

**ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННО-
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ПРИ КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА
МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

З. М. Селиванова[✉], К. В. Скоморохов

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,
selivanova_zm@mail.ru; ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: инновационные технологии; информационная модель; контроль качества материалов; принятие решений; теплофизические свойства; условия неопределенности; экологические строительные материалы.

Аннотация: Предложен научный подход, содержащий этапы разработки информационно-измерительной системы и принятия решений в процессе определения теплофизических свойств экологических строительных материалов в условиях неопределенности; в информационной модели учтены множества входных и выходных сигналов системы, диапазоны теплопроводности исследуемых материалов, влияющие факторы, информация базы знаний и др. Разработана структура информационных каналов передачи информации при принятии решений в информационно-измерительной системе на основе базы знаний и цифрового канала обработки измерительной информации для повышения точности контроля качества материалов при неопределенных условиях.

Введение

При строительстве жилых и производственных помещений, объектов агропромышленного комплекса необходимо применение экологических строительных материалов (ЭСМ). В настоящее время в различных отраслях строительной индустрии находят применение инновационные технологии при разработке новых экологических строительных материалов и проектировании измерительных средств [1, 2]. Повышение экологического уровня применяемых строительных материалов обеспечивает комфортную безопасную среду зданий и минимальное экологическое воздействие на окружающую среду, то есть устойчивое строительное производство. При экологическом мониторинге качества строительных материалов выполняется контроль, как в процессе производства продукции, так и на заключительной стадии, когда определяется годная или дефектная продукция.

Однако существует проблема достоверного экологического мониторинга параметров качества используемых материалов при влиянии дестабилизирующих факторов. Теплофизические измерения характеризуются сложной процедурой, поэтому достаточно проблематично получить достоверную измерительную информацию в широком диапазоне теплопроводности строительных материалов. Для неразрушающего контроля одного из основных параметров строительных материалов – коэффициента теплопроводности, следует применить информаци-

онно-измерительную систему (ИИС). Известны измерительные информационные системы, выполняющие контроль теплофизических свойств материалов (ТФС), но данные измерительные средства характеризуются невысокой точностью измерений [3].

Для контроля ТФС объектов исследования также широко применяются измерительные средства, не отвечающие предъявляемым требованиям оперативности и точности результатов измерений, влиянию дестабилизирующих факторов (ДФ). Актуальным и важным является решение задачи обеспечения точности определения теплофизических свойств используемых материалов. Необходимо улучшить технические и метрологические характеристики измерительных средств, разрабатывая информационно-измерительные системы с использованием информационной среды их функционирования. Расширение функциональных возможностей ИИС основывается на применении современных структурных компонентов в ее составе: блока принятия решений (БПР) в нечеткой среде, который использует для определения ТФС экологических строительных материалов базу знаний и результаты классификации ЭСМ.

Цель исследования – повышение точности определения теплопроводности экологических строительных материалов в результате формирования реконфигурируемой структуры ИИС при реализации теплофизического измерения теплопроводности исследуемых экологических строительных материалов в идентифицированном диапазоне теплопроводности.

Научный подход, включающий этапы создания информационно-измерительной системы теплопроводности экологических строительных материалов

Разработка ИИС и ее информационной модели выполняется в результате применяемых гипотез, предположений и информационных технологий. Проектирование ИИС неразрушающего контроля ТФС различных видов экологических строительных материалов (дерева, красного и силикатного кирпича) выполнено на основе научного подхода, включающего нижеперечисленные этапы:

– определяются априорные данные о материалах, которые подлежат исследованию $(ИМ)_1, \dots, (ИМ)_N$, где N – количество материалов. При классификации рассматриваются экологические материалы, применяемые для строительства жилых и промышленных зданий. Разрабатывается математическая модель для определенного класса материалов в соответствии с их теплопроводностью. Определяется множество контролируемых параметров U_{Π} согласно требованиям пользователей ИИС при контроле теплофизических свойств экологических материалов с учетом априорной информации об ИМ, уровней достоверности исходных данных, диапазонов контролируемых параметров материалов;

