

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛОВАТНЫХ ПЛИТ

К.С. Стасенко, З.М. Селиванова

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; selivanova@mail.jesby.tstu.ru*

Ключевые слова и фразы: информационно-измерительная система; режимные параметры; теплоизоляционные материалы; теплопроводность; технологическая линия.

Аннотация: Предложены интеллектуальная информационно-измерительная система, реализующая алгоритм мониторинга режимных параметров технологического процесса производства минераловатных плит, и способ обеспечения качества выпускаемой продукции, основанный на данных мониторинга при контроле точности технологического процесса.

Теплопроводность теплоизоляционных материалов, в частности минераловатных плит, в соответствии с ГОСТ 2.114–95 [1] является одним из важнейших параметров, от которого зависит их качество при изготовлении. Эффективным направлением достижения требуемого качества минераловатных плит (МП) является применение интеллектуальной информационно-измерительной системы (ИИИС) мониторинга режимных параметров технологического процесса их изготовления.

Основной задачей мониторинга является обеспечение контроля режимных параметров (РП) технологического процесса производства минераловатных плит. На этапе производства происходит сбор информации, полученной при контроле сырьевой смеси, необходимой и достаточной для принятия мер к повышению качества МП, а именно, получению МП с заданной теплопроводностью λ . Мониторинг РП производства минераловатных плит для обеспечения точности технологического процесса их изготовления связан с большими трудностями, так как необходимо обеспечить высокий метрологический уровень ИИИС, осуществляющей контроль РП, коррекцию воздействия дестабилизирующих факторов на ИИИС и технологический процесс, которые вносят погрешность как на результаты измерения параметров, характеризующих качество производимых минераловатных плит, так и на режимные параметры всех стадий технологического процесса.

Технологический процесс производства минераловатных плит очень сложен, он включает в себя большое количество разнообразных операций (подготовку сырья, плавку компонентов, получение волокна, обработку, распределение, получение формы волокна, резку и т.д.). На каждом этапе производства происходит воздействие различных факторов, влияющих на качество и характеристики получаемых минераловатных плит.

Теплофизические и физико-механические свойства теплоизоляционных материалов зависят от сложного комплекса факторов, включающих вид исходного сырья, технологию получения волокна, диаметр и длину волокон, их химический и фазовый состав, структуру материала, качество связующего компонента.

Анализ факторов, влияющих на качество производимых минераловатных плит при использовании современных производственных аппаратов и машин в технологическом процессе, качественных сырьевых материалов и наличия высококвалифицированного персонала, показывает, что решающее влияние на качество продукции оказывают два фактора – температура окружающей среды $T_{o.c}$ и относительная влажность V_0 в помещении [2].

Если в помещениях температура окружающей среды выходит за рамки диапазона 18...24 °С, а относительная влажность ниже 48 %, то наблюдается резкое ухудшение качества производства МП на 10–15 %.

Таким образом, нормализуя микроклимат в производственных помещениях, можно добиться значительного повышения эффективности производства продукции.

Основной причиной понижения относительной влажности воздуха в производственных помещениях в зимний период является то, что наружный воздух при низких температурах содержит незначительное количество влаги. Например при температуре наружного воздуха –10 °С, даже при 100%-й относительной влажности на улице (туман) в воздухе содержится только 2,36 гм³ воды. Попадая в производственные помещения через вентиляцию и нагреваясь до 20 °С, такой воздух создаст в помещениях только 13%-ю относительную влажность. Таким образом, если в помещении не будет установлена специальная система увлажнения воздуха, влага начнет интенсивно испаряться из всех компонентов технологического процесса до достижения состояния равновесной влажности, что приведет к несоответствию относительной влажности допустимому значению при производстве минераловатных плит.

Свойства минеральной ваты зависят от концентрации сырьевой смеси и от концентрации добавок, например, при повышении содержания кремнезема повышается температура ее размягчения и температуроустойчивость. Глинозем повышает химическую и биологическую стойкость ваты, окись железа снижает температуроустойчивость, увеличивает коррозионность ваты. Коэффициент теплопроводности зависит от средней толщины волокон, объемного веса и пористости. Оптимальной является пористость 90 %. Толщина волокна может колебаться в пределах 2...40 мкм.

