

Г.И. Ардаширова, Л.З. Яфаева (Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОТАЦИОННЫХ ВИСКОЗИМЕТРОВ УТВЕРЖДЕННОГО ТИПА

Guzaliya I. Ardashirova, Liliya Z. Yafaeva (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

### COMPARATIVE ANALYSIS OF APPROVED ROTARY VISCOMETERS

#### Введение

Нефтяной комплекс является ведущей отраслью российской промышленности и включает в себя добычу, переработку, транспортировку и сбыт нефтепродуктов. Данная отрасль считается ключевым показателем развития не только российского, но и мирового энергетического рынка. На сегодняшний день в сфере добычи нефти в России заняты 336 компаний в 34 регионах страны. Поскольку места добычи нефти удалены от центров переработки и потребления, важное значение приобретает транспортировка исходного сырья и готовой продукции.

Одним из важнейших технологических параметров нефти и нефтепродуктов, по определению которого часто проводят анализ нефтехимические лаборатории, является вязкость. От нее зависит выбор технологии перекачки и энергозатраты на транспортировку нефти. Вязкость можно найти в паспорте качества дизельного топлива, осветительного и авиационного керосина, смазочных масел и других нефтепродуктов. Вязкость веществ определяют специальными приборами - вискозиметрами. Перед лабораториями стоит задача выбора подходящего прибора среди многообразных типов вискозиметров.

#### Background

The oil complex is the leading branch of the Russian industry, which includes the extraction, processing, transportation and marketing of petroleum products. This industry is considered a key indicator of the development of not only the Russian, but also the global energy market. To date, 336 companies in 34 regions of the country are engaged in oil production in Russia. Since the places of oil production are remote from the centers of its processing and consumption, the transportation of raw materials and finished products becomes important.

One of the most important technological parameters of oil and petroleum products, which is often analyzed by petrochemical laboratories, is viscosity. The choice of pumping technology, energy consumption for oil transportation depends on it. The viscosity can be found in the quality certificate of diesel fuel, lighting and aviation kerosene, lubricating oils and other petroleum products. The viscosity of the substances is determined with special equipment such as viscometers. Laboratories are faced with the task of choosing a suitable device among the various types of viscometers.

### Цели и задачи

Целью данной работы является проведение сравнительного анализа ротационных вискозиметров различных модификаций по техническим и метрологическим характеристикам.

### Результаты

Анализ проведен на основе данных, полученных из описаний типа средства измерения № 41702-16 «Вискозиметры OFITE модификации 1100», № 35936-07 «Вискозиметры OFITE модификации 800, 900» и № 72700-18 «Вискозиметры ротационные HAAKE». Объектом исследования являются вискозиметры OFITE модификаций 1100, 900, 800; вискозиметры HAAKE модификаций Viscotester 1 plus, Viscotester 2 plus, Viscotester C версий L и R, Viscotester D версий L и R, Viscotester E версий L и R.

Вискозиметры HAAKE модификаций Viscotester 1 plus и Viscotester 2 plus имеют высокий уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений, вискозиметры ротационных HAAKE модификаций Viscotester C версии L и R, Viscotester D версии L и R, Viscotester C, D, E версии L и R - низкий.

Наиболее широкий диапазон температуры эксплуатации принадлежит вискозиметр HAAKE модификаций Viscotester E версии L и R, наиболее узкий - вискозиметру OFITE модификации 1100.

Среди рассмотренных приборов вискозиметры OFITE модификаций 800 и 900 обеспечивают самый широкий диапазон измерений. Однако невозможно выделить определенный прибор среди всех рассмотренных, поскольку выбор того или иного вискозиметра зависит от целей, условия измерения и исследуемого образца.

### Aims and Objectives

The purpose of this work is to conduct a comparative analysis of rotary viscometers of various modifications in terms of technical and metrological characteristics.

