

АНАЛИЗ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ РАДИОПРОДУКЦИИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

А. А. Егорова, Л. Г. Варепо

Омский государственный технический университет, г. Омск

При разработке и производстве приборов и изделий электротехнической, авиационной и военной промышленности требуется тестирование готовой продукции на работоспособность и сохранение функциональных свойств в различных условиях эксплуатации. На сегодняшний день выпуск качественной и надежной продукции — это главная цель любого производства в нашей стране. Из-за ухода с российского рынка импортных поставщиков испытательного оборудования отечественные предприятия вынуждены искать новых поставщиков испытательного оборудования для тестирования своей продукции. В работе приводится сравнительный анализ тепло-влаги камер отечественного и зарубежного производств. Решение поставленной проблемы осуществлено путем проведения информационного анализа и синтеза данных с применением сравнительного метода.

Ключевые слова: испытательное оборудование, первичная аттестация, периодическая аттестация, повторная аттестация, климатические камеры, температура, влажность, испытание продукции.

Для цитирования: Егорова А. А., Варепо Л. Г. Анализ оборудования для испытаний радиопроductии на устойчивость к воздействию внешних факторов // Омский научный вестник. 2025. № 2 (194). С. 107–112. DOI: 10.25206/1813-8225-2025-194-107-112. EDN: KGPZMK.



© Егорова А. А., Варепо Л. Г., 2025.
Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

ANALYSIS OF EQUIPMENT FOR ASSESSING RADIO PRODUCT STABILITY UNDER EXTERNAL FACTORS

A. A. Egorova, L. G. Varepo

Omsk State Technical University, Omsk, Russia

The development and manufacture of devices and products in the electrical, aviation, and military industries necessitate rigorous testing of finished products to ensure operability and the preservation of functional properties under various operating conditions. In the current environment, producing high-quality and reliable products is a primary objective for any manufacturing operation in Russia. Due to the departure of imported test equipment suppliers from the Russian market, domestic enterprises are compelled to seek alternative sources for the test equipment required to evaluate their products. This paper presents a comparative analysis of heat and humidity chambers from both domestic and foreign manufacturers. The problem is addressed through information analysis and data synthesis using a comparative methodology.

Keywords: testing equipment, primary certification, periodic certification, re-certification, climatic chambers, temperature, humidity, product testing.

For citation: Egorova A. A., Varepo L. G. Analysis of equipment for assessing radio product stability under external factors. *Omsk Scientific Bulletin*. 2025. No. 2 (194). P. 107–112. DOI: 10.25206/1813-8225-2025-194-107-112. EDN: KGPZMK.



© Egorova A. A., Varepo L. G., 2025.
The content is available under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

В связи с обострившимися отношениями с Западом и постоянным ростом курса валют у отечественных предприятий все большим спросом поль-

зуется испытательное оборудование отечественного производства, не уступающее по качеству импортному.

Цель работы — установить уровень обеспеченности российского рынка для проведения испытаний радиопродукции на устойчивость к воздействию внешних факторов. Объект исследования — состояние отрасли испытательного оборудования в России. Предмет исследования — тепло-влажная камера отечественного и зарубежного производств.

Испытательное оборудование предназначено для исследования влияния различных факторов окружающей среды на продукцию многих отраслей промышленности. Согласно ГОСТ Р 8.568–2017, испытательное оборудование — это средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний [1]. Испытательное оборудование представляет собой устройство, предназначенное для создания испытываемому изделию условий, близких к реальным условиям его эксплуатации для оценки его качества и работоспособности.

Условия испытаний — это совокупность воздействующих факторов и (или) режимов функционирования объекта при испытаниях [1]. Стоит отметить, что имеющееся на рынке испытательное оборудование отличается большим разнообразием. Название испытательного оборудования, как правило, связано с создаваемыми в них воздействиями.

Сегодня существует большое количество различных классификаций испытательного оборудования, но среди них можно выделить три основных:

- механические (вибрационные установки и вибростенды, ударные установки и ударные стенды, акустические камеры и др.);

- электромагнитные (пробойные испытательные установки и др.);

- климатические камеры (термокамеры, влагокамеры, термовлажнокамеры, камеры дождя, термобарокамеры, камеры пыли, камеры морского тумана и пр.).