Получены экспериментальные и аппроксимирующие зависимости теплопроводности минераловатных плит от РП технологического процесса. На рисунке 1 в качестве примера приведены зависимости теплопроводности минераловатных плит от химического состава сырья и влажности окружающей среды.

Как показывает анализ технологии изготовления минераловатных плит, режимными параметрами технологического процесса при их производстве являются: концентрация исходных компонентов, влажность, фракционный и химический состав сырья, концентрация модифицирующих добавок (водоотталкивающие и обеспыливающие), концентрация связующего компонента (для придания волокну требуемых плотности, прочности и толщины), термообработка (при температуре 1200...1500 °С), скорость вращения валков центрифуги (до 7000 об/мин).

Минераловатные плиты изготавливаются дутьевыми (паро-, воздухо-, газодутьевыми) и центробежным способами [3]. Технологический процесс их изготовления включает следующие стадии (рис. 2): подачу исходных сырьевых компонентов горных пород габбро-базальтового типа (стадия А); подготовку исходного сырья; составление сырьевой смеси нужного минерального, фракционного

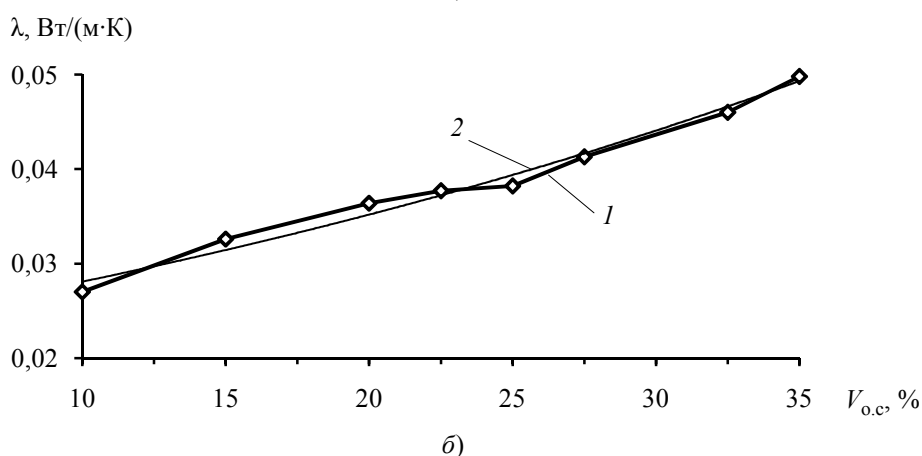
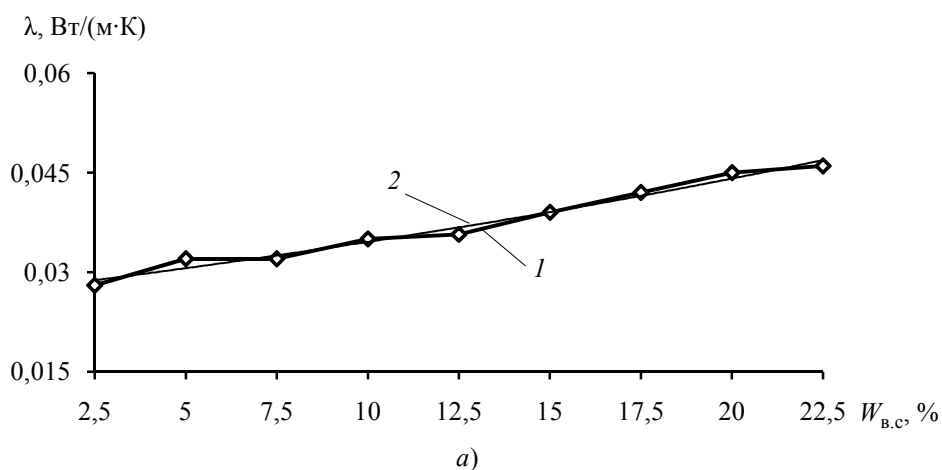


Рис. 1. Зависимости теплопроводности λ минераловатных плит ИЗОФАС-ЛМ от химического состава сырья $W_{в.с}$ (а) и влажности окружающей среды $V_{о.с}$ (б): 1 – экспериментальные; 2 – аппроксимирующие

состава, влажности (стадия В); получение расплава смеси (стадия С); получение минераловатного волокна (стадия Д); контроль режимных параметров (РП) $_{T_{о.с}}$ (РП) $_{V_{о.с}}$ (стадия Е); производство изделий из минераловатного волокна (стадия Ж); формирование минераловатных плит с заданной теплопроводностью $R_{МП}$ (стадия З).