– создается ряд требований к входным информационным данным. Предварительно выполняются тестовые теплофизические измерения с использованием измерительного зонда (ИЗ) и системы измерительных преобразователей (СИП). Полученная измерительная информация корректируется при влиянии множества дестабилизирующих факторов $V_{ДФ}$;

– выполняется идентификация информационных данных об ИИС. Диапазоны и уровни сигналов на входе системы при влиянии ДФ определяются множеством $I_{вх ДФ}$. Множество $I_{вых ДФ}$ отображает выходные сигналы микроконтроллера (МК). Сигналы «Пуск» I_{Π} и сигналы управления $I_{упр}$ с выхода микроконтроллера $(МК)_y$ подключают $(МК)_1, \dots, (МК)_j$ для контроля теплофизических свойств экологических материалов соответствующей предметной области $(ПО)_1, \dots, (ПО)_j$;

– для функционирования ИИС выбираются микроконтроллеры, которые соответствуют необходимым информационным данным: среднему времени передачи информационных сигналов $t_{\text{ср}}$ и обработки информации $t_{\text{ОИ}}$, которая передается информационному каналу, представленному множеством $I_{\text{ИК}}$, объему памяти микроконтроллеров (ПМК);

– в созданном информационном канале пользователя формируются сведения о применяемых экологических строительных материалах и диапазонах их теплопроводности, режимных параметрах для проведения теплофизических измерений, влияющих внешних и внутренних факторах, структурном построении ИИС теплофизических свойств объектов исследования;

– в базу знаний (БЗ) записываются априорные данные экспертов $I_{\text{ИЭ}}$ и пользователей $I_{\text{ИП}}$ для различных предметных областей, а также экспериментальная $I_{\text{ЭКС}}$ и априорная информация $I_{\text{апр}}$ при контроле качества объектов ИИС [4];

– в базу знаний заносится множество информации $I_{\text{БЗ}}$, сформированной в информационных каналах: информационные данные, поступающие с персонального компьютера (ПК) $I_{\text{ПК}}$ и информация, представленная экспертами $I_{\text{ЭК}}$; априорная $I_{\text{апр}}$, экспериментальная $I_{\text{ЭКС}}$, текущая $I_{\text{тек}}$, измерительная от объекта измерений (ОИ) $I_{\text{ОИ}}$, используемая в моделях $I_{\text{мод}}$, методах $I_{\text{мет}}$ и алгоритмах $I_{\text{ал}}$ работы ИИС при проведении теплофизических измерений;

– в блоке усилителя (БУ) формируются коэффициенты усиления для определенных диапазонов $K_{\text{д}}$ и информация $I_{\text{БУ}}$, поступающая с ИЗ $I_{\text{ИЗ}}$. С блока тепловых воздействий (БТВ) подаются тепловые импульсы в соответствии с предметной областью объекта $I_{\text{БМК}}$ ПО на исследуемые материалы $I_{\text{БТВ}}$, затем информационный сигнал отклика после нагрева материала поступает в блок микроконтроллеров (БМК). Множество информационных сигналов $I_{\text{ПР}}$ формируется в блоке принятия решений (ПР);

– создается информационная среда функционирования структурных компонентов, входящих в ИИС контроля ТФС ИМ, представленной множеством $I_{\text{ИИС}}$ [5];

– с использованием предложенного множества критериев оценки экономической эффективности ИИС $\mathcal{E}_{\text{ИИС}}$: $P_{\text{т}}$ – потери точности, $P_{\text{оп}}$ – потери оперативности, δ – погрешность контроля ТФС объектов, оценивается техническая эффективность ИИС для определения ТФС экологических строительных материалов.