### Results

The analysis was carried out on the basis of the data obtained from the descriptions of the type of measuring device No. 41702-16 «Viscometers OFITE, modification 1100», No. 35936-07 «Viscometers OFITE, modifications 800, 900» and No. 72700-18 «Rotational viscometers HAAKE». The object of the research is OFITE viscometers of modifications 1100, 900, 800; viscometers HAAKE modifications Viscotester 1 plus, Viscotester 2 plus, Viscotester C versions L and R, Viscotester D versions L and R, Viscotester E versions L and R.

Viscometers HAAKE modifications Viscotester 1 plus and Viscotester 2 plus have a high level of software protection against unintentional and intentional changes, viscometers rotational HAAKE modifications Viscotester C versions L and R, Viscotester D versions L and R, Viscotester C, D, E L and R versions are low.

The widest operating temperature range belongs to the HAAKE viscometer of the Viscotester E modifications, the L and R versions, the narrowest - to the OFITE viscometer of the 1100 modification.

Among the considered devices, OFITE viscometers of modifications 800 and 900 provide the widest range of measurements. However, it is impossible to single out a specific device among all those considered, since the choice of one or another viscometer depends on the goals, the measurement conditions and the sample under study.

**Ключевые слова:** сравнительный анализ; нефтяная отрасль; нефтепродукты; вязкость; ротационный вискозиметр; ротор; шпиндель; технические характеристики; метрологические характеристики; диапазон измерений; погрешность измерения

**Key words:** comparative analysis; oil industry; petroleum products; viscosity; rotary viscometer; rotor; spindle; technical characteristics; metrological characteristics; measurement range; error on a measurement

### Введение

Качество нефтепродуктов представляет собой совокупность свойств, обеспечива-

ющих пригодность продукции для использования по назначению [1].

Поскольку нефтепродукты - это сложные смеси, их качество определяется группой

показателей, характеризующих то или иное свойство [2].

К физико-химическим относятся свойства, которые характеризуют состояние веществ и их состав. Одним из них является вязкость - свойство, проявляющееся в сопротивлении, которое жидкость оказывает перемещению ее частиц под влиянием действующей на них силы [3]. Данный параметр необходим при формировании запасов нефтяной продукции, проектировании разработки нефтяных месторождений, выборе способа транспортировки и схемы ее переработки [4, 5].

Экспериментальные исследования реологических свойств вязкопластических жидкостей производят с помощью различных контрольно-измерительных приборов [6, 7]. Для определения основных реологических

параметров используют вискозиметры [8]. Широко применяемыми являются вискозиметры ротационного типа, предназначенные для измерений динамической вязкости и исследования реологических свойств материалов [9].

*Исследовательская часть*

На сегодняшний день на рынке представлено огромное количество разновидностей ротационных вискозиметров. Как известно, верный выбор средства измерения является одним из важнейших этапов разработки технологических процессов [10]. В таблице 1 представлены основные технические характеристики ротационных вискозиметров утвержденного типа западного и европейского производства.

**Таблица 1.** Основные технические характеристики ротационных вискозиметров

Наименование, тип средства измерения (СИ) согласно описанию	Вискозиметр OFITE			Вискозиметр ротационный HAAKE	
	1100	900	800	Viscotester 1 plus Viscotester 2 plus	Vcotester C, D, E версии L и R
Модификация	1100	900	800	72700-18	72700-18
Госреестр СИ №	41702-16	35936-07		72700-18	72700-18
Состав СИ	Измерительный блок, набор роторов, соединительные кабели			Измерительный блок, набор измерительных шпинделей, штатив	
Уровень защиты ПО	высокий	-	-	высокий	низкий
Габаритные размеры, мм	360×330×760	440×230×140	152×178×406	160×175×85	390×250×310
Масса, кг, не более	38	8,6	6,0	1,0	4,5
Условия эксплуатации - температура окружающей среды, °С;  - относительная влажность воздуха, %, не более	от 15 до 30  80	от минус 20 до 35  80	от минус 20 до 35  80	от 10 до 40 от минус 10 до 100  80	
Применение	в лабораторных и полевых условиях				в лаборатории
Средний срок службы, лет, не менее	-	10	10	10	
Страна изготовитель	США			Германия	

Принцип действия вискозиметра высокого давления и температуры OFITE модификации 1100 основан на уравнивании торсионной пружины крутящего момента, возникающего вследствие вязкого сопротивления жидкости при вращении ротора с определенной скоростью. Эта модель полностью автоматическая, система точно определяет характеристики потока жидкостей для гидро-разрыва и буровых растворов, включая напряжение сдвига, скорость сдвига, время, температуру и давление до 6,9 МПа.