Значительное улучшение характеристик производимых МП можно достичь путем своевременного и точного мониторинга РП на разных этапах технологического процесса производства. Мониторинг технологического процесса позволяет выявить отклонения от технических требований к производству МП. При контроле РП в процессе производства определяется их соответствие заданным допустимым значениям при использовании для их мониторинга ИИИС. В результате мониторинга РП на выходе технологического процесса МП изготавливаются с заданной теплопроводностью и требуемого качества.

Структурная схема ИИИС мониторинга РП приведена на рис. 3. Интеллектуальная информационно-измерительная система включает блок мониторинга режимных параметров (БМРП), устройство обработки и управления информацией (УОУИ), адаптер передачи данных. Мониторинг режимных параметров осуществляется на стадиях технологического процесса (см. рис. 2), реализуемых

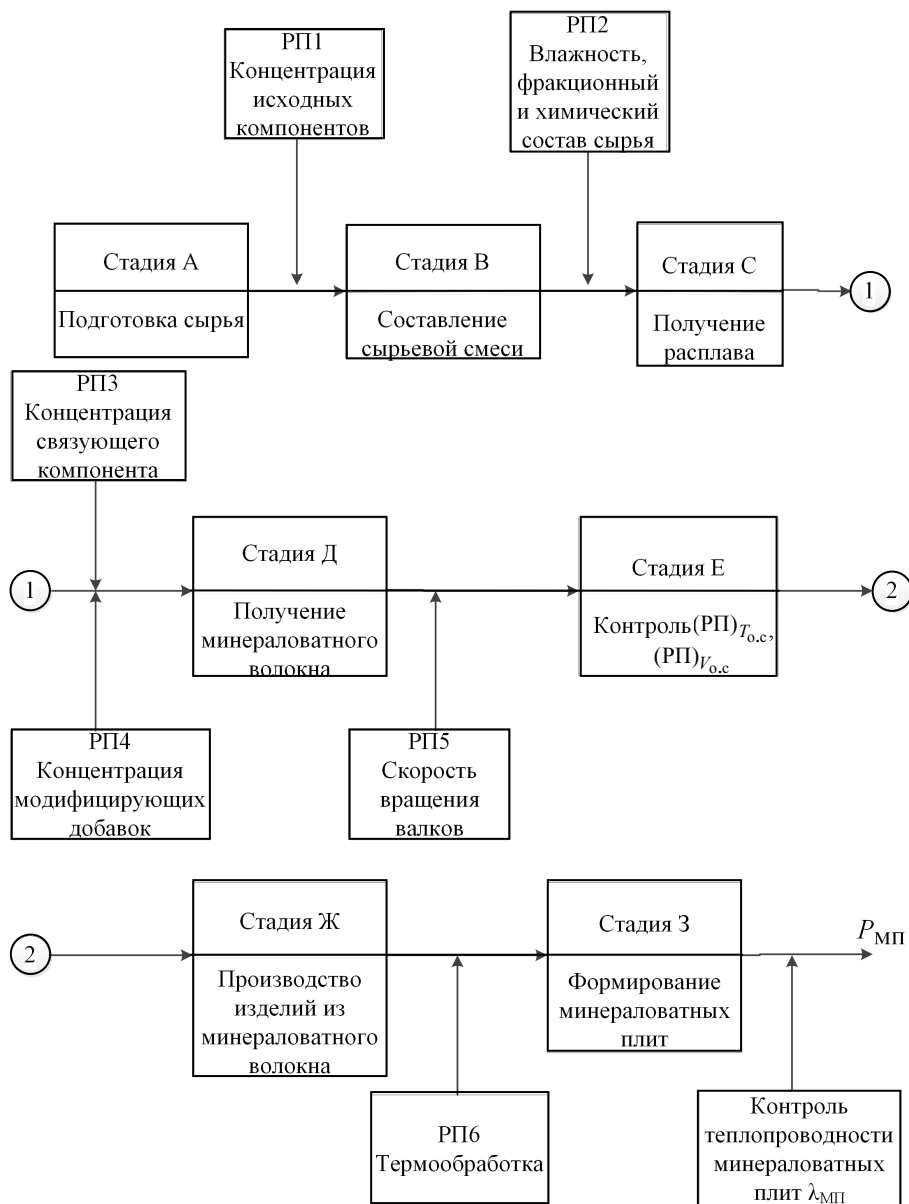


Рис. 2. Структурная схема мониторинга режимных параметров технологического процесса производства минераловатных плит

в технологической линии изготовления минераловатных плит (ТЛИМП), в состав которой входят оборудование для подготовки сырья (ОПС), оборудование для формирования волокна (ОФВ), центрифуга, камера термообработки, устройство климат-контроля (УКК), а также получаемая на выходе продукция $P_{МП}$ – минераловатные плиты.

Блок мониторинга РП содержит: датчики, измеряющие температуру $T_{o,c}$ и влажность $V_{o,c}$ окружающей среды; концентрацию исходных компонентов C_i ; влажность, фракционный и химический состав сырья $W_{в.с.}$; концентрацию связующего компонента $C_{с.к.}$; концентрацию модифицирующих добавок $C_{д.}$; скорость вращения валков центрифуги $S_{ц}$ и значение температуры при термообработке T . Блок согласования (БС) предназначен для приведения уровня сигналов