Самый простой принцип действия у механического испытательного оборудования. Один из основных видов механических испытаний — испытание изделий на вибрационные нагрузки. Испытуемое изделие закрепляется в рабочей зоне и подвергается механическому воздействию.

Принцип действия электромагнитного испытательного оборудования заключается в создании и воздействии на изделие электромагнитных полей с различными параметрами.

Климатическое испытательное оборудование — это специализированное оборудование, представляющее собой закрытую систему для создания необходимых условий, близких к условиям эксплуатации для испытаний изделия (рис. 1) [2].

Метод испытания машин, приборов и других технических изделий на устойчивость к воздействию верхнего и нижнего значений, изменения значений температуры среды при эксплуатации, транспортировании и хранении связан с условиями эксплуатации, а также транспортирования и хранения изделий, согласно ГОСТ 30630.2.1–2013 «Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на устойчивость к воздействию температуры (издание с поправкой)» [3].

Так как температура является одним из наиболее значимых параметров, влияющих на работоспособность любого изделия, при производстве необходимо проводить испытания продукции для оценки его работоспособности в зависимости

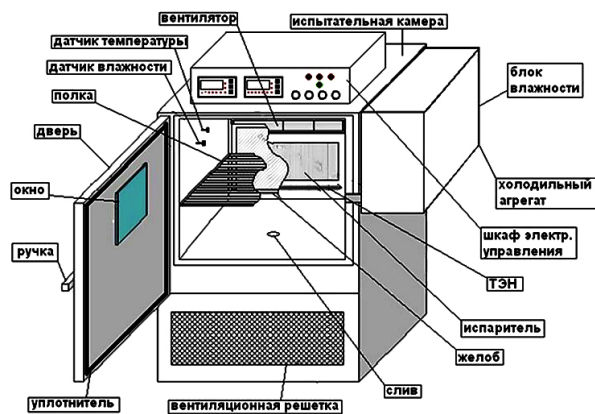


Рис. 1. Схема типовой климатической камеры
Fig. 1. Scheme of a typical climatic chamber

от условий окружающей среды, при которой должно эксплуатироваться изделие. Испытания проводятся в специальных климатических камерах с возможностью контролировать и изменять такие параметры, как температура или влажность. Данные параметры могут быть изменены на различные значения для наблюдения за поведением продукта в соответствии с методикой проведения испытаний и условиями, в которых данная продукция будет эксплуатироваться согласно технической документации.

Испытуемое изделие помещается в рабочую зону камеры, где подвергается воздействию повышенной или пониженной температуры, влажности или давления. Климатические параметры устанавливаются в зависимости от реальных условий эксплуатации изделия. В работах [4, 5] при оценке надежности приборов отмечается важность испытаний на стойкость к воздействиям таких климатических факторов, как влажность и температура. Показано, что снижению изоляционных свойств материалов способствует повышенная влажность. Следовательно, отклонения в работе электрических приборов вызываются ее длительным воздействием. По состоянию испытуемого изделия и данным, полученным от климатической камеры, можно сделать вывод о возможности использования изделия в заданных условиях и о качестве изделия. В зависимости от состояния испытуемой продукции, некоторые отказы могут ускоряться при отрицательных температурах, а другие — при положительных. Большинство современных камер разработаны таким образом, что диапазон воспроизводимых в них температур (включающий как отрицательные, так и положительные температуры) значительно больше необходимого для испытания конкретной продукции.

Одним из основных требований к применению испытательного оборудования для проверки надежности и работоспособности продукции является проведение процедуры его аттестации, являющейся важной частью Государственной системы обеспечения единства измерений. Программа и методика аттестации конкретного испытательного оборудования разрабатывается в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.568–2017 с учетом технических характеристик, прописанных в его эксплуатационной документации [6]. Согласно ГОСТ Р 8.568–2017, основная цель аттестации испытательного оборудования — подтверждение характеристик испытательного оборудования и возможности воспроизведения условий испытаний продукции или определенных

видов испытаний в заданных пределах с допускаемыми отклонениями и установление пригодности использования испытательного оборудования в соответствии с его назначением [1].

