости образца на основе ПАО 170 при температуре  $T = (-25,00 \pm 0,05) \text{ } ^\circ\text{C}$

Table. 3 The measurement results of dynamic viscosity of the material based on PAO 170 at the temperature  $T = (-25.00 \pm 0.05) \text{ } ^\circ\text{C}$

| Номер серии измерений | Среднее измеренное значение динамической вязкости, мПа·с | Скорость вращения измерительного ротора, мин <sup>-1</sup> | Скорость сдвига, с <sup>-1</sup> | Относительная повторяемость средних измеренных значений динамической вязкости, % |
|-----------------------|--|--|----------------------------------|--|
| 1                     | 4254,0   | 30,0   | 38,6                             | –  |
| 2                     | 4261,4   |  |                                  | +0,2   |
| 3                     | 4254,8   |  |                                  | +0,02  |
| 4                     | 4259,5   |  |                                  | +0,1   |
| 5                     | 4271,9   |  |                                  | +0,4   |

таким образом, чтобы номинальные значения динамической вязкости образцов находились в пределах от 3000 мПа·с до 5000 мПа·с, т. е. были сопоставимы.

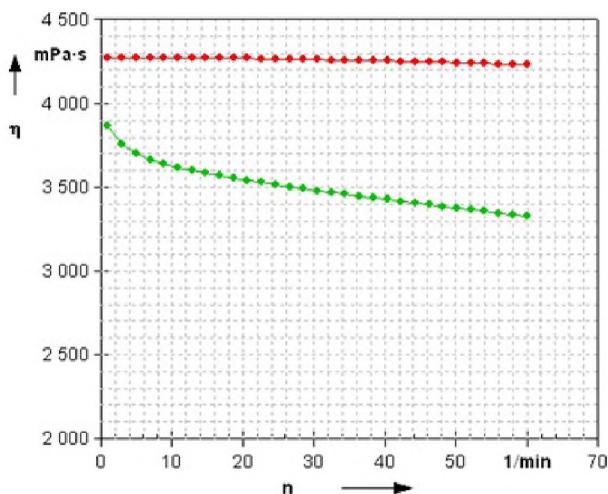


Рис. 5. Зависимость динамической вязкости образцов на основе моторного масла и полиальфаолефина от скорости сдвига

Fig. 5. The dependence of dynamic viscosity of the material based on engine oil and polyalphaolefin on shear rate

При проведении измерений кинематической вязкости синтетических базовых и моторных масел визуально было установлено, что в материале моторного масла, залитого в капиллярный стеклянный вискозиметр и помещенного в термостатическую ванну, в которой была установлена температура  $-30 \text{ } ^\circ\text{C}$ , происходят изменения структуры, т. е. масло из желтой прозрачной жидкости превращается в бело-желтую помутневшую субстанцию. Такого эффекта не наблюдается

при помещении в те же условия полиальфаолефиновых масел.

На рис. 6 и 7 представлены фотографии моторных и полиальфаолефиновых масел, помещенных в капиллярном стеклянном вискозиметре в термостатическую ванну.



Рис. 6. Моторные масла, помещенные в капиллярном стеклянном вискозиметре в термостатическую ванну при температуре  $-30 \text{ } ^\circ\text{C}$

Fig. 6. Engine oils placed in a glass capillary viscometer in a thermostatic bath at a temperature of  $-30 \text{ } ^\circ\text{C}$



Рис. 7. Полиальфаолефиновое масло, помещенное в капиллярном стеклянном вискозиметре в термостатическую ванну при температуре  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$

Fig. 7. Polyalphaolefin oil placed in a glass capillary viscometer in a thermostatic bath at a temperature of  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$

### Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, на основе проведенных исследований авторами сделан вывод: что моторные масла Mobil 1 10W-60 и THK Revolux D2 10W-40, готовые к применению, т. е. содержащие комплекс присадок, удовлетворяют требованиям, предъявляемым к маслам, эксплуатируемым в двигателях внутреннего сгорания, но не пригодны для применения в качестве материалов СО ввиду их высокой нестабильности и неоднородности, а базовые моторные масла IV группы – полиальфаолефины фирм Idemitsu Kosan Co. – Lenealene, Exxon Mobil – SpectraSyn, INEOS – Durasyn, Chemtura – Synton, ChevronPhillips – SynFluid, Татнефть – Нижнекамскнефтехим, не содержащие присадок и механических примесей, в чистом виде не пригодны для применения в двигателях, но демонстрируют высокую стабильность и однородность, следовательно, пригодность для применения их в качестве материала СО вязкости жидкости.

На основе проведенного исследования авторами было разработано три стандартных образца: ГСО 11516–2020 РЭВ-ВНИИМ-50, ГСО 11517–2020 РЭВ-ВНИИМ-100 и ГСО 11518–2020 РЭВ-ВНИИМ-200.

Метрологические характеристики разработанных СО, аттестуемых в интервале допустимых значений температуры от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , представлены в табл. 4–6.