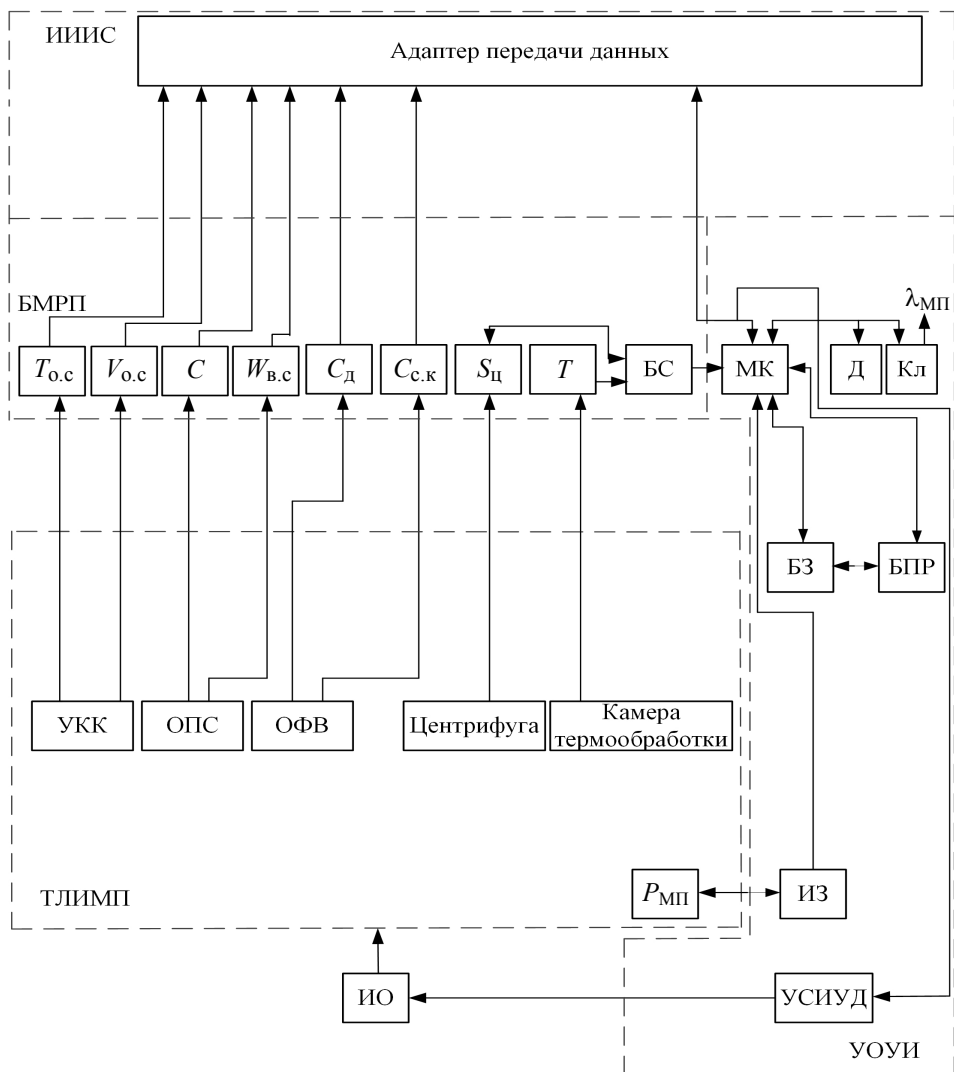


Рис. 3. Структурная схема ИИИС мониторинга РП

$S_{ц}$ и T , необходимых для поступления в микроконтроллер. Устройство обработки и управления информацией включает: микроконтроллер (МК), базу знаний (БЗ), блок принятия решений (БПР), измерительный зонд (ИЗ), устройство согласования и управления данными (УСИУД), дисплей (Д) и клавиатуру (Кл) [4].

В микроконтроллере происходит обработка и передача данных от БМРП к УСИУД, которое, в свою очередь, воздействует на исполнительный орган (ИО), устанавливает РП технологического процесса, устройств и оборудования технологической линии производства МП в соответствии с заданной областью их допустимых значений, определяемой экспертом-технологом.

Адаптер передачи данных согласовывает сигналы между БМРП и входом МК. Блок принятия решений на основе процедурных правил, хранящихся в базе знаний, передает информацию в УСИУД, который формирует управляющие сигналы ИО. Исполнительный орган управляет РП технологической линии, например, вносит изменения в процесс вытягивания волокна и термообработку для получения МП с требуемыми показателями качества.

Предлагается алгоритм мониторинга РП с использованием ИИИС (рис. 4).

Интеллектуальная информационно-измерительная система реализует интеллектуальные функции по выбору РП техпроцесса изготовления МП с заданной теплопроводностью, обладает развитыми коммуникативными способностями, а именно, осуществлением взаимодействия ИО с системой, в частности возмож-