В соответствии с данными, опубликованными в [7, 8], полнота и корректность проведения процедуры аттестации напрямую влияет на ее результат.

Аттестацию испытательного оборудования классифицируют на первичную, периодическую и повторную. При проведении первичной аттестации, необходимой при вводе в эксплуатацию испытательного оборудования для подтверждения его возможности воспроизводить условия испытаний в пределах допустимых отклонений, диапазон его определяемых характеристик устанавливается в соответствии с эксплуатационной документацией на испытательное оборудование и параметрами, необходимыми для испытаний конкретной продукции.

Периодическая аттестация испытательного оборудования — это аттестация, проводимая с целью подтверждения соответствия характеристик испытательного оборудования требованиям нормативных документов на методы испытаний продукции и эксплуатационной документации на испытательное оборудование и пригодности его к дальнейшему использованию.

Испытательное оборудование подвергается повторной аттестации в объеме первичной: при вводе в эксплуатацию после ремонта или модернизации; после внесения изменений в метрологически значимую часть программного обеспечения; при получении отрицательных результатов первичной аттестации (при этом согласно [1] допускается не проводить повторную аттестацию по пунктам программы и методики аттестации, имевших положительные результаты при первичной аттестации); при ухудшении качества выпускаемой продукции, вызванного несоответствием характеристик испытательного оборудования требуемым; по указанию представителей государственных надзорных органов.

Исходя из определений видов аттестации к проведению испытаний продукции, допускается только испытательное оборудование признанное годным по результатам проведенной первичной (периодической или повторной) аттестации. Из результатов испытаний, полученных на таком оборудовании, можно сделать вывод о качестве изделия и спрогнозировать срок службы изделия в естественной среде.

На сегодняшний день на отечественном рынке испытательного оборудования существует большое количество предложений не только по продаже и установке испытательного оборудования для нужд производства, но и по оказанию услуг по проведению испытаний какой-либо продукции в соответствии с заявленными требованиями заказчика. Несмотря на большое количество таких испытательных центров, многие производители предпочитают приобретать собственное испытательное оборудование.

Выбирая камеру для проведения испытания продукции, потребитель отталкивается от своих практических потребностей. Для принятия решения по приоритетному производителю достаточно тщательно изучить, из чего же состоят камеры и какими параметрами они обладают.

Долгое время предприятия предпочитали приобретать импортное испытательное оборудование, но с уходом из России официальных поставщиков европейского и американского испытательного

оборудования у отечественных предприятий больше нет возможности закупать европейское оборудование по ценам от поставщика. В связи с введенными санкциями европейское и американское испытательное оборудование теперь можно приобрести лишь ввезенное по параллельному импорту. При этом стоимость данного оборудования увеличивается из-за высокой стоимости валюты, а срок поставки значительно увеличивается. В таких условиях отечественные предприятия уделяют больше внимания отечественным производителям испытательного оборудования.

Уход с российского рынка европейских поставщиков открывает возможность отечественным производителям расширить не только ассортимент производимого испытательного оборудования по качеству, не уступающего зарубежным аналогам, но и получить возможность сервисного обслуживания в любое время и без всяких проблем [9, 10]. Кроме того, закупка испытательного оборудования будет более рентабельной, чем сотрудничество с партнерами из-за рубежа.

Освободившееся место на рынке испытательного оборудования дает возможности для развития не только российским производителям, но и азиатским компаниям. Выбирая испытательное оборудование, потребители зачастую находятся в плену стереотипов в отношении китайской продукции [11]. Несмотря на присутствующие стереотипы, многие китайские производители специализируются на производстве сравнительно недорогого, но качественного оборудования [12].

На сегодняшний день на российском рынке испытательного оборудования существует большое количество отечественных производителей. Для демонстрации новейшего оборудования и технологий тестирования выпускаемой продукции периодически проводятся выставки [13].

Информационный сбор и анализ данных, представленных в международных и российских базах научных разработок, с применением сравнительного метода технических решений, направленных на автоматизацию процесса испытаний радиоэлектронной продукции в климатических камерах, служит методической основой любого исследования.