Информационная модель для поддержки принятия решений в ИИС

На основе вышепредставленной информации разработана информационная модель информационно-измерительной системы $M_{\text{ИИС}}$, которая применяется при контроле ТФС объектов, приведенная в виде следующего кортежа множеств:

$$M_{\text{ИИС}} = \langle I_{\text{ИМ}}^d, U_{\text{П}}, V_{\text{ДФ}}, I_{\text{вх ДФ}}, I_{\text{вых ДФ}}, I_{\text{ИК}}, I_{\text{ИП}}, I_{\text{ИЭ}}, I_{\text{БЗ}}, I_{\text{БПР}}, I_{\text{ИИС}}, \mathcal{E}_{\text{ИИС}} \rangle,$$

в который включен ряд множеств: $I_{\text{ИМ}}^d = \{I_i^{dj}, i = 1, \dots, N, d_j, j = 1, \dots, p\}$ – выходные сигналы с ИМ, d – диапазон теплопроводности ИМ, p – число диапазонов; $U_{\text{П}} = \{U_i, i = 1, \dots, m\}$ – определяемые параметры теплофизических свойств материалов, m – число параметров; $V_{\text{ДФ}} = \{V_{R_{\text{т}}}, V_W, V_{\Psi}, V_T\}$ – влияющие факторы

в процессе измерений: V_{R_T} – термосопротивление в контактной области измерительного зонда и объекта; V_W – влажность; V_Ψ – шероховатость поверхности объекта; V_T – значения температуры; $I_{\text{вх,ДФ}} = \{I_{\text{вх,ДФ}}^{di}, i=1, \dots, x\}$ – множество входных сигналов с учетом воздействующих факторов, x – число сигналов на входе; $I_{\text{вых,ДФ}} = \{I_{\text{вых,ДФ}}^{di}, i=1, \dots, \gamma\}$ – множество сигналов на выходе при учете влияющих факторов, γ – число выходных сигналов; $I_{\text{ИК}} = \{I_{\text{ПМК}}, t_{\text{ПИ}}, t_{\text{ОИ}}\}$ – параметры информационных каналов (ИК), $t_{\text{ПИ}}$ – время передачи информации; $I_{\text{ИП}} = \{I_{\text{ИП}i}, i=1, \dots, l\}$ – информация от пользователя; $I_{\text{ИЭ}} = \{I_{\text{ИЭ}i}, i=1, \dots, b\}$ – информация от эксперта; $I_{\text{БЗ}} = \{I_{\text{ПК}}, I_{\text{ЭК}}, I_{\text{апр}}, I_{\text{ЭКС}}, I_{\text{тек}}, I_{\text{мет}}, I_{\text{мод}}, I_{\text{ал}}\}$ – информация из базы знаний; $I_{\text{БПР}} = \{I_{\text{БУ}}, I_{\text{ИЗ}}, I_{\text{БТВ}}, I_{\text{БМК}}\}$ – информация, поступающая из БПР; $I_{\text{ИИС}} = \{I_{\text{ИИС}i}, i=1, \dots, y\}$ – структуры ИИС; $\mathcal{E}_{\text{ИИС}} = \{P_t, P_{\text{ОП}}, \delta\}$ – критерии, оценивающие техническую эффективность ИИС для контроля ТФС экологических строительных материалов.

