

*В. С. Крылов<sup>1</sup>✉*

## **Информационно-измерительная система термостатирования помещений для лабораторий геометрических измерений**

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий,  
г. Новосибирск, Российская Федерация  
e-mail: krulov@sniim.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты комплексного испытания информационно-измерительной системы термостатирования лабораторных помещений. Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки современных подходов к выполнению работ по прослеживаемости при передаче размеров геометрических величин. Показано, что использование беспроводных каналов передачи данных между термометрами, контроллером, дисплеем и возможными другими компонентами системы позволяет как свободное изменение конфигурации комнаты (расположение рабочих зон), так и защиту передаваемых данных.

**Ключевые слова:** измерения, термостабилизация, помещения, геометрические величины, информационно-измерительная система

*V. S. Krylov<sup>1</sup>✉*

## **Information and measuring system for room temperature control for geometric measurements laboratory**

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
e-mail: krulov@sniim.ru

**Abstract.** The article presents the results of a comprehensive test of an information and measuring system for laboratory room temperature control. The relevance of the work is due to the need to develop modern approaches to performing traceability work when transferring the dimensions of geometric quantities. It is shown that the use of wireless data transmission channels between thermometers, controller, display and possible other components of the system allows both freely changing the room configuration (location of work zones) and protection of transmitted data.

**Keywords:** measurements, thermal stabilization, premises, geometric quantities, information and measuring system

### ***Введение***

Современные требования к точности эталонных приборов предполагают повышенные требования к стабильности испытательного оборудования и условий проведения поверки, а также передачи единицы длины средствами измерений (СИ) по рангу ниже в поверочной схеме [1]. Стандарты, разработанные ранее, предъявляют жесткие требования к помещениям, в которых выполняются работы по передаче СИ геометрических величин [2]. Однако, на сегодняшний день, выполнить современные требования, зачастую, не представляется возможным, в первую очередь, из-за старения помещений, систем их обеспечения.

## *Методы и материалы*

В целях обеспечения температурного режима в специализированных лабораториях геометрических измерений для метрологических целей, где осуществляется передача единицы длины концевым мерам длины, была поставлена задача разработки системы термостабилизации для повышения точности измерений [3, 4]. К системе были предъявлены следующие требования:

- температура окружающего воздуха ( $20 \pm 0,3$ ) °С;
- скорость изменения температуры не более  $0,3$  °С/ч.

Для решения задачи были проанализированы различные способы и системы поддержания температурного режима в помещениях, но все они имели свои недостатки [5–7]. Сравнительный анализ нескольких возможных решений позволяет выявить оптимальный вариант.

Использование системы стабилизации температурного режима в рабочем помещении, основанной на предложениях патента на изобретение (РФ №RU2545126С1, 2015 год), не предусматривает возможность формирования равномерного температурного поля в рабочей зоне. Другой вариант системы управления температурным режимом в помещении предполагает наличие воздушных потоков с заданными параметрами, которые направляются на объект (патент на изобретение РФ № RU2210703С2, 2023 год), но для многих специальных измерений направленное движение воздуха недопустимо. Еще одним вариантом температурной стабилизации помещений для метрологических видов работ может быть решение на основе теплового баланса кондиционеров (патент на изобретение РФ №RU2478766 С2, 2013 год), которое имеет значительную инерционность и не успевает обеспечивать необходимый режим при резком изменении температурного поля или энергопотребления.

На момент постановки задачи помещение для измерений имело следующую конфигурацию: внутренняя комната построена из кирпича внутри помещения. Она была оснащена кондиционером. Внешняя комната обогревалась центральным отоплением – трубами без радиаторов и кондиционером.

## *Результаты*

Для решения задачи были проведены измерения температурного поля внутренней комнаты лаборатории с помощью датчиков термоизмерителя ТМ-12 [8], одновременно выполняющего измерения и регистрацию температуры окружающего воздуха в 12 точках и с дискретностью по времени 30 с. Погрешность каждого канала измерителя ТМ-12 не превышает  $0,05$  °С. Таким образом, удастся зафиксировать температурное поле в помещении и в рабочей зоне эталонов геометрических средств измерений [9].

Было предложено оснастить буферное пространство (или так называемый внешний контур) мощными промышленными кондиционерами сплит исполнения, а саму внутреннюю термокомнату оснастить системой вентиляции с канальными нагревателями, вентиляторами и воздушными диффузорами. Применение

современного оборудования для формирования и стабилизации температурного поля позволило решить многие проблемы, указанные выше.

Было предложено для термостатирования помещения применить систему автоматического регулирования температуры воздуха. Комплектация системы состоит из:

- двух цифровых датчиков температуры, расположенных в зоне измерений и обеспечивающих дистанционную передачу данных;
- контроллера, который формирует управляющий сигнал для режима работы вентиляционной установки;
- вентиляционная установка, состоящая из канального вентилятора и электрического канального нагревателя.

Поступающий из буферного пространства воздух передается в рабочее пространство через камеру статического давления, а направление воздушного потока вдоль поверхности задается диффузорами.

Высокая степень однородности скорости потока воздуха и его температурного поля обеспечивается щелевыми линейными диффузорами специальной конструкции. Увеличения интенсивности перемешивания воздушных масс в потоке можно добиться размещением системы дефлекторов, но в нашем случае они не понадобились.

Все элементы системы (их мощности, количество и другие необходимые характеристики) были рассчитаны специально под геометрию комнаты. В среде расчетов и визуализации тепловых потоков были подобраны места установки цифровых датчиков температуры, диффузоров и их конфигурация. Так же для минимизации скорости воздушного потока в рабочей зоне применены принципы эффекта Коанда [10]. Обтекание воздушным потоком с температурой отличной от среды по границе раздела – так называемое прилипание потока к стенам и потолку.