Для проведения сравнительного анализа испытательного оборудования, отвечающего требованиям на данный период времени, были выбраны два отечественных и два зарубежных производителя:

— ООО «ОРИОНТЕРМ», ООО «МИР ОБОРУДОВАНИЯ» — отечественные производители испытательного оборудования;

— «JSR» — корейский производитель испытательного оборудования;

— «SONACME» — китайский производитель испытательного оборудования.

Ниже приведен аналитический обзор климатических камер отечественных и зарубежных производителей (табл. 1, 2) [14–17].

Устройство климатической камеры для испытаний радиопродукции на устойчивость к воздействию внешних факторов состоит в следующем. Внешний каркас отечественных климатических камер изготовлен из сварного профиля, обеспечивающего заданную жесткость конструкции, съемные стальные панели предотвращают несанкционированную регулировку камеры; рабочая камера изготовлена из коррозионной нержавеющей стали. На стенках камеры укреплен слой теплоизоляции из минеральной ваты.

Таблица 1. Технические и функциональные характеристики тепло-влаги камер отечественных производителей
Table 1. Technical and functional features of heat and moisture chambers of domestic companies

Производитель тепло-влаги камеры	Модель	Объем рабочей камеры, л	Диапазон воспроизводимой температуры, °C	Неравномерность температуры по объему рабочей камеры, не более, °C	Диапазон поддержания относительной влажности, %	Точность поддержания влажности, %
ОРИОНТЕРМ	КТВ-60	60	от 5 до 100	±2	от 40 до 95	±5
	КТВ-120	120				
	КТВ-250	250				
	КТВ-500	500				
	КТВ-1000	1000				
	КТВ-2000	2000				
МИР ОБОРУДОВАНИЯ	Climcontrol M 0/100-80 КТВ	80	от 0 до 90	±3	от 20 до 98	3–5
	Climcontrol M 0/100-120 КТВ	120				
	Climcontrol M 0/100-250 КТВ	250				
	Climcontrol M 0/100-500 КТВ	500				
	Climcontrol M 0/100-1000 КТВ	1000				
	Climcontrol M 0/100-1500 КТВ	1500				
	Climcontrol M 0/100-2000 КТВ	2000				
	Climcontrol M 0/100-3000 КТВ	3000				
	Climcontrol M 0/100-4000 КТВ	4000				

Таблица 2. Технические и функциональные характеристики тепло-влаги камер зарубежных производителей
Table 2. Technical and functional features of heat and moisture chambers of foreign companies

Производитель тепло-влаги камеры	Модель	Объем рабочей камеры, л	Диапазон воспроизводимой температуры, °C	Неравномерность температуры по объему рабочей камеры, не более, °C	Диапазон поддержания относительной влажности, %	Точность поддержания влажности, %
JSR	JSRH-150CP	150	от –20 до 150	± 0,7	от 35 до 98	± 0,4 (при относительной влажности 60 %)
	JSRH-250CP	252				
	JSRH-500CP	448				
	JSRH-800CP	800				
SONACME	CT/64/70(H)	64	от –70 до 100	±1,5	от 10 до 98	—
	CT/180/70(H)	180				
	CT/340/70(H)	340				
	CT/600/70(H)	600				
	CT/1000/70(H)	1000				

Элементы управления камерой представлены на русском языке и расположены на передней панели. Камеры, оснащенные монитором, фиксирующим температуру и время процесса, подключенные при необходимости к компьютеру для регистрации процесса испытаний, позволяют осуществлять работу в двух режимах: «По уставке» и «По программе» [14–15].

Режим работы «По программе» используется в том случае, если требуется задать несколько температурных точек и время выдержки в климатической камере.

Отличительными особенностями камер тепло-влаги ООО «ОРИОНТЕРМ» являются:

- удобная и информативная панель управления камеры тепло-влаги;
- дополнительные элементы защиты холодильного отсека;
- удобное расположение бака для дистиллированной воды.

Отличительными особенностями тепло-влаги камер ООО «МИР ОБОРУДОВАНИЯ» являются:

- высокая продолжительность непрерывной работы;
- низкая средняя потребляемая электрическая мощность;
- пониженный уровень шума;
- наличие защиты от перегрева и работы в сверхперегруженном режиме.