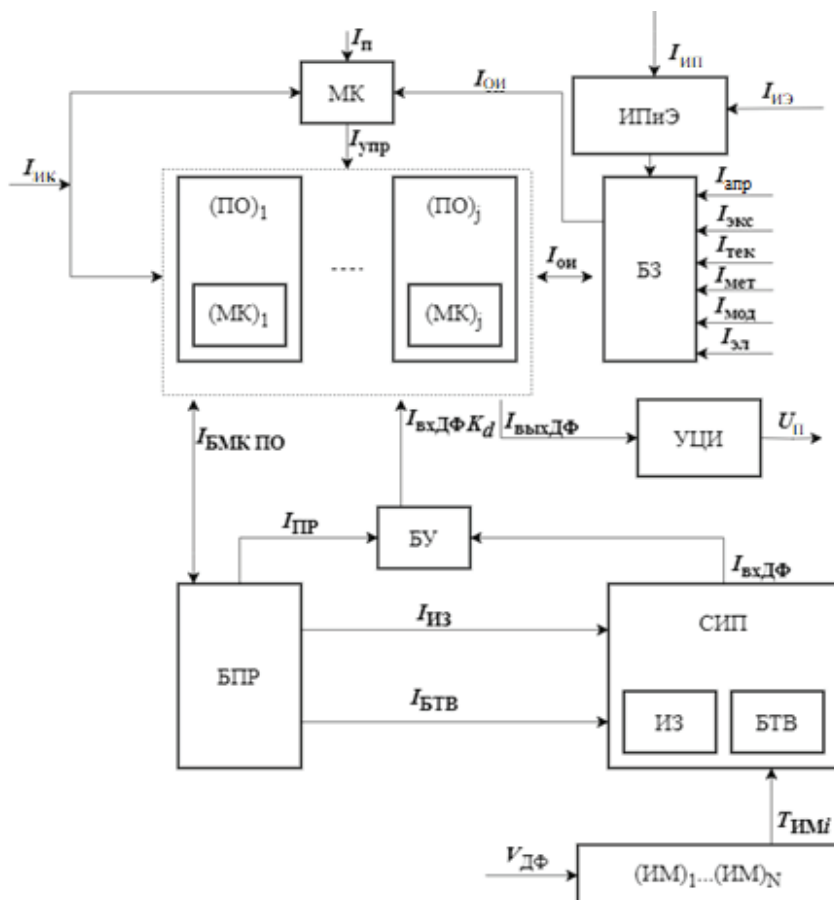


Рис. 1. Структура информационных каналов передачи информации в ИИС:

ИП и ИЭ – информационные данные пользователей и экспертов;

УЦИ – устройство для цифровой индикации контролируемых параметров

Структурная схема, показанная на рис. 1, отражает процедуру реализации информационной модели, что позволяет принимать решения в ИИС, контролирующей теплопроводность экологических строительных материалов. На схеме представлены сформированные информационные каналы получения, преобразования и передачи информации, обмена информацией между основными структурными компонентами ИИС.

Для контроля и оценки качества используемых в строительном производстве экологических материалов осуществляется инновационное проектирование информационно-измерительной системы для неразрушающего контроля теплопроводности экологических материалов.

