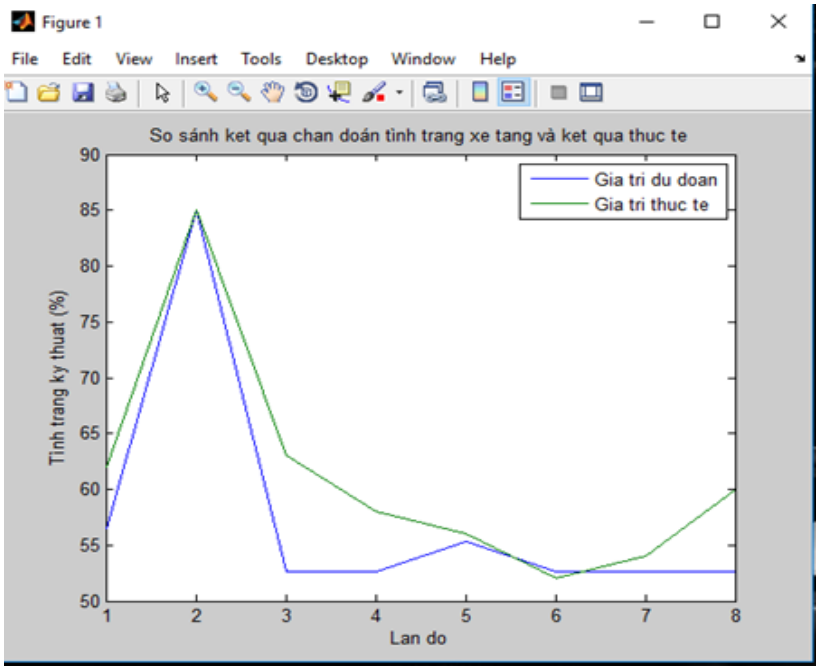

Рис.5. Результат прогнозирования и результат в эксплуатации ЭСУД

После обучения сети с использованием модели Train и предоставления тестового образца мы имеем ТС (y) = f_x (x_1, x_2, x_3, x_4, ...). Это стандартная функция, у нас есть функция ТС (y) = φ_x (x_1, x_2, x_3, x_4, ...). Мы обучаем сеть, то есть меняем веса w_1, w_2, w_3, w_4, ... так что целевая функция $\varphi_x \rightarrow fx = 100$.

Заключение

Нейронные сети используют для идентификации объектов контроля, распознавания образов и прогнозирования состояния технической системы. В статье используется метод нейронной сети RBF и набор инструментов Neural Network Toolbox от Matlab для диагностики технического состояния ЭСУД автомобиля. Применение вышеуказанного метода позволяет диагностировать аналогичные системы и конструкции на автомобилях.

Список литературы

1. Викторова Е.В. Применение нечетких нейронных сетей для технической диагностики дорожных машин/ Е.В. Викторова // Вестник ХНАДУ, – 2012, – вып. 56. – С. 98-102.

2. Хаханов, В.И., Щерба, О.В. Применение искусственных нейронных сетей для диагностирования цифровых сетей/ В.И. Хаханов, О.В. Щерба// Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2010. – № 5 (46), – С. 15-20.

3. Руководство по материальной части и эксплуатации Т-55. Ордена трудового красного знаний. Военное издательство. - Москва 1969, - 665 с.

4. Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, and Mark Hudson Beale. Neural Network Toolbox™ 7 User's Guide/www.mathworks.com.

5. Lại Như Hiền, Lại Khắc Lãi. Hệ mờ và nơron trong kỹ thuật điều khiển. Nhà xuất bản khoa học tự nhiên và công nghệ, Hà Nội 2007.