Например, камеры Climcontrol при работе на положительных температурах выключаются, если в процессе работы температура в камере превышает установленное значение на 10 °C и может быть включена только принудительно, теплоизоляция камеры предотвращает нагрев наружных поверхностей камеры до опасных температур.

Стоит отметить, что тепло-влаги камер отечественных производителей имеют больший объем рабочей зоны камеры по сравнению с импортными. Также отечественные предприятия оказывают

услуги по дополнительной установке пользовательских датчиков для более подробного исследования испытуемой продукции. Кроме камер стандартного объема отечественные производители оказывают услуги по производству нестандартных камер, а также по ремонту и модернизации своей продукции. Заявленная предположительная служба камер не менее 10 лет. Срок поставки отечественных камер составляет от 1 до 40 дней в зависимости от удаленности.

Основные выводы

Для исследования радиопроductии на устойчивость к воздействию климатических условий необходимо использовать испытательное оборудование, имитирующее условия, близкие к условиям эксплуатации данной продукции, а именно тепло-влажность камеры. Но в связи с уходом с российского рынка западных поставщиков отечественные предприятия уделяют все больше внимания отечественным производителям испытательного оборудования.

В результате аналитического обзора было установлено, тепло-влажность камеры, представленные на российском рынке, имеют широкий функционал, позволяющий воспроизводить многофакторные условия проведения испытаний продукции.

Установлено, что тепло-влажность камеры отечественного производства ООО «ОРИОНТЕРМ» и ООО «МИР ОБОРУДОВАНИЯ» обладают высокой степенью автоматизации процессов регулирования климатических условий, не уступающих по качеству зарубежным. Все рассмотренные тепло-влажность камеры имеют высокий уровень безопасности. Например, камеры Climcontrol при работе на положительных температурах выключаются, если в процессе работы температура в камере превышает установленное значение на 10 °C, и могут быть включены только принудительно, а теплоизоляция камеры предотвращает нагрев наружных поверхностей камеры до опасных температур.

Список источников / References

1. ГОСТ Р 8.568–2017. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Аттестация испытательного оборудования. Основные положения. Введ. 01–08–2018. Москва: Стандартинформ, 2018. 16 с.

GOST R 8.568–2017. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy (GSI). Attestatsiya ispyatel'nogo oborudovaniya. Osnovnyye polozheniya [State system for ensuring the uniformity of measurements. Verification of testing equipment. General provisions]. Moscow, 2018. 16 p. (In Russ.).

2. Семенова Н. А., Гришин А. А., Дорохов А. А. Аналитический обзор климатических камер для выращивания овощных культур // Вестник НГИЭИ. 2020. № 1 (104). С. 5–14. EDN: DWMJSZ.

Semenova N. A., Grishin A. A., Dorokhov A. A. Analiticheskiy obzor klimaticheskikh kamer dlya vyrashchivaniya ovoshchnykh kul'tur [Analytical review of climatic chambers for vegetable crops growing]. Vestnik NGIEI. Bulletin NGIEI. 2020. No. 1 (104). P. 5–14. EDN: DWMJSZ. (In Russ.).

3. ГОСТ 30630.2.1–2013. Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на устойчивость к воздействию температуры. Введ. 01–01–2015. Москва: Стандартинформ, 2014. 32 с.

GOST 30630.2.1–2013. Metody ispytaniy na stoykost' k klimaticheskim vneshnim vozddeystviyushchim faktoram mashin, priborov i drugih tekhnicheskikh izdeliy. Ispytaniya na

ustoychivost' k vozddeystviyu temperatury [Climatic environment endurance test methods for machines, instruments and other industrial products. Test for stability influence of temperature]. Moscow, 2014. 32 p. (In Russ.).

4. Штыкина Д. М., Грибов В. В. Анализ характеристик оборудования для климатических испытаний // Молодой ученый. 2016. № 12-3 (116). С. 71–74. EDN: WDEOUV.

Shtykhina D. M., Gribov V. V. Analiz kharakteristik oborudovaniya dlya klimaticheskikh ispytaniy [Analysis of equipment features for climatic tests]. Molodoy uchenyy. Young Scientist. 2016. No. 12-3 (116). P. 71–74. EDN: WDEOUV. (In Russ.).

