

Дата поступления рукописи в редакцию: 17.06.2026 г.
Дата принятия рукописи в печать: 01.07.2026 г.

DOI: 10.24412/3034-2422-2026-3-64-67

СОЛОВЬЕВА Елена Анатольевна,
кандидат технических наук, доцент,
Башкирский институт технологий и управления (филиал)
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий
и управления имени К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)»,
e-mail: solovyva25@yandex.ru

ВИШКИН Константин Николаевич,
студент,
Башкирский институт технологий и управления (филиал)
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий
и управления имени К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)»,
e-mail: solovyva25@yandex.ru

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ: АНАЛИЗ, НОРМАТИВНАЯ БАЗА И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ

АННОТАЦИЯ. Актуальность темы исследования обусловлена критической ролью точности поддержания температурных режимов в современных холодильных системах, используемых как в пищевой промышленности и торговле, так и в научных исследованиях и медицине. В данной статье представлен комплексный анализ метрологических характеристик холодильного оборудования. Рассмотрена нормативно-правовая база, регламентирующая требования к точности, включая актуальные межгосударственные и национальные стандарты. Систематизированы основные типы погрешностей (температуры, геометрических размеров, энергопотребления) и факторы, влияющие на их возникновение. Особое внимание уделено инновационным подходам к калибровке, в частности, датчиков перегрева по месту эксплуатации, а также современным методам поверки с использованием эталонных средств измерений. Предложены пути повышения достоверности контроля температурных режимов для различных областей применения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метрология, холодильное оборудование, точность измерения температуры, калибровка датчиков, погрешность, нормативная документация, терморегистратор, поверка.

SOLOVYEVA Elena Anatolevna,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Moscow State University of Technologies and Management
named after K.G. Razumovskiy, Moscow

VISHKIN Konstantin Nikolaevich,
Student,
Moscow State University of Technologies and Management
named after K.G. Razumovskiy, Moscow

METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF REFRIGERATION EQUIPMENT: ANALYSIS, REGULATORY FRAMEWORK AND METHODS OF ACCURACY ASSURANCE

ANNOTATION. The relevance of the research topic is due to the critical role of temperature control accuracy in modern refrigeration systems used in the food industry, trade, scientific research, and medicine. This article provides a comprehensive analysis of the metrological characteristics of refrigeration equipment. The regulatory framework governing accuracy requirements, including current interstate and national

standards, is considered. The main types of errors (temperature, geometric dimensions, energy consumption) and factors influencing their occurrence are systematized. Particular attention is paid to innovative calibration approaches, specifically, superheat sensor calibration at the installation site, as well as modern verification methods using reference measuring instruments. Ways to increase the reliability of temperature control for various applications are proposed.

KEY WORDS: metrology, refrigeration equipment, temperature measurement accuracy, sensor calibration, error, normative documentation, temperature data logger, verification.

Введение

В современном мире холодильное оборудование является неотъемлемой частью инфраструктуры многих отраслей. От его надежной и точной работы напрямую зависит качество и безопасность хранящихся продуктов питания, эффективность протекания технологических процессов и сохранность биологических материалов. В условиях глобализации торговли и ужесточения санитарно-эпидемиологических требований, обеспечение достоверного контроля температурных режимов выходит на первый план [2]. Несоблюдение условий хранения влечет за собой не только экономические потери, но и риски для здоровья потребителей.

Метрологические характеристики холодильного оборудования представляют собой совокупность свойств, определяющих точность, стабильность и воспроизводимость поддержания заданных климатических параметров, главным из которых является температура. Несмотря на кажущуюся простоту задачи «поддержания холода», реальные физические процессы в камерах отличаются сложной динамикой, наличием градиентов температур и влиянием множества внешних и внутренних факторов. Это делает проблему метрологического обеспечения в холодильной технике высоко актуальной.

Целью данной статьи является системный анализ современных метрологических характеристик холодильного оборудования, нормативной документации, регламентирующей их, а также обзор методов и средств обеспечения точности измерений в процессе эксплуатации. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: классифицировать основные метрологические параметры холодильной техники; проанализировать действующую нормативную базу (ГОСТы); выявить ключевые факторы, влияющие на погрешность измерений; рассмотреть современные методы калибровки и поверки.

Методы и принципы исследования. Теоретической и методологической основой работы послужил анализ нормативно-технической документации (ГОСТ, СанПиН), патентный обзор в области калибровки датчиков для холодильных систем, а также системный подход к изучению точностных характеристик измерительных каналов оборудования.

Основная часть

Метрологическое обеспечение холодильной техники в Российской Федерации базируется на

системе национальных и межгосударственных стандартов. Ключевым органом, отвечающим за стандартизацию в этой области, является технический комитет ТК 271 «Установки холодильные», за которым закреплен обширный перечень документов [1]. Этот перечень включает как общие требования безопасности, так и специализированные методы испытаний для определения основных характеристик. основополагающим стандартом для бытовой техники является ГОСТ IEC 62552-2013 и его более поздняя версия ГОСТ Р МЭК 62552-1-2018, которые устанавливают технические требования и методы испытаний, включая процедуры измерения температур в камерах и расхода электроэнергии [5; 9]. Для торгового оборудования ключевым является ГОСТ 23833-95 [1]. Важно отметить, что данные стандарты определяют не только номенклатуру показателей, но и допускаемые погрешности методов измерений при проведении испытаний.