О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нгуен Минь Тиен
канд.техн.наук, преподаватель,
Вьетнамский государственный технический университет им. Ле Куй Дона,
Вьетнам, Ханой, Хоанг Куок Вьет, 236.
Неклюдова Анастасия Александровна
Заместитель руководителя лаборатории ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург,
Демьянов Алексей Алексеевич
Руководитель лаборатории ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»,
г. Санкт-Петербург,
Сулаберидзе Владимир Шалвович
Д.т.н., с.н.с., главный научный сотрудник ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты работ, проведённых в научно-исследовательской лаборатории государственных эталонов в области измерений плотности и вязкости жидкости ФГУП «ВНИИМ им. Д. И.

Менделеева», направленных на совершенствование Государственного первичного эталона единицы кинематической вязкости жидкости, а также создание основы для метрологического обеспечения измерений вязкости в РФ.

ABSTRACT

The article presents the results of work carried out in the density and viscosity laboratory D.I. Mendeleev Institute for Metrology, aimed at improving the State Primary Standard of the unit of kinematic viscosity of liquid, as well as creating the basis for metrological assurance of viscosity measurements in the Russian Federation.

Ключевые слова: вязкость, эталон, стандартные образцы, методики калибровки, исследования.

Key words: viscosity, standard, reference materials, calibration methods, research.

Вопросами измерения вязкости во ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» занимаются с 1938 г.

За прошедшие более чем 80 лет, было проведено множество научно-исследовательских работ, позволивших создать систему обеспечения единства измерений вязкости в стране. Тем не менее, наука и техника постоянно развиваются, и, как следствие, появляются новые потребности в измерениях.

Таким образом, в виду появления большого количества различных типов средств измерений вязкости [4, 5], предназначенных для применения при контроле качества жидкостей, применяемых в промышленности, стала актуальной проблема, заключающаяся в отсутствии средств поверки новых средств измерений.

В период с 2015 по 2019 гг. во ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» проводились научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование Государственного первичного эталона единицы кинематической вязкости жидкости (ГЭТ 17-96) [1], а также на разработку и исследование рабочих эталонов единиц динамической и кинематической вязкости жидкости, в том числе, стандартных образцов.

Научно-исследовательские работы по совершенствованию ГЭТ 17-96 включали:

– разработку и исследование эталонного комплекса (ЭК ГЭТ 17/2-КВН), предназначенного для воспроизведения, хранения и передачи единицы кинематической вязкости жидкости в диапазонах температуры от минус 40 °С до 20 °С и от 40 °С до 150 °С;

– разработку и исследование эталонного комплекса (ЭК ГЭТ 17/3-ДВП), предназначенного для воспроизведения, хранения и передачи единицы динамической вязкости жидкости в потоке в диапазоне температуры от 20 °С до 40 °С и диапазоне давлений от 0,5 МПа до 4,0 МПа;

– разработку и исследование эталонного комплекса (ЭК ГЭТ 17/4-ДВД), предназначенного для воспроизведения, хранения и передачи единицы динамической вязкости жидкости в диапазоне температуры от 20 °С до 40 °С и диапазоне давлений от 0,1 МПа до 4,0 МПа.

Работы по совершенствованию эталона проводились с внедрением лучших отечественных и зарубежных достижений в области измерений вязкости, а также с учётом опыта иностранных коллег из Национального метрологического института Германии, Японии, Кореи, Австрии и др.

Общий вид эталонных комплексов из состава ГЭТ 17-2018 представлен на рисунке 1.