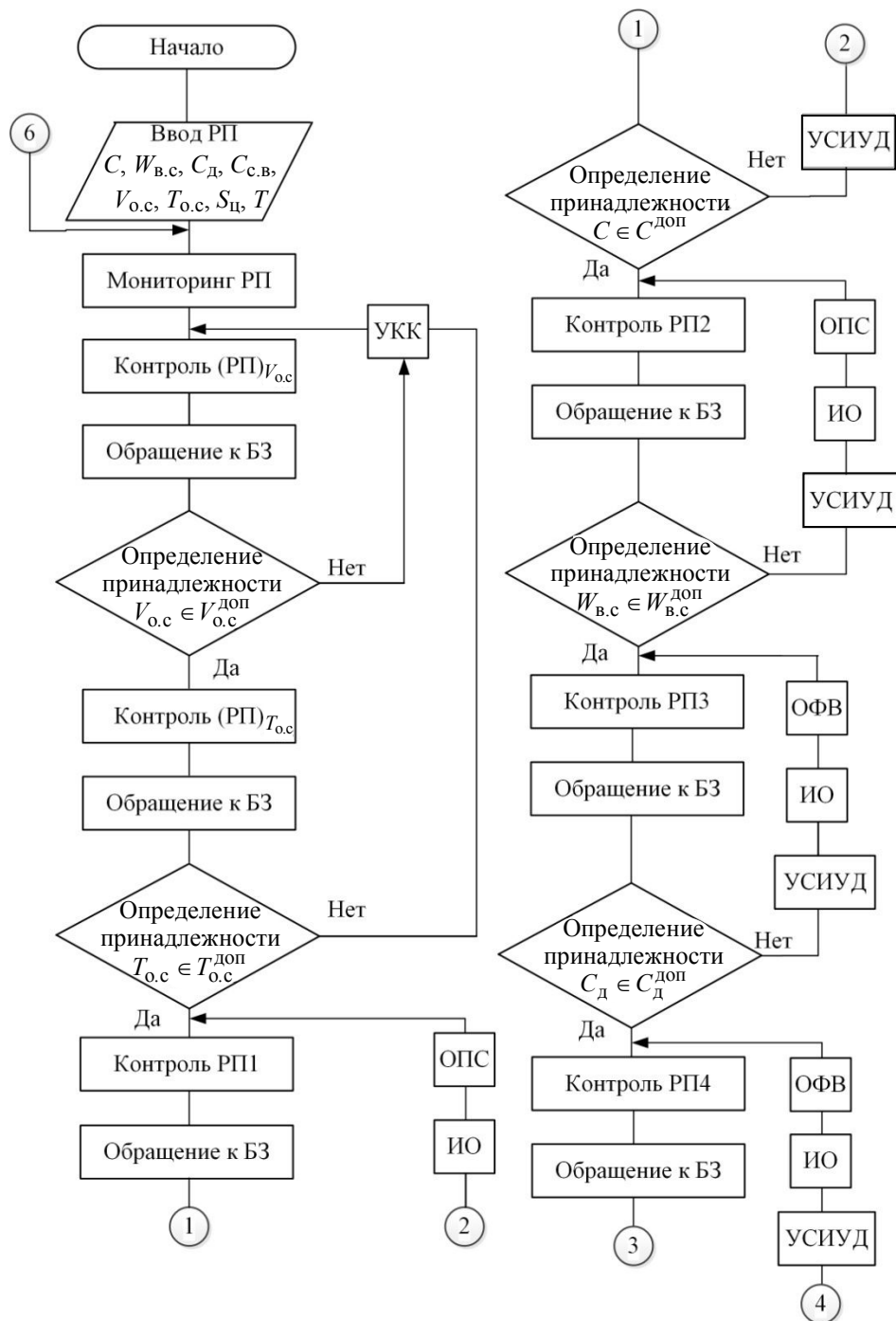


Рис. 4. Алгоритм мониторинга режимных параметров изготовления минераловатных плит с использованием ИИИС (начало)