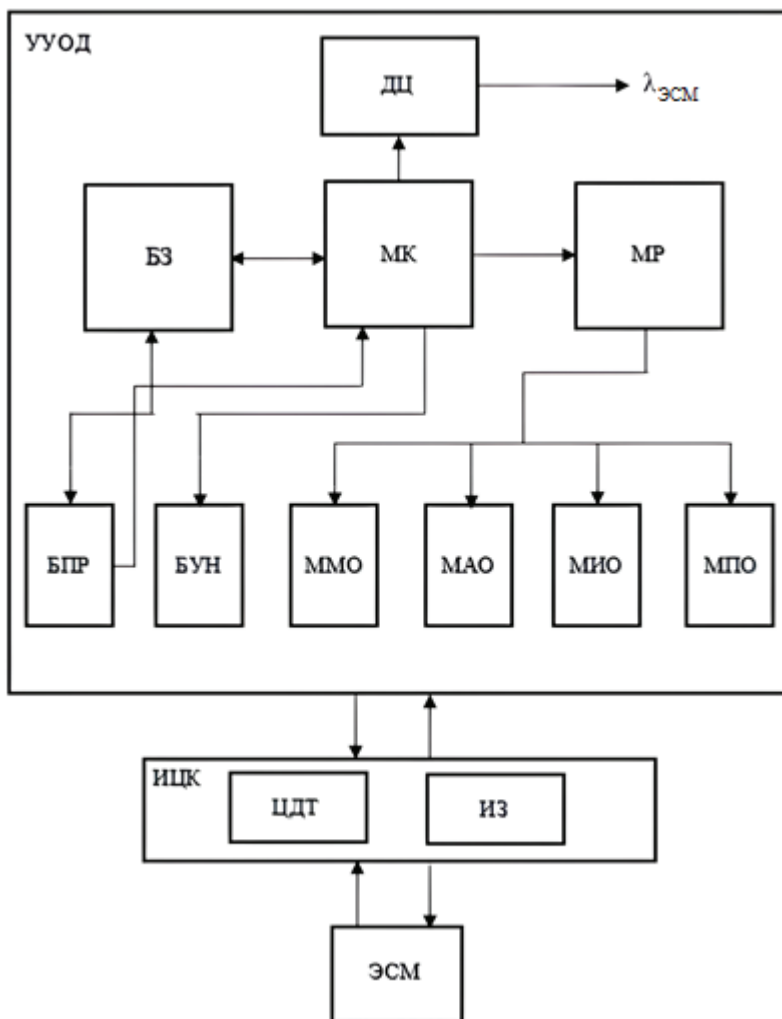


Рис. 2. Структурная схема ИИС теплопроводности экологических строительных материалов:

УУОД – устройство управления и обработки данных; ДЦ – дисплей цифровой; МР – модуль реконфигурирования; БПР – блок принятия решений; БУН – блок управления нагревом; ММО – модуль метрологического обеспечения; МАО – модуль аналитического обеспечения; МИО – модуль информационного обеспечения; МПО – модуль программного обеспечения; ИЦК – измерительный цифровой канал; ЦДТ – цифровые датчики температуры; ИЗ – измерительный зонд

Архитектура ИИС отличается от известных следующим: адаптацией к различным измерительным ситуациям на основе реконфигурирования структурных компонентов ИИС для обеспечения достоверности получаемых измерительных данных, цифровыми инновационными технологиями при обработке информации в измерительном канале, применением адаптивного алгоритма функционирования ИИС. Структура информационных каналов передачи информации в информационно-измерительной системе теплопроводности экологических строительных материалов $\lambda_{ЭСМ}$ представлена на рис. 2 [6 – 9].

Информационно-измерительная система теплопроводности строительных экологических материалов реализует функционирование в соответствии с программным обеспечением и соответствующим методом теплофизического измерения, в котором с использованием ИЗ выполняется нагрев исследуемого материала.

Цифровые датчики температуры контролируют температуру в контактной области зонда и материала, а затем измерительную информацию передают по цифровому каналу в микроконтроллер для обработки полученных данных и расчета теплопроводности ЭСМ. С использованием информационных данных в базе знаний ИИС в блоке принятия решений реализуется процедура выбора требуемых параметров для каждого режима теплофизических измерений согласно теплопроводности ЭСМ. При этом выполняется реконфигурация структуры ИИС с использованием разработанного аналитического, программного и метрологического обеспечений.

Определение теплопроводности экологических строительных материалов

Теплопроводность материала оценивается коэффициентом теплопроводности λ , Вт/(м·К), который определяется по формуле [10, 11]

$$\lambda = \frac{Ql}{S(T_2 - T_1)\tau},$$

где Q – тепло, передаваемое материалу, Дж; l – толщина материала, м; S – площадь поверхности контроля, м²; $(T_2 - T_1)$ – разность температуры в результате теплового воздействия на объект, °С; τ – время, с.