б

а

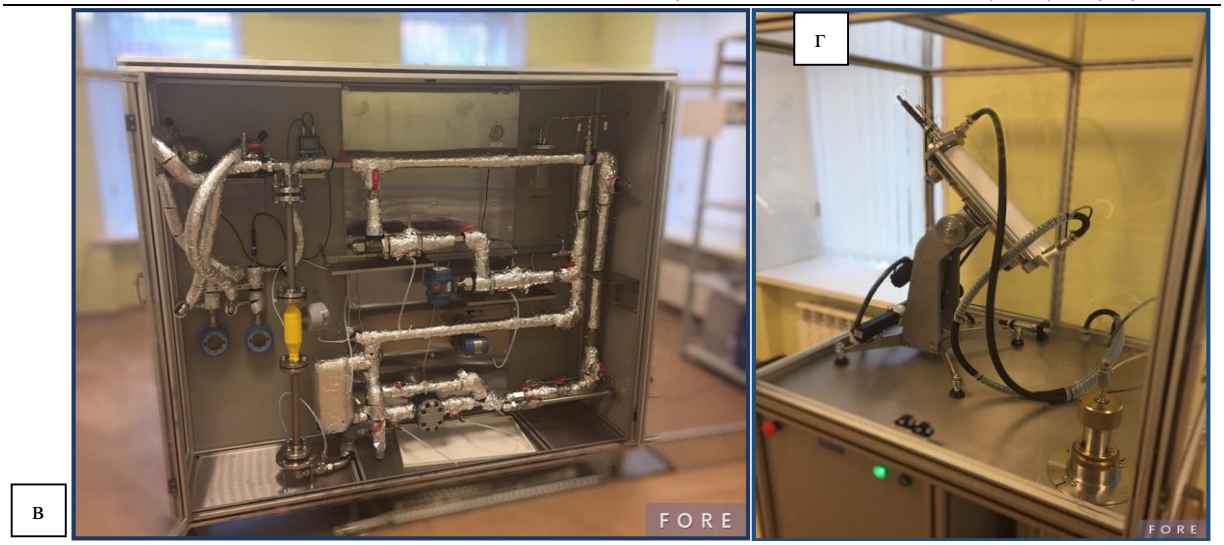

Рисунок 1. Общий вид эталонных комплексов из состава ГЭТ 17-2018
(а – ГЭТ 17/1-КВИ, б – ГЭТ 17/2-КВН, в – ГЭТ 17/3-ДВП, г – ГЭТ 17/4-ДВД)

Основный метрологические характеристики усовершенствованного Государственного первичного эталона единиц динамической и кинематической вязкости жидкости (ГЭТ 17-2018) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные метрологические характеристики ГЭТ 17-2018

Наименование метрологической характеристики	Значение
ЭК ГЭТ 17/1-КВИ	
Диапазон значений единицы кинематической вязкости жидкости, мм^2/с	от $4{,}0\cdot10^{-1}$ до $1{,}0\cdot10^{5}$
Диапазон измерений температуры, °С	от 20 до 40
Относительная стандартная неопределенность, оценённая по типу А, u_{rA}, не превышает	$1{,}5\cdot10^{-4}$
Относительная стандартная неопределенность, оценённая по типу В, u_{rB}, не превышает	$8{,}4\cdot10^{-4}$
Относительная суммарная стандартная неопределенность, $u_{r\nu}$, не превышает	$8{,}5\cdot10^{-4}$
Относительная расширенная неопределенность при коэффициенте охвата, k=2 (P=0,95), $U_{R\nu}$, не превышает	$1{,}7\cdot10^{-3}$
ЭК ГЭТ 17/2-КВН	
Диапазон значений единицы кинематической вязкости жидкости, мм^2/с	от $4{,}0\cdot10^{-1}$ до $1{,}0\cdot10^{5}$
Диапазон измерений температуры, °С	от -40 до 150
Относительная стандартная неопределенность, оценённая по типу А, $u_{rA,}$, не превышает	$1{,}5\cdot10^{-4}$
Относительная стандартная неопределенность, оценённая по типу В, $u_{rA,}$, не превышает	$9{,}7\cdot10^{-4}$
Относительная суммарная стандартная неопределенность, $u_{r\nu}$, не превышает	$9{,}8\cdot10^{-4}$
Относительная расширенная неопределенность при коэффициенте охвата, k=2 (P=0,95), $U_{R\nu}$, не превышает	$2{,}0\cdot10^{-3}$
ЭК ГЭТ 17/3-ДВП	
Диапазон значений единицы динамической вязкости жидкости, в котором воспроизводится единица, мПа·с	0,5 – 100,0
Диапазон измерений температуры, °С	от 20 до 40
Стандартная неопределенность, оценённая по типу А, u_A, не превышает, мПа·с	5,2·10-2
Стандартная неопределенность, оценённая по типу В, u_B, не превышает, мПа·с	0,115
Суммарная стандартная неопределенность, $u_{r\eta}$, не превышает, мПа·с	0,126
Расширенная неопределенность при коэффициенте охвата, k=2 (P=0,95), $U_{R\eta}$, не превышает, мПа·с	0,25
ЭК ГЭТ 17/4-ДВД	
Диапазон значений единицы динамической вязкости жидкости, мПа·с	от 1,0 до 300,0
Диапазон измерений температуры, °С	от 20 до 40