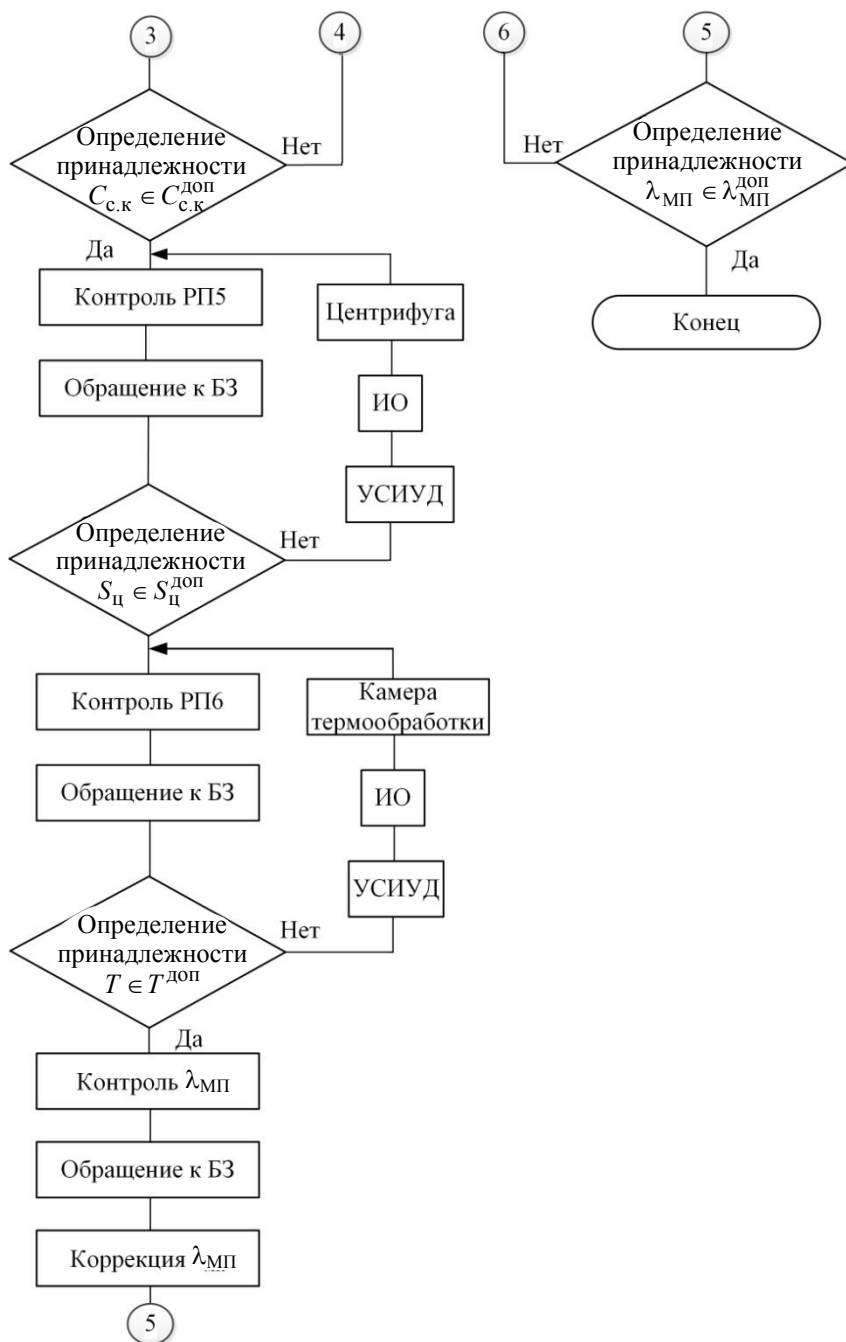


Рис. 4. Окончание

ностью коррекции показателей РП при воздействии дестабилизирующих факторов, что повышает качество производимых МП, как показывают результаты экспериментальных исследований, на 10–15 %. Интеллектуальная система способна решать сложные плохо формализуемые задачи, в частности задачи, которые требуют наличия в течение технологического процесса изготовления МП реализации алгоритма принятия решения в зависимости от конкретной ситуации, для которой характерны динамичность и неопределенность.

**Результаты экспериментальных исследований
теплоизоляционных материалов**

Исследуемые материалы	$\lambda_{эт}$, Вт/(м·К)	$\lambda_{МП РП}$, Вт/(м·К)	$\delta_{РП}$, %	$\lambda_{МП}$, Вт/(м·К)	δ , %
Рипор	0,028	0,027	2,7	0,023	17,9
Гераклит	0,035	0,034	2,8	0,0287	18,2
Изолайт	0,032	0,0323	0,9	0,0269	15,9
Изоруф	0,034	0,0337	0,88	0,0288	15,3
Изоруф-В	0,035	0,0346	1,1	0,029	17,1
Изофас-ЛМ	0,039	0,04	2,5	0,033	15,4
Полиметилметакрилат	0,195	0,194	0,5	0,165	15,4

Примечание: $\lambda_{эт}$ – эталонные значения теплопроводности; $\lambda_{МП РП}$, $\delta_{РП}$ – коэффициент теплопроводности и относительная погрешность, определяемые при мониторинге режимных параметров; $\lambda_{МП}$, δ – коэффициент теплопроводности и относительная погрешность, определяемые без мониторинга режимных параметров.

Результаты мониторинга РП технологического процесса производства МП используются для принятия решений при определении допустимых РП с целью повышения точности технологического процесса на основе разработанных процедурных правил для базы знаний ИИИС:

