

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПРИМЕНЕНИИ  
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ  
ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ  
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**З. М. Селиванова, Т. А. Хоан, К. С. Стасенко**

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор Д. Ю. Муромцев*

**Ключевые слова и фразы:** информационно-измерительная система; теплофизические свойства материалов; энергосберегающие технологии.

**Аннотация:** Предложено решение задач оптимизации сокращения энергопотребления компонентов информационно-измерительных систем при обеспечении точности измерения и алгоритма функционирования и уменьшения энергозатрат как в процессе производства теплоизоляционных материалов (минеральных плит), так и при определении их теплофизических свойств при контроле параметров технологического процесса производства материалов с использованием информационно-измерительных систем.

Проблемы энергосбережения являются актуальными при разработке и применении информационно-измерительных систем (ИИС) для неразрушающего контроля (НК) теплофизических свойств (ТФС) материалов на производстве, так как важно не только получение качественных материалов, но и решение задачи сокращения энергозатрат. Предложена методика обеспечения энергосбережения в ИИС: уменьшение токопотребления электронных компонентов, то есть применение компонентов ИИС (измерительного зонда (ИЗ), нормирующего усилителя (НУ), аналого-цифрового преобразователя (АЦП), микроконтроллера (МК), жидкокристаллического индикатора (ЖКИ), блока питания (БП)) с меньшим потреблением тока и отключение ИИС от электрической сети при проведении цик-

---

Селиванова Зоя Михайловна – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», e-mail: selivanova@mail.jesby.tstu.ru; Хоан Туан Ань – аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; Стасенко Константин Сергеевич – аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ТамбГТУ, г. Тамбов.

лических измерений на производстве. При этом решается задача оптимизации сокращения энергопотребления компонентов ИИС при обеспечении точности измерения и алгоритма функционирования ИИС.

На стадии проектирования ИИС определяется аналитическая зависимость энергопотребления структурных компонентов системы

$$W_{\text{ИИС}}(t) = W_i(t) \pm \Delta W_i(t), \quad (1)$$

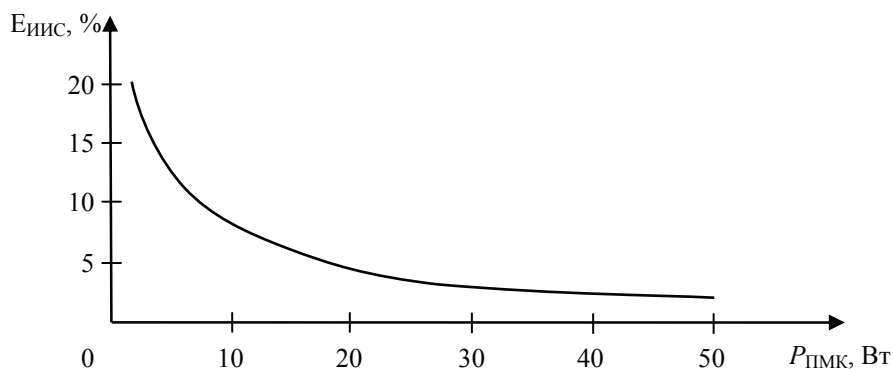
где  $W_i(t)$  – потребление энергии компонентами системы;  $i \in \{\text{ИЗ, НУ, АЦП, МК, ЖКИ, БП}\}$ ;  $\Delta W_i$  – установленное потребление электроэнергии компонентами ИИС. Для определения оптимального значения энергопотребления ИИС вводится критерий оптимальности, комплексно учитывающий потери мощности компонентов ИИС и точности контроля ТФС материалов

$$F(E_{\text{ИИС}}, t) = [v_1, \Pi_M(t, M, D) + v_2, \Pi_T(t, M)] \rightarrow \min_{t, M}, \quad (2)$$

где  $E_{\text{ИИС}}$  – энергосбережение в ИИС;  $t$  – время;  $v_1, v_2$  – весовые коэффициенты;  $\Pi_M$  – потери мощности компонентов ИИС;  $\Pi_T$  – потери точности контроля;  $M$  – методы определения энергосбережения ИИС;  $D$  – воздействующие факторы на ИИС.

Полученная зависимость энергосбережения  $E_{\text{ИИС}}$  при анализе потребляемой мощности используемых компонентов (**ПМК**) ИИС приведена на рисунке.

В настоящее время на предприятиях существует проблема экономии энергетических ресурсов как в процессе производства теплоизоляционных материалов (минеральных плит), так и при определении их теплофизических свойств ИИС [1, 2]. Технологический процесс производства минераловатных плит очень сложен и включает следующие операции: подготовка исходного сырья; составление сырьевой смеси нужного минерального, фракционного состава и влажности; получение расплава смеси; получение минераловатного волокна (обработка, распределение, получение формы волокна); контроль режимных параметров; производство изделий из минераловатного волокна; формирование минераловатных плит с заданной теплопроводностью  $\lambda$  [2].