Относительная стандартная неопределенность, оценённая по типу А, u_{rA}, не превышает	$7{,}0 \cdot 10^{-4}$
Относительная стандартная неопределенность, оценённая по типу В, u_{rB}, не превышает	$2{,}5 \cdot 10^{-3}$
Относительная суммарная стандартная неопределенность, $u_{r\eta}$, не превышает	$2{,}6 \cdot 10^{-3}$
Относительная расширенная неопределенность при коэффициенте охвата, k=2 (P=0,95), $U_{R\eta}$, не превышает	$5{,}2 \cdot 10^{-3}$

В 2018 году ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», наряду с ещё 10 странами, принял участие в ключевых сличениях CCM.V-K4 по вязкости [2].

Измерения вязкости жидкостей-компараторов проводились на усовершенствованном ГЭТ 17-2018, а именно на ГЭТ 17/2-КВН.

На рисунках 2 – 5 представлены результаты ключевых сличений.

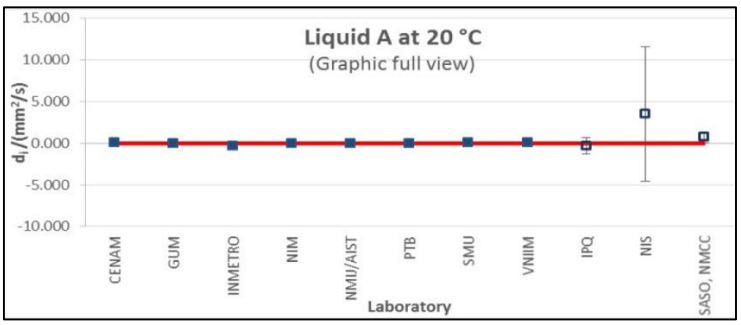

Рисунок 2. Результаты измерений кинематической вязкости жидкости-компаратора А при температуре Т=20 °С

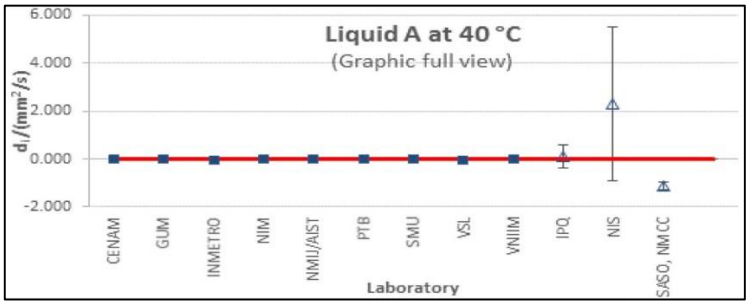

Рисунок 3 – Результаты измерений кинематической вязкости жидкости-компаратора А при температуре Т=40 °С