ЕСЛИ $T_{о.с} \in T_{о.с}(18...21)^\circ\text{C}$,	ТО	$(РП)_{T_{о.с}} \in (РП)_{T_{о.с}}^{доп.}$;
ЕСЛИ $W_{о.с} \in W_{о.с}(48...60)\%$,	ТО	$(РП)_{W_{о.с}} \in (РП)_{W_{о.с}}^{доп.}$;
ЕСЛИ $C \in C(70...80)\%$,	ТО	$(РП)_C \in (РП)_C^{доп.}$;
ЕСЛИ $W_{в.с} \in W_{в.с}(20...30)\%$,	ТО	$(РП)_{W_{в.с}} \in (РП)_{W_{в.с}}^{доп.}$;
ЕСЛИ $C_{с.к} \in C_{с.к}(2...5)\%$,	ТО	$(РП)_{C_{с.к}} \in (РП)_{C_{с.к}}^{доп.}$;
ЕСЛИ $C_d \in C_d(4...10)\%$,	ТО	$(РП)_{C_d} \in (РП)_{C_d}^{доп.}$;
ЕСЛИ $S_{ц} \in S_{ц}(6000...7000)$ об/мин,	ТО	$(РП)_{S_{ц}} \in (РП)_{S_{ц}}^{доп.}$;
ЕСЛИ $T \in T(1200...1500)^\circ\text{C}$,	ТО	$(РП)_T \in (РП)_T^{доп.}$.

Приведены экспериментальные исследования теплопроводности минераловатных плит при мониторинге РП технологического процесса изготовления МП. Результаты исследований представлены в таблице.

Как показывают результаты экспериментальных исследований, мониторинг РП технологического процесса изготовления МП позволяет осуществлять выпуск продукции с теплопроводностью, соответствующей нормативным технологическим требованиям, а также снижать теплопроводности МП до 15 % по сравнению с выпуском продукции без мониторинга РП.

Таким образом, мониторинг РП на стадиях технологической линии изготовления МП с помощью разработанных ИИИС и алгоритма ее функционирования обеспечивает повышение качества и изготовление МП с теплопроводностью, соответствующей нормативным требованиям, на основе повышения точности технологического процесса.

Список литературы

- ГОСТ 2.114–95. Единая система конструкторской документации. Технические условия. – Взамен ГОСТ 2.114–70 и ПР 50.1.001–93 ; введ. 1996–07–01. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2008. – 15 с.

2. Иванов, А.Ю. Технологические аспекты влияния относительной влажности и температуры на процессы [Электронный ресурс] / А.Ю. Иванов // ОКБ «Электрограф»: офиц. сайт. – Режим доступа : <http://www.okbelektrograf.ru/technical/article/>. – Загл. с экрана (дата обращения 25.03.2012).

3. Розно, М.И. Пора заняться техпроцессом / М.И. Розно, Л.В. Шинко. – Н. Новгород : Центр «Приоритет», 2007. – 42 с.

4. Селиванова, З.М. Проектирование интеллектуальных информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов. / З.М. Селиванова, А.А. Самохвалов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 273–283.

Intelligent Data Measuring System to Monitor Mode Parameters of Production Process of Mineral Wool Plates

K.S. Stasenko, Z.M. Selivanova

*Department “Designing of Radio-Electronic and Microprocessor Systems”,
TSTU; selivanova@mail.jesby.tstu.ru*

Key words and phrases: data measuring system; heat conductivity; heat insulating materials; production line.

Abstract: The paper proposes intelligent data measuring system to monitor operational parameters of the production process of mineral wool plates, and the way to ensure the product quality based on the accuracy of monitoring data of the production process.

Intellektuelles Informationsmeßsystem des Monitorings der Regimenparameter des technologischen Prozesses der Produktion der Steinwolleplatten

Zusammenfassung: Es ist das intellektuelle Informationsmeßsystem, das den Algorithmus des Monitorings der Regimenparameter des technologischen Prozesses der Produktion der Steinwolleplatten und das auf den Angaben des Monitorings bei der Kontrolle der Genauigkeit des technologischen Prozesses basierte Verfahren der Gewährleistung der Qualität der erzeugenden Produktion realisiert, vorgeschlagen.

Système intellectuel d’information et de mesure du monitoring des paramètres du processus technologique de la production des dalles de fibre minérale

Résumé: Est proposé le système intellectuel d’information et de mesure réalisant le monitoring des paramètres du processus technologique de la production des dalles de fibre minérale et le moyen de l’assurance de la qualité des produits fondé sur les données du monitoring lors du contrôle de la précision du processus technologique.

Авторы: *Стасенко Константин Сергеевич* – аспирант кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; *Селиванова Зоя Михайловна* – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Муромцев Дмитрий Юрьевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».