На основе экспериментальных исследований установлены зависимости коэффициента теплопроводности ЭСМ с учетом воздействия основного влияющего

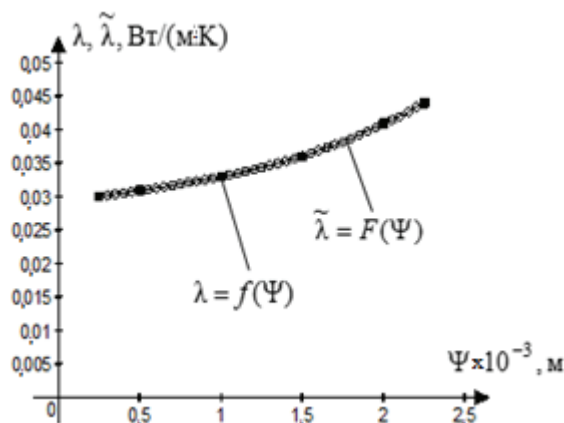


Рис. 3. Зависимость теплопроводности пенопласта от шероховатости его поверхности

фактора – шероховатости материала Ψ , которые сохранены в базе знаний ИИС и применяются для коррекции результатов измерения. На рисунке 3 приведены зависимости $\lambda = f(\Psi)$ и аппроксимирующая $\tilde{\lambda} = f(\Psi)$ для строительного материала – пенопласта.

Аппроксимирующая зависимость $\tilde{\lambda} = f(\Psi)$ для пенопласта представлена в следующем виде:

$$\tilde{\lambda} = F(\Psi) = 8,88 \cdot 10^{-4} \Psi^3 - 6,58 \cdot 10^{-4} \Psi^2 + 0,0036 \Psi + 0,029.$$

Экспериментальные исследования экологических строительных материалов с использованием ИИС

Выполнены экспериментальные исследования ИИС теплопроводности экологических строительных материалов в условиях неопределенности при влиянии внешних и внутренних дестабилизирующих факторов. Определена относительная погрешность при измерении теплопроводности материалов, равная 4 – 6 %. Рассчитанные значения относительной погрешности измерения коэффициента теплопроводности исследуемых материалов представлены в табл. 1.

Метрологический анализ расчетных данных погрешности теплофизических измерений подтверждает результат исследования – повышение точности определения коэффициента теплопроводности экологических строительных материалов.

Заключение

Множества данных информационной модели и базы знаний используются в информационно-измерительной системе при контроле теплофизических свойств экологических материалов, которые применяются при строительстве зданий, объектов агропромышленного комплекса и предприятий различных отраслей производства.

Реализован научный подход, включающий этапы создания реконфигурируемой структуры ИИС, которая отличается наличием дополнительных функциональных возможностей при определении ТФС экологических материалов в различных диапазонах теплопроводности в результате адаптации к предметной области объекта исследования.

Таблица 1

Данные расчета относительной погрешности определения теплопроводности экологических строительных материалов

Экологические строительные материалы	$\lambda_{ЭСМ}$, Вт/(м·К)		Расчетная погрешность измерения δ_λ , %
	справочная	измеренная	
Пенопласт	0,36	0,38	5,56
Металлочерепица	0,17	0,18	5,88
Керамическая черепица	0,25	0,26	4,00
Красный кирпич	15,82	14,92	5,69
Силикатный кирпич	1,35	1,42	5,19
Древесина	0,24	0,25	4,17

Инновационные технологии, применяемые в ИИС при принятии решений в условиях неопределенности на основе использования базы знаний, цифровых и информационных технологий, способствуют повышению точности контроля качества строительных материалов. Информационно-измерительная система с реконфигурируемой структурой рекомендуется для применения на предприятиях при контроле качества выпускаемых экологических строительных материалов.