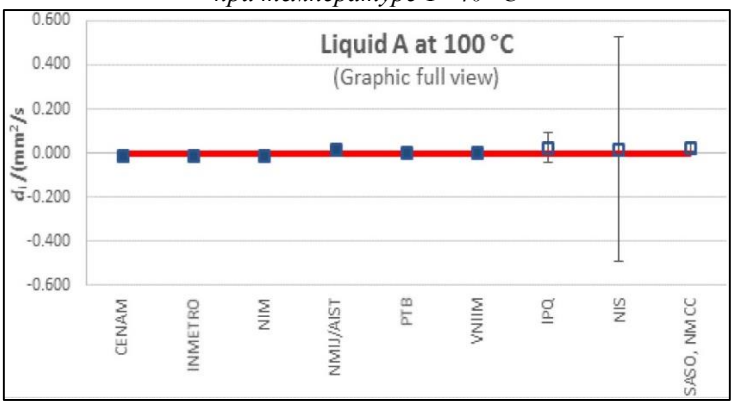

Рисунок 3. Результаты измерений кинематической вязкости жидкости-компаратора А при температуре Т=100 °С

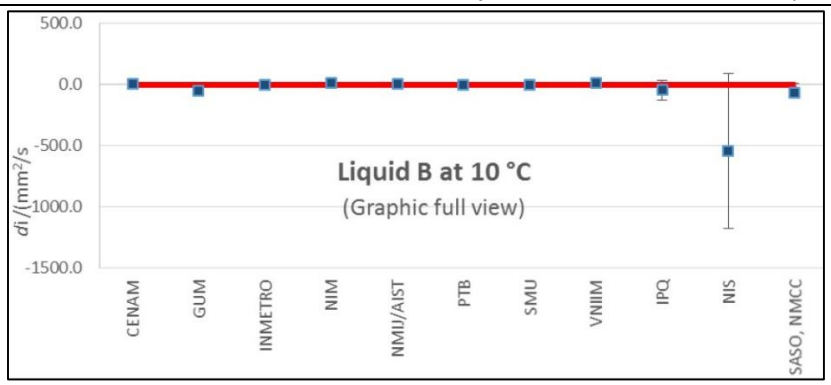

Рисунок 5. Результаты измерений кинематической вязкости жидкости-компаратора B при температуре T=10 °C

Проанализировав представленные на рисунках 2 – 5 результаты сличений CCM.V.-K4 можно сделать вывод о том, что усовершенствованный ГЭТ 17-2018 выполнен на высоком техническом уровне и подтверждает заявленные калибровочные и измерительные возможности.

Совершенствование ГЭТ 17-2018 [3] повлекло за собой необходимость проведения научно-исследовательских работ, направленных на разработку и создание рабочих эталонов единиц динамической и кинематической вязкости жидкости, удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к средствам поверки современных средств измерений вязкости.

Для того, чтобы стала возможной передача размера единиц динамической и кинематической вязкости жидкости от ГЭТ 17-2018 средствам измерений и, тем самым, реализовано обеспечение единства измерений вязкости в РФ:

– усовершенствован Государственный рабочий эталон единицы кинематической вязкости жидкости первого разряда в диапазоне значений от 0,4 мм^2/с до 1,0·10^5 мм^2/с, позволяющий осуществлять передачу размера единицы кинематической вязкости государственным рабочим эталонам второго разряда в интервале температуры от минус 40 °С до 150 °С;

– разработан Государственный эталон единиц динамической и кинематической вязкости жидкости второго разряда в диапазоне от 0,4 мПа·с (мм^2/с) до 40000,0 мПа·с (мм^2/с), позволяющий осуществлять передачу размера единиц динамической и кинематической вязкости средствам измерений в интервале температуры от минус 15 °С до 100 °С;

– разработаны методики калибровки эталонного комплекса, вискозиметров стеклянных капиллярных образцовых и вискозиметра Штабингера SVM 3000, регламентирующие порядок определения и подтверждения действительных метрологических характеристик объектов калибровки;