Данный вискозиметр идеально подходит как для работы в полевых условиях, так и для работы в лаборатории (рисунок 1, а).

Суть работы модификаций 800 и 900 заключается в измерении момента силы сопротивления, создаваемого исследуемым продуктом при различных скоростях вращения внутреннего цилиндра измерительного устройства, расчете напряжения сдвига и динамической вязкости.

Вискозиметр OFITE модификации 900 чрезвычайно универсален. Простота в использовании делает прибор идеальным для применения на нефтепромыслах, а с подключением к компьютеру - в лаборатории [11]. Инженеры во всем мире по достоинству оценили пользу калибровочной кнопки, не говоря уже о проведении стандартного API анализа, запускаемого одной командой. Инженеры лаборатории могут легко произвести текущий ремонт и замену подшипников самостоятельно (рисунок 1, б).

Вискозиметр OFITE модификации 800 пригоден для использования как в полевых условиях, так и в лаборатории. Прибор снабжен электронным блоком управления механическим приводом, что предоставляет в распоряжение инженеров по буровым растворам очень точный и универсальный инструмент. Модель 800 работает от источника питания постоянного тока 12 В или от стандартного источника питания переменного тока буровой установки (115 или 230 В, 50-60 Гц).

Электронный регулятор непрерывно отслеживает и автоматически настраивает скорость вращения, поддерживая постоянную

скорость сдвига в изменяющихся условиях сдвига флюида и скачков напряжения, характерных для промышленных объектов (рисунок 1, в).

Механизм действия европейского вискозиметра HAAKE основан на измерении сопротивления вращения измерительного шпинделя, погруженного в исследуемый образец, с постоянной заданной частотой вращения.

Вискозиметры выпускаются в различных модификациях: Viscotester 1 plus, Viscotester 2 plus, Viscotester C версии L и R, Viscotester D версии L и R, Viscotester C, D, E версии L и R, которые отличаются метрологическими и техническими характеристиками (рисунки 2, 3).

Автономное питание, компактность и малый вес делают вискозиметры ротационные HAAKE модификаций Viscotester 1 plus и Viscotester 2 plus незаменимыми при определении реологических характеристик продукта в полевых условиях. Также привлекает простота их обслуживания.

Данные модификации вискозиметра HAAKE управляются одной кнопкой, поочередное нажатие которой включает и отключает вискозиметр, позволяет устанавливать номер измерительного ротора и переводит прибор в режим измерения.

Уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений у вискозиметра OFITE модификации 1100 и вискозиметров ротационных HAAKE модификаций Viscotester 1 plus и Viscotester 2 plus соответствует уровню «высокий» по Р 50.2.077-2014, вискозиметров ротационных HAAKE модификаций Viscotester C версии L и R, Viscotester D версии L и R, Viscotester E версии L и R - уровню «низкий». Влияние программного обеспечения учитывается при нормировании метрологических характеристик.

Наиболее узким диапазоном температуры эксплуатации обладает вискозиметр OFITE модификации 1100 (от 15 °С до 30 °С), напротив, наиболее широким диапазоном - вискозиметр HAAKE модификаций Viscotester E версии L и R (от минус 10 °С до 100 °С).