5. Подсякин А. С., Андреев П. Г., Мазанов А. М., Вершинин А. Е. [и др.] Климатические и биологические факторы, влияющие на элементы конструкции и параметры РЭС // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2018. С. 243–244. EDN: YAFGJV.

Podsyakin A. S., Andreyev P. G., Mazanov A. M., Vershinin A. E. [et al.]. Klimaticheskiye i biologicheskiye faktory, vliyayushchiye na elementy konstruktssii i parametry RES [Climatic and biological factors affecting the structural elements and parameters of thermal power plants]. Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo». Proceedings of the International Symposium «Reliability and Quality». 2018. P. 243–244. EDN: YAFGJV. (In Russ.).

6. Давыдов В., Глуханов А. Анализ методик поверки и аттестации измерительного и испытательного оборудования организации // Роль технического регулирования и стандартизации в эпоху цифровой экономики: тр. II Междунар. науч.-практ. конф. 2020. С. 323–330. EDN: DCHDFS.

Davydov V., Glukhanov A. Analiz metodik poverki i attestatsii izmeritel'nogo i ispyatel'nogo oborudovaniya organizatsii [Analysis of methods of inspection and certification of measuring organization test equipment]. Rol' tekhnicheskogo regulirovaniya i standartizatsii v epokhu tsifrovoy ekonomiki. Role of Technical Regulation and Standardization in the Era of the Digital Economy. 2020. P. 323–330. EDN: DCHDFS. (In Russ.).

7. Кутяйкин В. Г. Технические средства для измерений, испытаний и контроля: терминология // Компетентность. 2019. № 7. С. 37. EDN: PWEXQX.

Kutyaykin V. G. Tekhnicheskiye sredstva dlya izmereniy, ispytaniy i kontrolya: terminologiya [Technical means for measurement, testing and control. Terminology]. Kompetentnost'. Competence. 2019. No. 7. P. 37. EDN: PWEXQX. (In Russ.).

8. Turgunbaev A., Usmanova H., A. Fakhry Kamel Mohamad, Abdurakhmanov O. Metrological certification and test conditions for verification equipment. Technical Science and Innovation. 2020. Issue 4. P. 129–133. DOI: 10.51346/tstu-01.20.4-77-0094.

9. Крылова А. Е., Лаврентьева О. А. «Аналитика Экспо-2023»: праздник на улице российского производителя // Аналитика. 2023. Т. 13, № 3. 2023. С. 166–178. EDN: MVRKSQ.

Krylova A. E., Lavrent'yeva O. A. «Analitika Ekspo-2023»: prazdnik na ulitse rossiyskogo proizvoditelya [«Analytics Expo 2023»: a celebration on the street of the Russian manufacturer. Analitika. Analytics. 2023. Vol. 13, no. 3. P. 166–178. EDN: MVRKSQ. (In Russ.).

10. Молчанов С., Сигалова Л. Климатические испытательные камеры на страже качества новой продукции // Технологии в электронной промышленности. 2013. № 6 (66). С. 64–65. EDN: RQANDF.

Molchanov S., Sigalova L. Klimaticheskiye ispyatel'nyye kamery na strazhe kachestva novoy produktsii [Climatic test chambers protecting the quality of new products]. Tekhnologii v elektronnoy promyshlennosti. Technologies in the Electronic Industry. 2013. No. 6. P. 64–65. EDN: RQANDF. (In Russ.).

11. Выбор климатической камеры: финансы и нюансы. URL: <https://industry-hunter.com/baza-znaniy/vybor-klimaticheskoy-kamery-finansy-i-nuansy> (дата обращения: 11.12.2024).

Vybor klimaticheskoy kamery: finansy i nyuansy [Choosing a climate chamber: finances and nuances]. URL: <https://industryhunter.com/baza-znaniy/vybor-klimaticheskoy-kamery-finansy-i-nyuansy> (accessed: 11.12.2024). (In Russ.).

12. Кисин А. Атака Поднебесной на российский рынок испытательного оборудования // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. 2008. № 8. С. 44–45.