Классификацию метрологических характеристик холодильного оборудования можно представить в виде трех основных групп. Первая группа включает характеристики точности поддержания температуры: абсолютную погрешность поддержания температуры в заданной точке, неравномерность распределения температуры по объему камеры, величину температурных колебаний во время циклов включения и отключения компрессора, а также скорость замораживания и размораживания. Вторая группа охватывает характеристики точности измерительных каналов, определяемые погрешностями встроенных или внешних средств измерений – термометров, терморегуляторов, терморегистраторов. Согласно санитарным правилам, для контроля «холодовой цепи» погрешность измерения температуры не должна превышать $\pm 0,5$ °C [2; 10]. Третью группу составляют вспомогательные метрологические характеристики, включающие точность измерения геометрических размеров (полезный объем), массогабаритных показателей и расхода электроэнергии. К примеру, относительная погрешность измерения расхода электроэнергии при испытаниях не должна превышать $\pm 2,5$ %, а абсолютная погрешность измерения габаритных размеров – ± 1 мм [6].

Точность измерения температуры внутри холодильной камеры является интегральным показателем, зависящим от множества факторов. Прежде всего, это погрешность самого датчика. Анализ технической документации на современные контроллеры, например, TPM961, показы-

вает, что абсолютная погрешность измерения температуры может составлять $\pm 2^\circ\text{C}$ [3], что недопустимо для задач строгого контроля, например, при хранении вакцин, где требуется $\pm 0,5^\circ\text{C}$ [10]. Значительный вклад вносит также методическая погрешность, связанная с местом установки датчика. Температурное поле в камере неоднородно, поэтому стандарты предписывают измерять температуру в нескольких контрольных точках, используя специальные имитаторы продукта – испытательные пакеты «М» (медьсодержащие цилиндры или пакеты с наполнителем из оксиэтилметилцеллюлозы) [6]. Это позволяет сгладить кратковременные флуктуации и оценить среднюю температуру продукта, а не воздуха. Кроме того, существенное влияние оказывают динамические погрешности, возникающие при циклическом режиме работы компрессора. Температура в камере постоянно колеблется относительно заданного значения, и согласно стандартам, установившееся состояние считается достигнутым, если колебания температуры в одинаковых фазах цикла не превышают $0,5^\circ\text{C}$ [6].

Традиционные методы поверки предполагают демонтаж датчика и его калибровку в лабораторных условиях с использованием эталонных источников температуры (криостатов). Современные криостаты, такие как LOIP FT-311-80, оснащены интеллектуальными PID-регуляторами, позволяющими достигать высокой точности поддержания температуры в широком диапазоне (до -80°C), что делает их идеальными для поверки датчиков низких температур [7]. Однако все большее распространение получают методы калибровки непосредственно на месте эксплуатации. Особый интерес представляет способ калибровки датчика перегрева, описанный в патенте RU 2460950 [4; 8]. Перегрев – это критический параметр для эффективной и безопасной работы компрессионной холодильной машины. Предлагаемый способ заключается в принудительном увеличении доли жидкого хладагента в испарителе (например, полным открытием регулирующего клапана) до момента его попадания в датчик на выходе из испарителя. В этот момент перегрев

становится равным нулю, что служит идеальной реперной точкой для калибровки. Данный метод обладает рядом неоспоримых преимуществ: калибровка производится в реальных условиях, с учетом индивидуальных особенностей гидравлического контура; не требует демонтажа датчика, что экономит время и снижает риск разгерметизации системы; позволяет проводить калибровку многократно в процессе эксплуатации для компенсации дрейфа характеристик датчика.

Заключение

Проведенный анализ показывает, что метрологические характеристики современного холодильного оборудования представляют собой сложный комплекс взаимосвязанных параметров, точность которых критически важна для конечного пользователя. Нормативная база в этой области динамично развивается, гармонизируясь с международными стандартами, что устанавливает единые и высокие требования к методам испытаний и точности измерений.

Ключевым фактором обеспечения достоверности контроля является не только применение высокоточных датчиков, но и строгое соблюдение методик измерений, учитывающих нестационарность тепловых процессов. Использование испытательных пакетов, правильный выбор точек контроля и учет динамических погрешностей являются обязательными условиями получения объективной информации о состоянии объекта хранения.

Перспективным направлением развития метрологического обеспечения следует считать внедрение методов интеллектуальной калибровки по месту эксплуатации, подобных описанному способу калибровки датчиков перегрева. Это позволяет повысить точность, надежность и экономическую эффективность эксплуатации холодильных систем, а также минимизировать риски, связанные с нарушением режимов хранения продукции. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на автоматизацию процессов калибровки и разработку алгоритмов самодиагностики холодильного оборудования.