– выбраны средства измерений плотности, основанные на вибрационном методе, позволяющие проводить измерения плотности исследуемых жидкостей в интервале температуры от минус 40 °С до 150 °С;

– разработаны Государственные рабочие эталоны второго разряда единиц динамической и кинематической вязкости жидкости в интервале аттестованных значений вязкости от 15 мПа·с (мм^2/с) до 60000 мПа·с (мм^2/с) и интервалах температуры от минус 40 °С до 20 °С и от 100 °С до 150 °С, позволяющие решить проблему отсутствия стабильных и однородных стандартных образцов – средств поверки для средств измерений вязкости в данных интервалах температуры, за счёт чего увеличено количество типов метрологически обеспечиваемых средств измерений.

Основные метрологические характеристики усовершенствованного, разработанных и исследованных рабочих эталонов, представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Основные метрологические характеристики новых рабочих эталонов.

Характеристика	Значение
Государственный рабочий эталон единицы кинематической вязкости жидкости первого разряда	
Диапазон значений кинематической вязкости, мм^2/с	от 0,4 до $1{,}0\cdot10^5$
Диапазон измерений температуры, °С	от -40 до 150
Относительная расширенная неопределенность измерений кинематической вязкости жидкости, U_{Rv}, k=2, не превышает	$3{,}5\cdot10^{-3}$
Государственный рабочий эталон единиц динамической и кинематической вязкости жидкости второго разряда	
Диапазон значений динамической (кинематической вязкости), мПа·с (мм^2/с)	от 0,4 до $4{,}0\cdot10^4$
Диапазон измерений температуры, °С	от -15 до 100
Относительная расширенная неопределенность измерений динамической (кинематической) вязкости жидкости, U_{Rv}, k=2, не превышает	$6{,}0\cdot10^{-3}$
Государственные рабочие эталоны единиц динамической и кинематической вязкости жидкости второго разряда – стандартные образцы	
Диапазон значений динамической (кинематической вязкости), мПа·с (мм^2/с)	от 15 до 60000
Диапазон измерений температуры, °С	от -40 до 150
Относительная расширенная неопределенность измерений динамической (кинематической) вязкости жидкости, U_{Rv}, k=2, не превышает	$6{,}0\cdot10^{-3}$

Таким образом, совершенствование, разработка и внедрение государственных эталонов, позволили значительно увеличить количество типов метрологически обеспечиваемых средств измерений, что, в свою очередь, создало основу для развития системы обеспечения единства измерений вязкости в Российской Федерации.

Следующим этапом совершенствования обеспечения единства измерений станет утверждение актуализированной Государственной поверочной схемы для средств измерений вязкости жидкостей, разработка которой ведется в настоящее время сотрудниками ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева».

Разработка и исследование стандартных образцов решили не только проблему отсутствия средств поверки для вискозиметрических приборов в интервалах температуры от минус 40 °С до 20 °С и от 100 °С до 150 °С, но и позволили инициировать сличения национальных эталонов единицы кинематической вязкости жидкости в данных интервалах температуры. Предложение об организации международных сличений было озвучено представителями ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» 13.05.2019 г. в Севре на заседании рабочей группы CCM-WGDV.

Список литературы:

1. Государственный первичные эталоны Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). 2019. URL: https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/12 (дата обращения: 18.06.2019).

2. Официальный сайт BIPM [Электронный ресурс]: Международное бюро мер и весов 2019. URL: https://www.bipm.org/en/about-us/ (дата обращения: 18.06.2019).

3. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 29.12.2018 г. N 2843 «Об утверждении Государственного первичного эталона единиц динамической и кинематической вязкости жидкости», 2018. – 2 с.

4. Утверждённые типы средств измерений [Электронный ресурс]: Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). 2019. URL: https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4 (дата обращения: 18.06.2019).

5. Утверждённые типы стандартных образцов [Электронный ресурс]: Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). 2019. URL: https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19 (дата обращения: 18.06.2019).