а)



б)



в)

а) модификация 1100;  
б) модификация 900;  
в) модификация 800

Рисунок 1. Внешний вид вискозиметра OFITE



Рисунок 2. Общий вид вискозиметров ротационных HAAKE модификаций Viscotester C версии L и R, Viscotester D версии L и R, Viscotester C, D, E версии L и R



**Рисунок 3.** Общий вид вискозиметров ротационных HAAKE модификаций Viscotester 1 plus и Viscotester 2 plus

Однако среди анализируемых СИ вискозиметры OFITE модификаций 800 и 900 могут эксплуатироваться при наиболее низких температурах (от минус 20 °С), что может стать решающим фактором при выборе СИ.

Из анализируемых в данной работе приборов наиболее широким диапазоном измерения обладают вискозиметры OFITE модификаций 800 и 900 (таблица 2). Напротив, наиболее узкий диапазон у вискозиметра HAAKE модификации Viscotester 1 plus - от 1,5 до 330 мПа·с. Модификация Viscotester 2 plus измеряет более широкий диапазон динамической вязкости - от 30 до  $1 \cdot 10^5$  мПа·с. Диапазон измерения вискозиметров HAAKE модификаций C, D и E зависит от версии: версия L измеряет от 15 до  $1 \cdot 10^5$  мПа·с, версия R - от 100 до  $1 \cdot 10^5$  мПа·с. Вискозиметр OFITE модификации 1100 способен к измерению динамической вязкости от 150 до  $1,5 \cdot 10^5$  мПа·с.

Не менее важной метрологической характеристикой при выборе лабораторного прибора является погрешность измерений.

Предел допускаемой относительной погрешности ротационного вискозиметра OFITE модификации 1100 составляет  $\pm 3,0 \%$  (таблица 3).

Пределы допускаемой приведенной погрешности вискозиметров OFITE модификаций 800 и 900 одинаковые -  $\pm 1,5 \%$ . У вискозиметров HAAKE значения допускаемой погрешности зависят от температуры измеряемой жидкости. Так, предел допускаемой приведенной погрешности от минус 10 °С до 5 °С для модификаций Viscotester 1 plus, Viscotester 2 plus составляет  $\pm 10,0\%$ , для модификаций Viscotester C, D, E версии L и R -  $\pm 2,0 \%$ , от 5 °С до 100 °С для модификаций Viscotester 1 plus, Viscotester 2 plus составляет  $\pm 5,0 \%$ , для модификаций Viscotester C, D, E версии L и R -  $\pm 1,0 \%$ .

Это связано с тем, что с понижением температуры высоковязкие нефти, природные битумы и остаточные нефтепродукты могут проявлять аномальную (структурную) вязкость, они становятся неньютоновскими жидкостями [12].

Таблица 2. Диапазоны измерений динамической вязкости ротационных вискозиметров

Диапазон измерений динамической вязкости, мПа·с	Вискозиметр OFITE модификации 1100		от 150 до $15 \cdot 10^4$
	Вискозиметр OFITE модификаций 800 и 900	для ротора R1B1	от 0,5 до $10 \cdot 10^6$
		для ротора R1B2	от 4,5 до $89 \cdot 10^6$
		для ротора R1B3	от 12,7 до $255 \cdot 10^6$
		для ротора R1B4	от 25 до $500 \cdot 10^6$
	Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester 1 plus		от 1,5 до 330
	Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester 2 plus		от 30 до $1 \cdot 10^5$
	Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester C, D версии L		от 15 до $1 \cdot 10^5$
	Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester E версии L		
	Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester C, D версии R		от 100 до $1 \cdot 10^5$
Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester E версии R			

Таблица 3. Пределы допускаемых погрешностей ротационных вискозиметров

Предел допускаемой погрешности вискозиметра	Наименование, тип и модификация СИ	Вид погрешности	Примечание	Значение погрешности, %
	Вискозиметр OFITE модификации 1100	относительная	-	$\pm 3,0$
	Вискозиметр OFITE модификаций 800 и 900	приведенная	-	$\pm 1,5$
	Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester 1 plus		от минус $10 \text{ }^\circ\text{C}$ до $5 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 10,0$
	Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester 2 plus		от $5 \text{ }^\circ\text{C}$ до $100 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 5,0$
	Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester C, D версии L		от минус $10 \text{ }^\circ\text{C}$ до $5 \text{ }^\circ\text{C}$ от $5 \text{ }^\circ\text{C}$ до $100 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 2,0$ $\pm 1,0$
	Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester E версии L			
	Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester C, D версии R			
	Вискозиметр HAAKE модификации Viscotester E версии R			

Определение структурной вязкости таких объектов ведется с использованием стандартного метода (ГОСТ 1929-87) ротационными вискозиметрами [13].