Список литературы:

- [1] Приказ Росстандарта от 30.12.2022 № 3352 «О закреплении документов национальной системы стандартизации за техническим комитетом по стандартизации «Установки холодильные» (ТК 271)». // ОЕИ Аналитика. – URL: https://oei-analitika.ru/kurilka/order_info.php?order_id=397248 (дата обращения: 05.03.2026).
- [2] Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 4 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»» (пп. 4318-4324). – СПС «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_377388/ (дата обращения: 05.03.2026).
- [3] Блок управления холодильными машинами TPM961: Руководство по эксплуатации. – М.: ОВЕН, 2023. – 42 с.
- [4] Пат. 2460950 Российская Федерация, МПК F25B 41/06, F25B 49/00. Способ калибровки датчика перегрева / А. Йенсен, К. Фредслёв; заявитель и патентообладатель Данфосс А/С. – № 2010152425/06; заявл. 22.06.2009; опубл. 10.09.2012. – 12 с.

- [5] ГОСТ IEC 62552-2013. Приборы холодильные бытовые. Технические требования и методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2014. – 112 с.
- [6] ГОСТ 16317-87. Приборы холодильные электрические бытовые. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 48 с.
- [7] Криостат LOIP FT-311-80 (ТЖ-ТС-01/12 К-80): каталог продукции. // Rosmed.ru. – URL: http://www.rosmed.ru/scatalog/show/728/Kriostat_LOIP_FT_311_80_TZh_TS_01_12_K_80 (дата обращения: 05.03.2026).
- [8] Способ калибровки датчика перегрева: патент RU 2460950. // PatentDB.ru. – URL: <https://patentdb.ru/patent/2460950> (дата обращения: 05.03.2026).
- [9] ГОСТ Р МЭК 62552-1-2018. Приборы холодильные бытовые. Характеристики и методы испытаний. Часть 1. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2018. – 48 с.
- [10] Электронный термометр ТТЖК-1: техническое описание. // ООО ТД «Картер-Групп». – URL: <https://tdkartergroup.ru/magazin/folder/elektronnyj-termometr-ttzhk-1> (дата обращения: 05.03.2026).

References:

- [1] Order of Rosstandart dated 30.12.2022 No. 3352 «On assigning documents of the national standardization system to the technical committee for standardization «Refrigeration units» (TC 271)». // OEI Analytics. – URL: https://oei-analitika.ru/kurilka/order_info.php?order_id=397248 (date of access: 05.03.2026).
- [2] Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated 28.01.2021 No. 4 «On approval of the sanitary rules and regulations SanPiN 3.3686-21 «Sanitary and Epidemiological Requirements for the Prevention of Infectious Diseases» (paragraphs 4318-4324). – SPS «ConsultantPlus». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_377388/ (date accessed: 05.03.2026).
- [3] TRM961 Refrigeration Machine Control Unit: Operating Manual. – Moscow: OVEN, 2023. – 42 p.
- [4] Patent. 2460950 Russian Federation, IPC F25B 41/06, F25B 49/00. Method for calibrating an overheating sensor / A. Jensen, K. Fredsløv; applicant and patent holder Danfoss A/S. – No. 2010152425/06; declared. 22.06.2009; published. 10.09.2012. – 12 p.
- [5] GOST IEC 62552-2013. Household refrigeration appliances. Technical requirements and test methods. Moscow: Standartinform, 2014. 112 p.
- [6] GOST 16317-87. Household electric refrigeration appliances. General specifications. Moscow: Publishing House of Standards, 1987. 48 p.
- [7] Cryostat LOIP FT-311-80 (TZh-TS-01/12 K-80): product catalog. Rosmed.ru. URL: http://www.rosmed.ru/scatalog/show/728/Kriostat_LOIP_FT_311_80_TZh_TS_01_12_K_80 (accessed: 05.03.2026).
- [8] Method for calibrating an overheating sensor: patent RU 2460950. // PatentDB.ru. – URL: <https://patentdb.ru/patent/2460950> (date of access: 05.03.2026).
- [9] GOST R IEC 62552-1-2018. Household refrigeration appliances. Characteristics and test methods. Part 1. General requirements. – Moscow: Standartinform, 2018. – 48 p.
- [10] Electronic thermometer TTZhK-1: technical description. // ООО ТД «Картер-Групп». – URL: <https://tdkartergroup.ru/magazin/folder/elektronnyj-termometr-ttzhk-1> (date of access: 05.03.2026).





ЮРКОМПАНИ
www.law-books.ru

Юридическое издательство «ЮРКОМПАНИ»
издает научные журналы:

- Научно-правовой журнал «Образование и право», рекомендованный ВАК Министерства науки и высшего образования России (специальности 12.00.01, 12.00.02), выходит 1 раз в месяц.
- Научно-правовой журнал «Право и жизнь», рецензируемый (РИНЦ, E-Library), выходит 1 раз в 3 месяца.