

УДК 681.5.08

## **НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ**

Скоморохов К.В., аспирант гр. АБС-213, 4 курс

Научный руководитель: Селиванова З.М., д.т.н., профессор, профессор

Тамбовский государственный технический университет

г. Тамбов, Россия

На теплоэнергетических комплексах широко используются теплоизоляционные материалы, теплофизические свойства (ТФС) которых необходимо контролировать на промышленном производстве при их изготовлении. Однако проведение точных и надёжных теплофизических измерений может быть осложнено различными дестабилизирующими факторами, возникающими в условиях неопределённости измерений [1-2].

Один из основных дестабилизирующих факторов – случайный технологический разброс элементов системы, возникающий из-за различных производственных процессов, используемых материалов и технологий изготовления компонентов. Случайный технологический разброс может привести к изменению ТФС элементов системы и точности измерений.

Другим важным фактором является случайный характер параметров окружающей среды, таких как температура, влажность и скорость теплоносителей. Эти параметры могут изменяться в зависимости от времени года, климатических условий и др. Случайный характер параметров окружающей среды существенно влияет на точность теплофизических измерений.

Случайный характер внешних условий эксплуатации также является дестабилизирующим фактором, включающим напряжение электропитания, мощность тепловыделения и другие параметры, которые могут изменяться в процессе работы системы. Случайный характер внешних условий эксплуатации может привести к нестабильности ТФС системы и к неточным измерениям.

Параметры конструкции информационно-измерительной системы могут носить случайный характер и относиться к дестабилизирующим факторам: контактные зазоры, размеры, форма и расстояние между элементами системы, что может привести к неравномерному распределению тепла и, следовательно, к неточным результатам измерений [3-4].

К дестабилизирующим факторам теплофизических измерений в условиях неопределённости также относятся:

- ошибки оператора: человеческий фактор, который может привести к неправильным измерениям или некорректной интерпретации данных;
- изменение свойств материалов со временем: старение, износ или коррозия материалов влияют на их теплофизические характеристики;
- воздействие внешних помех: электромагнитные помехи, вибрации, механические воздействия и другие факторы могут исказить результаты измерений;
- несовершенство методик и оборудования: использование устаревших или недостаточно точных методов и приборов может привести к ошибкам в измерениях.

Теплоизоляционные материалы играют важную роль в обеспечении энергоэффективности объектов теплоэнергетики. Для поддержания их работоспособности и долговечности необходим регулярный контроль их теплофизических свойств, таких как теплопроводность, температуропроводность и теплоёмкость. Однако проведение измерений в реальных условиях эксплуатации часто сопровождается воздействием дестабилизирующих факторов, которые могут существенно снизить точность и достоверность результатов. В связи с этим актуальной задачей является разработка методов неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов, устойчивых к воздействию таких факторов. Дестабилизирующие факторы, влияющие на точность измерений, включают изменение температуры и влажности окружающей среды, воздействие давления, механических нагрузок, внешних электромагнитных помех, а также внутренние факторы, такие как контактные термические сопротивления, теплоёмкость нагревателя и неоднородность структуры материала. Методические факторы, такие как нарушение распределения температур в материале из-за внедрения измерительного зонда и погрешности калибровки оборудования, также оказывают значительное влияние. Для минимизации влияния дестабилизирующих факторов на результаты измерений применяются инструментальные и алгоритмические методы. Инструментальные методы включают экранирование измерительных цепей, заземление и изоляцию оборудования, а также использование специализированных кабелей и разъёмов. Алгоритмические методы включают линейную и нелинейную фильтрацию сигналов, отбраковку аномальных измерений и автоматическую коррекцию результатов с учётом влияния температуры и влажности. Также используются методы компенсации, такие как компенсация холодных спаев термопар и применение дифференциальных усилителей.

Для повышения точности измерений рекомендуется тщательная подготовка поверхности, включая обработку контактирующих поверхностей и использование теплопроводящих паст или прокладок. Учёт влажности материалов и анализ температурных режимов также играют важную роль. Применение интеллектуальных систем, таких как экспертные системы, позволяет автоматизировать процесс измерений и повысить их точность.

Неразрушающий контроль теплофизических свойств теплоизоляционных материалов в условиях воздействия дестабилизирующих факторов требует комплексного подхода. Учёт влияния температуры, влажности, контактных сопротивлений и других факторов позволяет повысить точность и достоверность измерений, что особенно важно для объектов теплоэнергетики. Разработка и внедрение интеллектуальных измерительных систем, устойчивых к воздействию дестабилизирующих факторов, способствует повышению энергоэффективности и надёжности теплоэнергетических объектов.

Метрологическая оценка теплофизических измерений в условиях неопределённости включает определение диапазона значений, в котором с определённой вероятностью может находиться истинный результат измерения, что требует разработки математической модели процесса измерений, оценки вклада каждой измеряемой величины в стандартную неопределенность результата измерений и получения суммарной стандартной неопределенности результатов измерений.

Влияние дестабилизирующих факторов при контроле ТФС теплоизоляционных материалов для объектов теплоэнергетики в условиях неопределенности является важной проблемой, которая может привести к снижению точности и надёжности результатов измерений. Для решения данной проблемы разработан метод повышения точности теплофизических измерений, проводится контроль качества компонентов информационно-измерительной системы и учёт случайных факторов при обработке результатов измерений [3].

### **Список литературы:**

1. Селиванова, З. М. Идентификация измерительной ситуации при неопределенности теплофизических измерений / З. М. Селиванова, К. В. Скоморохов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2021. – С. 516-527.
2. 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 г. – № 2 (38). – С. 61-69.
3. Селиванова, З. М. Комплексный метод повышения точности информационно-измерительной системы для определения теплофизических свойств материалов при воздействии дестабилизирующих факторов / З. М. Селиванова, Т. А. Хоан // Измерительная техника. 2017. – № 5. – С. 44-48.
4. Селиванова, З. М. Интеллектуализация информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов: монография / З. М. Селиванова. М.: «Издательство Машиностроение-1», 2006. – 207 с.