### Выводы

Проведен сравнительный анализ технических и метрологических характеристик вискозиметров OFITE модификаций 1100, 900, 800 и HAAKE модификаций Viscotester 1 plus, Viscotester 2 plus, Viscotester C версий L и R, Viscotester D версий L и R, Viscotester E версий L и R. Рассмотрены принципы действия и конструктивные особенности ротационных вискозиметров OFITE (США) и HAAKE (Германия) различных модификаций, определены преимущества и недостатки приборов.

Установлено, что вискозиметры HAAKE модификаций Viscotester 1 plus и Viscotester 2

plus имеют высокий уровень защиты программного обеспечения от непреднамеренных и преднамеренных изменений, вискозиметры ротационных HAAKE модификаций Viscotester C версии L и R, Viscotester D версии L и R, Viscotester C, D, E версии L и R - низкий.

Наиболее широкий диапазон температуры эксплуатации принадлежит вискозиметрам HAAKE модификаций Viscotester E версии L и R, наиболее узкий - вискозиметру OFITE модификации 1100.

Среди рассмотренных приборов вискозиметры OFITE модификаций 800 и 900 обеспечивают самый широкий диапазон измерений. Однако невозможно выделить определенный прибор среди всех рассмотренных, поскольку выбор того или иного вискозиметра зависит от целей, условий измерения и исследуемых образцов.

### Список литературы

1. Карелина А.С., Виноградов О.В. Обеспечение качества нефтепродуктов при транспортных, нефтескладских и заправочных операциях в АПК // Наука без границ. 2016. № 4. С. 48-55. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-kachestva-nefteproduktov-pri-transportnyh-nefteskladskih-i-zapravochnyh-operatsiyah-v-apk/viewer> (дата обращения: 21.12.2020).
2. Калашникова Ю.В. Контроль показателей качества нефти // Гео-Сибирь. 2009. Т. 2. С. 11-14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontrol-pokazateley-kachestva-nefti/viewer> (дата обращения: 21.12.2020).
3. 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. 179 с.
4. Яфаева Л.З. Разработка методики калибровки ротационного вискозиметра // Молодежный научный форум: матер. CIV студенческой междунаро- науч.-практ. конф. М.: Изд-во МЦНО, 2020. № 35 (104). С. 46-48. URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF\\_interdisciplinarity/35\(104\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/35(104).pdf) (дата обращения: 21.12.2020).
5. Счастный К.С., Мазиков Е.Б. Современные методы и оборудование контроля реологических свойств высоковязкой нефти при добыче и транспортировке // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 6-2 (48).

### References

1. Karelina A.S., Vinogradov O.V. Obespechenie kachestva nefteproduktov pri transportnykh, nefteskladskikh i zapravochnykh operatsiyakh v APK [Quality Assurance of Petroleum Products during Transport, Petroleum-Storage and Fuelling Operations at the Agricultural Sector]. *Nauka bez granits - Science Without Borders*, 2016, No. 4, pp. 48-55. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obespechenie-kachestva-nefteproduktov-pri-transportnyh-nefteskladskih-i-zapravochnyh-operatsiyah-v-apk/viewer> (accessed 21.12.2020). [in Russian].
2. Kalashnikova Yu.V. Kontrol' pokazatelei kachestva nefti [The Control of Parameters of Oil Quality]. *Geo-Sibir' - GEO-Siberia*, 2009, Vol. 2, pp. 11-14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontrol-pokazateley-kachestva-nefti/viewer> (accessed 21.12.2020). [in Russian].
3. Neklyudova A.A. *Sovershenstvovanie metrologicheskogo obespecheniya izmerenii vyazkosti zhidkikh sred v intervale temperatury ot minus 40 °S do 150 °S: dis. kand. tekhn. nauk* [Improvement of Metrological Support for Measuring the Viscosity of Liquid Media in the Temperature Range from Minus 40 °C to 150 °C: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Saint-Petersburg, VNIIM im. D.I. Mendeleeva Publ., 2019. 179 p. [in Russian].
4. Yafaeva L.Z. Razrabotka metodiki kalibrovki rotatsionnogo viskozimetra [Development of a Calibration Procedure for a Rotary Viscometer]. *Materialy CIV studencheskoi mezhdunarodnoi nauchno-*