Таблица 4. Метрологические характеристики ГСО 11516–2020 РЭВ-ВНИИМ-50

Table 4. Metrological characteristics of REV-VNIIM-50

| Наименование аттестуемой характеристики   | Интервал допускаемых аттестованных значений, измеренных при температуре, $^{\circ}\text{C}$ |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                  |
|---|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|   | $-40,00 \pm 0,02$   | $-35,00 \pm 0,02$ | $-30,00 \pm 0,02$ | $-25,00 \pm 0,02$ | $-20,00 \pm 0,01$ | $-15,00 \pm 0,01$ | $-10,00 \pm 0,01$ | $-5,00 \pm 0,01$ |
| Кинематическая вязкость, $\nu$ , $\text{мм}^2/\text{с}$   | 6870–9300   | 3715–5035         | 2195–2975         | 1155–1565         | 865–1200          | 574–777           | 392–530           | 274–370          |
| Динамическая вязкость, $\eta$ , $\text{мПа}\cdot\text{с}$   | 5930–8020   | 3195–4325         | 1875–2545         | 985–1335          | 735–1000          | 485–657           | 330–450           | 230–315          |
| Допускаемые значения относительной расширенной неопределенности аттестованных значений динамической и кинематической вязкости ( $U_R$ )*, при $k=2$ , % | 0,4   |                   |                   |                   | 0,3               |                   |                   |                  |

\* – соответствует границам относительной погрешности  $\pm\delta$ , %, при доверительной вероятности  $P=0,95$ .

Таблица 5. Метрологические характеристики ГСО 11517–2020 РЭВ-ВНИИМ-100  
Table 5. Metrological characteristics of REV-VNIIM-100

| Наименование<br>аттестуемой характеристики  | Интервал допускаемых аттестованных значений,<br>измеренных при температуре, °С |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                |
|---|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
|   | -40,00±<br>0,02  | -35,00±<br>0,02 | -30,00±<br>0,02 | -25,00±<br>0,02 | -20,00±<br>0,01 | -15,00±<br>0,01 | -10,00±<br>0,01 | -5,00±<br>0,01 |
| Кинематическая вязкость, $\nu$ , мм <sup>2</sup> /с   | 14930–<br>20210  | 7515–<br>10250  | 4270–<br>5780   | 2560–<br>3470   | 1590–<br>2160   | 870–<br>1180    | 685–<br>925     | 470–<br>640    |
| Динамическая вязкость, $\eta$ , мПа·с   | 12930–<br>17500  | 6490–<br>8780   | 3675–<br>4975   | 2195–<br>2975   | 1360–<br>1840   | 740–<br>1010    | 580–<br>790     | 395–<br>545    |
| Допускаемые значения относительной расширенной неопределенности аттестованных значений динамической и кинематической вязкости ( $U_R$ )*, при $k=2$ , % | 0,4  |                 |                 |                 | 0,3             |                 |                 |                |

\* – соответствует границам относительной погрешности  $\pm\delta$ ,%, при доверительной вероятности  $P=0,95$ .

Таблица 6. Метрологические характеристики ГСО 11518–2020 РЭВ-ВНИИМ-200  
Table 6. Metrological characteristics of REV-VNIIM-200

| Наименование<br>аттестуемой характеристики  | Интервал допускаемых аттестованных значений,<br>измеренных при температуре, °С |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                |
|---|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
|   | -40,00±<br>0,02  | -35,00±<br>0,02 | -30,00±<br>0,02 | -25,00±<br>0,02 | -20,00±<br>0,01 | -15,00±<br>0,01 | -10,00±<br>0,01 | -5,00±<br>0,01 |
| Кинематическая вязкость, $\nu$ , мм <sup>2</sup> /с   | 29350–<br>39710  | 14380–<br>19460 | 7835–<br>10605  | 4510–<br>6105   | 2720–<br>3680   | 1450–<br>1970   | 1105–<br>1495   | 625–<br>850    |
| Динамическая вязкость, $\eta$ , мПа·с   | 25500–<br>34500  | 12445–<br>16835 | 6760–<br>9140   | 3875–<br>5242   | 2330–<br>3150   | 1240–<br>1680   | 935–<br>1270    | 530–<br>720    |
| Допускаемые значения относительной расширенной неопределенности аттестованных значений динамической и кинематической вязкости ( $U_R$ )*, при $k=2$ , % | 0,4  |                 |                 |                 | 0,3             |                 |                 |                |

\* – соответствует границам относительной погрешности  $\pm\delta$ ,%, при доверительной вероятности  $P=0,95$ .

### Заключение

Разработанные СО были опробованы в более чем в 20 метрологических работах, таких, как поверка, калибровка, испытания в целях утверждения типа СИ.