Список литературы

1. Слесарев, М. Ю. Инновационные методы формирования систем экологической безопасности строительства / М. Ю. Слесарев // Вестник МГСУ. – 2007. – № 3. – С. 7 – 12.
2. Селиванова, З. М. Интеллектуальная информационно-измерительная система дистанционного контроля качественных параметров теплоизоляционных материалов в условиях воздействия дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Д. С. Куренков // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2020. – Т. 26, № 1. – С. 6 – 19. doi: 10.17277/vestnik.2020.01.pp.006-019
3. Hofman, D. Intellectual Measurements for Obtaining Objective Information in Science and Technology / D. Hofman, K. Karaya // Proceedings of the 10th World Congress of IMEKO. – Prague, 1985. – P. 19 – 34.
4. Селиванова, З. М. Информационная и математические модели для прогнозирования надежности интеллектуальной информационно-измерительной системы теплофизических свойств материалов / З. М. Селиванова, К. В. Скоморохов // Надежность и качество сложных систем. – 2022. – № 2(38). – С. 61 – 69. doi: 10.21685/2307-4205-2022-2-7
5. Селиванова, З. М. Оперативный неразрушающий контроль теплопроводности материалов в строительной промышленности / З. М. Селиванова, К. В. Скоморохов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2022. – № 3. – С. 85 – 92.
6. Селиванова, З. М. Информационно-измерительная система теплофизических свойств твердых материалов с интеллектуальным датчиком реконфигурируемой структуры / З. М. Селиванова, В. С. Ерышова // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Серия: Приборостроение. – 2019. – № 5(128). – С. 4 – 19.
7. Intelligent Information-Measuring System for Operational Control of Thermo-Physical Properties of Heat Insulating Materials // Z. M. Selivanova, D. S. Kurenkov, O. V. Trapeznikova, I. V. Nagornova // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. – Vol. 1546(1). – P. 012029.
8. Селиванова, З. М. Интеллектуализация информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов: монография / З. М. Селиванова. – М. : Машиностроение-1, 2006. – 207 с.
9. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – СПб. : Питер, 2001. – 384 с.
10. Вавилов, В. П. Тепловые методы неразрушающего контроля : справочник / В. П. Вавилов. – М. : Машиностроение, 1991. – 240 с.
11. Лыков, А. В. Теория теплопроводности : учеб. пособие / А. В. Лыков. – М. : Высш. школа, 1967. – 600 с.

Decision Making in the Data-Measuring System for Materials Quality Control under Uncertainty

Z. M. Selivanova✉, K. V. Skomorokhov

*Department of Design of Radioelectronic and Microprocessor Systems,
selivanova_zm@mail.ru; TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: innovative technologies; information model; materials quality control; decision making; thermophysical properties; uncertainty conditions; environmentally friendly building materials.

Abstract: The paper proposes a scientific approach that contains stages of developing a data-measuring system and making decision in the process of determining the thermophysical properties of environmentally friendly building materials under uncertainty. The information model takes into account the set of input and output signals of the system, the ranges of thermal conductivity of the materials under study, influencing factors, knowledge base information, etc. The structure of information channels for transmitting information when making decisions in the data-measuring system based on the knowledge base and the digital channel for processing measuring information has been developed to improve the accuracy of quality control of materials under uncertain conditions.

References

1. Slesarev M.Yu. [Innovative methods of forming ecological safety systems for construction], *Vestnik MGSU* [Bulletin of MGSU], 2007, no. 3, pp. 7-12. (In Russ., abstract in Eng.)
2. Selivanova Z.M., Kurenkov D.S. [Intelligent information and measuring system for remote monitoring of quality parameters of thermal insulation materials under the influence of destabilizing factors], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2020, vol. 26, no. 1, pp. 6-19. doi: 10.17277/vestnik.2020.01.pp.006-019 (In Russ., abstract in Eng.)
3. Hofman D., Karaya K. Intellectual Measurements for Obtaining Objective Information in Science and Technology, *Proceedings of the 10th World Congress of IMEKO*, Prague, 1985, pp. 19-34.
4. Selivanova Z.M., Skomorokhov K.V. [Information and mathematical models for predicting the reliability of an intelligent information and measuring system for thermophysical properties of materials], *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability and quality of complex systems], 2022, no. 2(38), pp. 61-69. doi: 10.21685/2307-4205-2022-2-7 (In Russ., abstract in Eng.)
5. Selivanova Z.M., Skomorokhov K.V. [Operational non-destructive testing of thermal conductivity of materials in the construction industry], *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A.N. Tupoleva* [Bulletin of the Kazan State Technical University named after A.N. Tupolev], 2022, no. 3, pp. 85-92. (In Russ., abstract in Eng.)
6. Selivanova Z.M., Yeryshova V.S. [Information and measuring system of thermophysical properties of solid materials with an intelligent sensor of reconfigurable structure], *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Seriya: Priborostroyeniye* [Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Series: Instrument Engineering], 2019, no. 5(128), pp. 4-19. (In Russ., abstract in Eng.)