C. 144-148. DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.097.

6. Некучаев В.О., Михеев М.М., Михеев Д.М. Исследование вязкости аномальных нефтей с помощью ротационного и вибрационного вискозиметров // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018. Т. 84. № 12. С. 45-49. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-12-45-49.

7. Рощин П.В., Петухов А.В., Васкес Карденас Л.К., Назаров А.Д., Хромых Л.Н. Исследование реологических свойств высоковязких и высокопарафинистых нефтей месторождений Самарской области // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2013. Т. 8. № 1. URL: [http://www.ngtp.ru/rub/9/12\\_2013.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/9/12_2013.pdf) (дата обращения: 22.12.2020).

8. Цурко А.А., Демьянов А.А. Состояние метрологического обеспечения измерений вязкости нефтепродуктов // Измерительная техника. 2014. № 4. С. 65-66.

9. Неклюдова А.А., Демьянов А.А. Метрологическое обеспечение измерений вязкости жидкостей // Металлообработка. 2017. № 5 (101). С. 44-48.

10. Неклюдова А.А., Демьянов А.А., Сулаберидзе В.Ш. Обеспечение единства измерений вязкости - важнейшее условие повышения качества нефтепродуктов // Качество. Инновации. Образование. 2017. № 3 (142). С. 28-33.

11. Mezger T.G. The Rheology Handbook for User of Rotational and Oscillatory Rheometers. Hannover: Vincentz Network, 2006. 299 p.

12. Кирсанов Ю.Г., Шишов М.Г., Коняева А.П. Анализ нефти и нефтепродуктов. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2016. 88 с.

13. Неклюдова А.А., Демьянов А.А. Стандартные образцы состава и свойств для определения параметров качества нефти и нефтепродуктов // Стандартные образцы в измерениях и технологиях: матер. III междунар. науч. конф. Екатеринбург: Уральский научно-исследовательский институт метрологии, 2018. С. 56-57.

*prakticheskoi konferentsii: «Molodezhnyi nauchnyi forum»* [Materials of the CIV Student International Scientific and Practical Conference: «Youth Scientific Forum»]. Moscow, MTsNO Publ., 2020, No. 35 (104), pp. 46-48. URL: [https://nauchforum.ru/archive/MNF\\_interdisciplinarity/35\(104\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/MNF_interdisciplinarity/35(104).pdf) (accessed 21.12.2020). [in Russian].

5. Schastnyi K.S., Mazakov E.B. Sovremennyye metody i oborudovanie kontrolya reologicheskikh svoystv vysokovyazkoi nefiti pri dobyche i transportirovke [Modern Techniques and Equipment to Control Rheological Properties of High Oil in its Production and Transportation]. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal - International Research Journal*, 2016, No. 6-2 (48), pp. 144-148. DOI: 10.18454/IRJ.2016.48.097. [in Russian].

6. Nekuchaev V.O., Mikheev M.M., Mikheev D.M. Issledovanie vyazkosti anomal'nykh neftei s pomoshch'yu rotatsionnogo i vibratsionnogo viskozimetров [Study of the Temperature Dependences of Abnormal Oil Viscosity Using Rotational and Vibrational Viscometers]. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov - Industrial Laboratory. Diagnostics of Materials*, 2018, Vol. 84, No. 12, pp. 45-49. DOI: 10.26896/1028-6861-2018-84-12-45-49. [in Russian].