Разработанные и исследованные СО решили не только проблему отсутствия средств поверки для средств измерений вязкости в диапазоне значений температуры от -40 °С до -5 °С, но и позволили инициировать сличения национальных эталонов единицы кинематической вязкости жидкости. Предложение об организации международных сличений было озвучено представителями ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

13.05.2019 г. в г. Севре (Франция) на заседании рабочей группы CCM.WGDV.

### Вклад соавторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

### Конфликт интересов

Материал статьи подготовлен на основе доклада, представленного на IV Международной научной конференции «Стандартные образцы в измерениях и технологиях» (С.–Петербург, 1–3 декабря 2020 г.).

Переводная версия статьи на английском языке планируется к публикации в книге Medvedevskikh S., Sobina E., Kremleva O., Okrepilov M. (eds.). Reference

Materials in Measurement and Technology. RMMT 2020. Switzerland: Springer, Cham.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рябов В. А. О кризисных проблемах в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности // Нефть и газ Сибири. 2019. № 1 (34). URL: <http://sib-ngs.ru/journals/article/978> (дата обращения: 20.04.2021).
2. Переработка нефти и газового конденсата: основные показатели // Министерство энергетики Российской Федерации [сайт]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1209> (дата обращения: 20.04.2021).
3. Крупнейшие нефтеперерабатывающие заводы России // Пронедр. 2017. 25 апр. URL: <https://pronedra.ru/krupneyshie-neftepererabatyivayushhie-za-14225.html> (дата обращения: 20.04.2021).
4. Государственная программа «Развитие энергетики»: открытое министерство // Министерство энергетики Российской Федерации [сайт]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/323> (дата обращения: 21.04.2021).
5. Об обеспечении единства измерений: Федер. закон Рос. Федерации от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собрания Рос. Федерации 11 июня 2008 г.; одобрен Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 18 июня 2008 г. (в редакции от 11 июня 2021 г. // Информационно – правовой портал Гарант.ру
6. Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений вязкости жидкостей: Приказ от 05 ноября 2019 № 2622 // Федер. информац. фонд по обеспеч. единства измерений [сайт]. URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/activity/documents/orders#/order/126301> (дата обращения: 20.04.2021).
7. ГОСТ ISO Guide 34–2014 Общие требования к компетентности производителей стандартных образцов. М. : Стандартинформ, 2015. 33 с.
8. Мак-Келви Д. М. Переработка полимеров / Перевод с англ. Ю. В. Зеленева [и др.]. Москва: Химия, 1965. 442 с.

## REFERENCES

1. Ryabov V. A. On crisis problems in the oil refining and petrochemical industry. Siberian oil and gas. 2019;1(34). URL: <http://sib-ngs.ru/journals/article/978> (date of access: 20.03.2021).
2. Refining of oil and gas condensate. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/1209> (date of access: 20.04.2021).
3. The largest oil refineries in Russia. Pronedra. 2017;25 Apr. Available at: <https://pronedra.ru/oil/2017/04/25/krupneyshie-np-zrossii/> (date of access: 20.04.2021).
4. State program «Development of energy»: open ministry. Available at: <https://minenergo.gov.ru/node/323> (date of access: 21.04.2021).
5. Federal Law № 102-FZ of 26.06.2008 «On Ensuring the Uniformity of Measurements» (as amended and supplemented), 2021. 18 p.
6. On the approval of the State verification scheme for measuring instruments for the viscosity of liquids: Order No. 2622 dated November 05, 2019. Available at: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/activity/documents/orders#/order/126301> (date of access: 20.04.2021).
7. GOST ISO Guide 34–2014 General requirements for the competence of reference material producers. Moscow: Standartinform; 2019. 39 p. (in Russ.).
8. McKelvey, D. M. Processing of polymers, trans. from English. Moscow: Chemistry; 1965. 444 p.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Анастасия Александровна Неклюдова** – канд. техн. наук, заместитель руководителя Научно-исследовательской лаборатории госэталонов в области измерений плотности и вязкости жидкости ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». Российская Федерация, 190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 19  
e-mail: A. A. Tsurko@vniim.ru  
ResearcherID: O-3887–2018

**Алексей Алексеевич Демьянов** – руководитель Научно-исследовательской лаборатории госэталонов в области измерений плотности и вязкости жидкости ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». Российская Федерация, 190005, г. Санкт-Петербург, Московский пр., 19  
e-mail: A. A. Demyanov@vniim.ru  
ResearcherID: O-3983–2018

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Anastasia A. Neklyudova** – PhD, Deputy Head of Density and Viscosity Laboratory, D. I. Mendeleev Institute for Metrology (VNIIM). 19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia  
e-mail: A. A. Tsurko@vniim.ru  
ResearcherID: O-3887–2018

**Aleksey A. Demyanov** – Head of Density and Viscosity Laboratory, D. I. Mendeleev Institute for Metrology (VNIIM). 19 Moskovsky ave., St. Petersburg, 190005, Russia  
e-mail: A. A. Demyanov@vniim.ru  
ResearcherID: O-3983–2018