7. Selivanova Z.M., Kurenkov D.S., Trapeznikova O.V., Nagornova I.V. Intelligent Information-Measuring System for Operational Control of Thermo-Physical Properties of Heat Insulating Materials, *Journal of Physics: Conference Series*, 2020, vol. 1546(1), art. 012029.

8. Selivanova Z.M. *Intellektualizatsiya informatsionno-izmeritel'nykh sistem nerazrushayushchego kontrolya teplofizicheskikh svoystv tverdykh materialov: monografiya* [Intellectualization of information-measuring systems for non-destructive testing of thermophysical properties of solid materials: monograph], Moscow: Mashinostroyeniye-1, 2006, 207 p. (In Russ.)

9. Gavrilova T.A., Khoroshevskiy V.F. *Bazy znaniy intellektual'nykh sistem* [Knowledge bases of intelligent systems], St. Petersburg: Piter, 2001, 384 p. (In Russ.)

10. Vavilov V.P. *Teplovyye metody nerazrushayushchego kontrolya: spravochnik* [Thermal methods of non-destructive testing: reference book], Moscow: Mashinostroyeniye, 1991, 240 p. (In Russ.)

11. Lykov A.V. *Teoriya teploprovodnosti: ucheb. posobiye* [Theory of heat conductivity: textbook], Moscow: Vysshaya shkola, 1967, 600 p. (In Russ.)

Entscheidungsfindung im Informations- und Messsystem bei der Materialqualitätskontrolle unter Unsicherheitsbedingungen

Zusammenfassung: Es ist ein wissenschaftlicher Ansatz vorgeschlagen, der Phasen der Entwicklung eines Informations- und Messsystems sowie der Entscheidungsfindung im Prozess der Bestimmung der thermophysikalischen Eigenschaften umweltfreundlicher Baumaterialien unter Unsicherheitsbedingungen umfasst; das Informationsmodell berücksichtigt Eingabesätze und Ausgangssignale des Systems, Wärmeleitfähigkeitsbereiche der untersuchten Materialien, Einflussfaktoren, Informationen aus der Wissensbasis usw. Die Struktur der Informationskanäle zur Informationsübertragung bei Entscheidungen im Informations- und Messsystem auf Grundlage der Wissensbasis und der digitale Kanal zur Verarbeitung von Messinformationen sind entwickelt, um die Genauigkeit der Qualitätskontrolle von Materialien unter unsicheren Bedingungen zu verbessern.

Prise des décision dans le système d'information et de mesure pour le contrôle de la qualité des matériaux dans les conditions de l'incertitude

Résumé: Est proposée une approche scientifique comprenant les étapes du développement d'un système d'information et de mesure et de la prise des décision dans le processus de détermination des propriétés thermophysiques des matériaux de construction environnementaux dans des conditions d'incertitude; le modèle d'information prend en compte de nombreuses entrées la structure des canaux d'information pour la transmission de l'information lors de l'adoption des solutions dans le système d'information et de mesure à la base des connaissances et du canal numérique pour le traitement de l'information de mesure afin d'améliorer la précision du contrôle de la qualité des matériaux dans des conditions incertaines.

Авторы: *Селиванова Зоя Михайловна* – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; *Скоморохов Кирилл Викторович* – аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия.