Особенностью предлагаемого термостатированного помещения для измерений является несколько использованных технических решений:

- цифровые датчики температуры, расположенные непосредственно в зоне измерений, обеспечивают точное измерение температурного поля именно в рабочей зоне;
- дистанционная передача данных позволяет реализовать высокую скорость передачи информации в управляющий блок;
- использование вентиляционной установки обеспечивает оперативное изменение температурного поля для компенсации возмущающего воздействия, что снижает динамические ошибки поддержания температуры;

Отдельно несколько слов следует сказать о специальных цифровых датчиках температуры – высокоточных термометрах с малой постоянной времени, поскольку именно этот элемент системы обеспечивает оперативность ее реакции.

Термометр имеет особенность подачи измеряемого окружающего воздуха на цифровой сенсор при помощи вентилятора, установленного в корпусе, а также минимизацию времени отклика на изменение температуры за счет обдува миниатюрного цифрового сенсора окружающим воздухом. Калибровка термометров

осуществлялась в климатической прецизионной камере, обеспечивающей стабильность температуры на уровне единиц милликельвинов и получение единиц температуры от малогабаритного термометра – эталона первого разряда.

Информационное взаимодействие устройств в системе обеспечивается следующим образом. Цифровые термометры передают информацию по беспроводному каналу контроллеру. Контроллер осуществляет регулирование канальным нагревателем по заложенному в него пропорционально-интегрально-дифференциальному закону (ПИД регулирование) [11]. Настройка ПИД регулятора осуществляется в момент наладки системы и перед ее аттестацией. В схеме взаимодействия реализовано распознавание отправителей по уникальному адресу отправителя контроллером, что обеспечивает информационную безопасность и отсутствие несанкционированного доступа к контроллеру.

Для удобства отслеживания оператором параметров в реальном времени предусмотрена передача копии экрана контроллера на монитор, расположенный на рабочем месте оператора измерений. Выносной монитор также обеспечивает контроль требуемых параметров (как градиента температуры, так и скорости изменения температуры).

Предложенная информационно-измерительная система термостатирования помещений была аттестована в соответствии с программой аттестации, где подтверждены требуемые характеристики [12].

Данная система является автоматической и работает без настройки оператора. Наличие безынерционных цифровых термометров позволяет масштабировать систему термостатирования для больших помещений. При увеличении объема комнаты можно наращивать количество таких термометров, подстроить конфигурацию диффузоров и вентиляционной установки и обеспечивать поддержание температурного режима для сколь угодно больших помещений.

### *Заключение*

Методы и элементы разработанной информационно-измерительной системы являются защищенными результатами интеллектуальной деятельности, в отношении которых оформлены патенты. Использование беспроводных каналов передачи данных между термометрами, контроллером, дисплеем и возможными другими компонентами системы позволяет, как свободно менять конфигурацию комнаты (расположение рабочих зон), так и защищать передаваемые данные с использованием зашифрованного, скрытого канала связи с проприетарным протоколом обмена [13–15].

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29.12.2018 г. № 2840 об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-9}$  до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм.
2. ГОСТ Р 8.000–2023 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к поверочным установкам. – Москва : Стандартинформ, 2023. – 45 с.

3. ГОСТ 9038–90 Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия – Москва : ИПК Издательство стандартов.1990 – 14 с.
4. МИ 1603–87 Государственная система обеспечения единства измерений. Меры длины концевые плоскопараллельные. Общие требования к методикам поверки. – Москва : Стандартинформ, 2023. – 15 с.
5. Лобко В. П. Система поддержания температурного режима в помещении // Патент № 2545126 Российская Федерация, МПК F24F 3/00 (2006.01).: № 2013157021/12: заявл. 23.12.2013; опубл. 27.03.2015. – 19 с.
6. Т. МЕТЕР ХОЛДИНГ Б.В. (NL) Способ регулирования температуры в климатической камере и климатическое устройство // Патент № 2210703: заявл. 13.08.1999; опубл. 27.05.2003. – 2 с.
7. Волинцев А. Б. Ощепков А. Ю. Калинин С. П. Термостатированное помещение для работы высокоточного измерительного оборудования // Патент № 2478766: заявл. 29.06.2011; опубл. 10.04.2013. – 8 с.
8. Крылов В. С. Построение малобюджетных информационно-измерительных систем и систем автоматического регулирования на базе прецизионного многоканального измерителя температуры «Термоизмеритель ТМ-12» // Интерэкспо ГЕО Сибирь. IV Междунар. науч. конгр. – Новосибирск: СГГА, 2008. – Т. 4. – № 2. – С. 141–144.
9. ГОСТ Р 8.736–2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые многократные измерения. Методы обработки результатов измерений. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 36 с.
10. Эффект Коанда. [Электронный ресурс]. – URL: [http://ru.ruwiki.ru/wiki/Эффект\\_Коанда](http://ru.ruwiki.ru/wiki/Эффект_Коанда).
11. ПИД регулятор. [Электронный ресурс]. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/ПИД-регулятор>.
12. ГОСТ Р 8.568–2017 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 12 с.
13. Проприетарный протокол [Электронный ресурс]. – URL: [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/enru.ru.a5959e156847362184cb645174722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Proprietary\\_protocol](https://translated.turbopages.org/proxy_u/enru.ru.a5959e156847362184cb645174722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Proprietary_protocol).
14. ГОСТ Р 8.654–2015 Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения.– Москва : Стандартинформ, 2019. – 11 с.
15. МИ 3566–2016 Государственная система обеспечения единства измерений. Типовая методика испытаний и подтверждения соответствия (сертификации) программного обеспечения средств измерений. – Москва : ФГУП «ВНИИМС», 2016 – 44 с.

© В. С. Крылов, 2025