Kisin A. Ataka Podnebesnoy na rossiyskiy rynok ispytatel'nogo oborudovaniya [Attack of the Celestial Empire on the Russian market of testing equipment]. *Proizvodstvo Elektroniki: Tekhnologii, Oborudovaniye, Materialy*. 2008. No. 8. P. 44–45. (In Russ.).

13. Testing&Control 2022: испытательное и контрольно-измерительное оборудование для всех ключевых отраслей отечественной промышленности. Вестник промышленности. 2022. 19 октября.

Testing&Control 2022: ispytatel'noye i kontrol'no-izmeritel'noye oborudovaniye dlya vseh klyuchevykh otrasley otechestvennoy promyshlennosti [Testing&Control 2022: experimental measuring equipment for all key sectors of the economy]. *Vestnik Promyshlennosti*. 2022. October 19. (In Russ.).

14. Климатические камеры серии Тепло-Влага // Орион-терм. URL: <https://orionterm.ru/product-category/klimaticheskije-kamery-serii-teplo-vlaga/> (дата обращения: 01.12.2024).

Klimaticheskije kamery serii Teplo-Vlaga [Climatic chamber Heat-Moisture]. *Orionterm*. URL: <https://orionterm.ru/product-category/klimaticheskije-kamery-serii-teplo-vlaga/> (accessed: 01.12.2024). (In Russ.).

15. Климатические камеры Тепло-Влага // Мир оборудования. URL: https://miroborudovaniya.ru/catalog/klimaticheskije_kamery/klimaticheskije_kamery_teplo-vlaga/ (дата обращения: 01.12.2024).

Klimaticheskije kamery Teplo-Vlaga [Climatic chamber Heat-Moisture]. *Mir oborudovaniya*. URL: https://miroborudovaniya.ru/catalog/klimaticheskije_kamery/klimaticheskije_kamery_teplo-vlaga/ (accessed: 01.12.2024). (In Russ.).

16. Temperature Humidity Testing. *SONACME*. URL: <https://sonacme.com/products/179.html> (accessed: 01.12.2024).

17. Лабораторное климатическое оборудование JSR. URL: <https://www.moslabo.ru/production/labobispytat/klimkameryobor/jsr/> (дата обращения: 01.12.2024).

Laboratornoye klimaticheskoye oborudovaniye JSR [JSR laboratory climate control equipment]. URL: <https://www.moslabo.ru/production/labobispytat/klimkameryobor/jsr/> (accessed: 01.12.2024). (In Russ.).

ЕГОРОВА Анна Андреевна, аспирант кафедры «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология» Омского государственного технического университета (ОмГТУ), г. Омск; инженер по метрологии

АО «Омский научно-исследовательский институт приборостроения», г. Омск.

SPIN-код: 2094-5190

AuthorID (РИНЦ): 1267107

ORCID: 0009-0002-2869-1846

Адрес для переписки: aa.egorova1609@omgau.org

ВАРЕПО Лариса Григорьевна, доктор технических наук, доцент (Россия), профессор кафедры «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология» ОмГТУ, г. Омск.

SPIN-код: 4980-6679

ORCID: 0000-0001-5366-2700

AuthorID (SCOPUS): 6507043152

ResearcherID: B-1163-2015

Адрес для переписки: larisavarepo@yandex.ru

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила в редакцию 18.02.2025; одобрена после рецензирования 10.04.2025; принята к публикации 06.05.2025.

EGOROVA Anna Andreevna, Postgraduate of the Oil and Gas Engineering, Standardization and Metrology Department, Omsk State Technical University (OmSTU), Omsk; Metrology Engineer, Omsk Scientific-Research Institute of Instrument Engineering (JSC ONIIP), Omsk.

SPIN-code: 2094-5190

AuthorID (RSCI): 1267107

ORCID: 0009-0002-2869-1846

Correspondence address: aa.egorova1609@omgau.org

VAREPO Larisa Grigorievna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Oil and Gas Engineering, Standardization and Metrology Department, OmSTU, Omsk.

SPIN-code: 4980-6679

ORCID: 0000-0001-5366-2700

AuthorID (SCOPUS): 6507043152

ResearcherID: B-1163-2015

Correspondence address: larisavarepo@yandex.ru

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

The article was submitted 18.02.2025; approved after reviewing 10.04.2025; accepted for publication 06.05.2025.