Зависимость энергосбережения ИИС от потребляемой мощности компонентов системы  $W_{\text{ИИС}} = f(P_{\text{ПМК}})$

Анализ процесса производства показывает, что решающее влияние на качество продукции и энергозатраты оказывают следующие процессы: поддержание требуемой температуры окружающей среды  $T_{o,c}$  и относительной влажности  $V_{o,c}$  в помещении, плавка компонентов  $C$ , получение волокна в центрифуге  $S_{ц}$ , термообработка  $T$ . С точки зрения энергоэффективности, необходимо использовать частотно-регулируемый привод для управления частотой вращения вентиляторов в устройстве климат-контроля при поддержании необходимого уровня  $T_{o,c}$  и  $V_{o,c}$ . Высокую эффективность с точки зрения экономии энергоресурсов можно получить с применением регулируемого привода для турбин центрифуги ( $S_{ц}$  до 7000 об/мин). Подобный путь оптимизации процесса производства позволит увеличить КПД двигателя в момент малых нагрузок до 50 %, что приведет к экономии энергии до 10 %. При ускоренном проведении физико-химических процессов для получения компонентов  $C$  и  $T$  при плавке и термообработке используются печи с применением парового нагрева, что сопровождается существенным уровнем нагрева до 1500 °С и повышенным давлением. Повысить энергоэффективность процесса термообработки и плавки компонентов можно путем замены парового нагрева электрическим, а также внедрением автоматизированных систем управления процессом термообработки и плавки (более точная регулировка процесса нарастания температуры и давления в печи).

Функциональную зависимость, учитывающую затраты энергии на всех стадиях производства, можно представить в виде аналитической модели:

$$W_{E_n} = f(W_{в.с}, W_C, W_{C_d}, W_{C_{св}}, W_{V_{o,c}}, W_{T_{o,c}}, W_{S_{ц}}, W_T), \quad (3)$$

где  $W_{E_n}$  – затраты энергии при производстве минераловатных плит;  $W_{в.с}$  – затраты энергии при получении сырья требуемой влажности, фракционно-го и химического состава;  $W_C$  – затраты энергии при получении компонентов требуемой концентрации;  $W_{C_d}$  – затраты энергии при получении модифицирующих добавок нужной концентрации;  $W_{C_{св}}$  – затраты энергии при достижении требуемой концентрации связующего компонента;  $W_{V_{o,c}}$  – затраты энергии при поддержании необходимой влажности окружающей среды;  $W_{T_{o,c}}$  – энергозатраты при поддержании температуры окружающей среды;  $W_T$  – затраты энергии при термообработке;  $W_{S_{ц}}$  – затраты энергии при получении волокна в центрифуге.

Предложенные методика на основе применения аналитической зависимости (1), критерий оптимальности (2) и модель (3) значительно сокращают энергозатраты при контроле параметров технологического процесса производства материалов ИИС НК ТФС материалов.

Оценка энергосбережения ИИС НК ТФС материалов выполнена с использованием критерия энергоэффективности системы:

$$K_{\text{Э}} = f(M, W_i, \Delta W_i).$$

Применение предложенных энергосберегающих технологий сокращения затрат энергии позволяет в итоге получить энергосбережение до 30 %. Достоверность энергосбережения в ИИС и техпроцессе производства теплоизоляционных материалов подтверждена результатами экспериментальных исследований при эксплуатации ИИС НК ТФС материалов.

#### *Список литературы*

1. Третьяков, В. В. Разработка базы знаний информационно-измерительных систем контроля температуры / В. В. Третьяков, З. М. Селиванова // *Вопр. соврем. науки и практики*. Ун-т им. В. И. Вернадского. – 2012. – № 4(42). – С. 75 – 84.
2. Стасенко, К. С. Интеллектуальная информационно-измерительная система мониторинга режимных параметров технологического процесса производства минераловатных плит / К. С. Стасенко, З. М. Селиванова // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*. – 2013. – Т. 19, № 1. – С. 52 – 60.
3. Розно, М. И. Пора заняться техпроцессом / М. И. Розно, Л. В. Шинко. – Н. Новгород : Приоритет, 2004. – 39 с.

#### *References*

1. Tret'yakov V.V., Selivanova Z.M. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet imeni V. I. Vernadskogo*, 2012, no. 4(42), pp. 75-84.
2. Stasenko K.S., Selivanova Z.M. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2013, vol. 19, no. 1, pp. 52-60.
3. Rozno M.I., Shinko L.V. *Pora zanyat'sya tekhprotsessom* (It's time to be engaged in technical process), Nizhnii Novgorod: Prioritet, 2004, 39 p.

---

### **Energy Saving Technology in Developing and Applying Data-Measuring Systems for Nondestructive Testing of Thermo-Physical Properties of Thermal Insulating Materials**

**Z. M. Selivanova, T. A. Hoang, K. S. Stasenko**

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Key words and phrases:** energy saving technologies; information-measuring system; thermo-physical properties of materials.

**Abstracts:** We offer a solution to the optimization problems of reducing power consumption of components of data-measuring systems (DMS) when ensuring the accuracy of measurement and algorithm of DMS and reduction in energy consumption both in production of thermal insulating materials (mineral plates), and when measuring their thermo-physical properties under control of parameters of the material production using DMS.

---

© З. М. Селиванова, Т. А. Хоан, К. С. Стасенко, 2014