7. Roshchin P.V., Petukhov A.V., Vaskes Kardenas L.K., Nazarov A.D., Khromykh L.N. Issledovanie reologicheskikh svoystv vysokovyazkikh i vysokoparafinistykh neftei mestorozhdenii Samar'skoi oblasti [Fields of Samara Region - Study of Rheological Properties of High-Viscosity and Waxy Oil]. *Neftgazovaya geologiya. Teoriya i praktika - Petroleum Geology. Theoretical and Applied Studies*, 2013, Vol. 8, No. 1. URL: [http://www.ngtp.ru/rub/9/12\\_2013.pdf](http://www.ngtp.ru/rub/9/12_2013.pdf) (accessed 22.12.2020). [in Russian].

8. Tsurko A.A., Demyanov A.A. Sostoyanie metrologicheskogo obespecheniya izmerenii vyazkosti nefteproduktov [The State of Measurement Assurance of Measurements of the Viscosity of Petroleum Products]. *Izmeritel'naya tekhnika - Measurement Techniques*, 2014, No. 4, pp. 65-66. [in Russian].

9. Neklyudova A.A., Demyanov A.A. Metrologicheskoe obespechenie izmerenii vyazkosti zhidkostei [Metrological Provision of Measuring the Viscosity of Liquids]. *Metalloobrabotka - Metalloobrabotka*, 2017, No. 5 (101), pp. 44-48. [in Russian].

10. Neklyudova A.A., Demyanov A.A., Sulaberidze V.Sh. Obespechenie edinstva izmerenii vyazkosti - vazhneishee uslovie povysheniya kachestva nefteproduktov [Providing Unity of Viscosity Measurement - the Most Important Condition for Improving the Quality of Petroleum Products]. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie - Quality. Innovation. Education*, 2017, No. 3 (142), pp. 28-33. [in Russian].

11. Mezger T.G. *The Rheology Handbook for User of Rotational and Oscillatory Rheometers*. Hannover, Vincentz Network, 2006. 299 p. [in Russian].

12. Kirsanov Yu.G., Shishov M.G., Konyaeva A.P. *Analiz nefiti i nefteproduktov* [Analysis of Oil and Petroleum Products]. Ekaterinburg, Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta Publ., 2016. 88 p. [in Russian].

13. Neklyudova A.A, Demyanov A.A. Standartnye obraztsy sostava i svoystv dlya opredeleniya parametrov kachestva nefti i nefteproduktov [Standard Samples of Composition and Properties for Determining the Quality Parameters of Oil and Oil Products]. *Materialy III Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Standartnye obraztsy v izmereniyakh i tekhnologiyakh»* [Materials of the III International Scientific Conference «Reference Materials in Measurement and Technology»]. Ekaterinburg, Ural'skii nauchno-issledovatel'skii institut metrologii Publ., 2018, pp. 56-57. [in Russian].

#### Авторы

• Ардаширова Гузалия Ильгизовна, канд. биол. наук  
Уфимский государственный авиационный технический университет  
Ассистент кафедры «Стандартизация и метрология»  
Российская Федерация, 450008, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 12  
e-mail: guzelechka\_saf@mail.ru

• Яфаева Лилия Закировна  
Уфимский государственный авиационный технический университет  
Магистрант кафедры «Стандартизация и метрология»  
Российская Федерация, 450008, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 12  
e-mail: yafaeva2015@mail.ru

#### The Authors

• Ardashirova Guzaliya I., Candidate of Biological Sciences  
Ufa State Aviation Technical University  
Assistant of Standardization and Metrology Department  
12, Karla Marxa str., Ufa, 450008,  
Russian Federation  
e-mail: guzelechka\_saf@mail.ru

• Yafaeva Liliya Z.  
Ufa State Aviation Technical University  
Undergraduate Student of Standardization and Metrology Department  
12, Karla Marxa str., Ufa, 450008,  
Russian Federation  
e-mail: yafaeva2015@mail.ru