

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу АРТЕМОВОЙ С.В.

**«Методология построения интеллектуальных информационно-управляющих систем теплотехнологическими аппаратами»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.16 - «Информационно-измерительные и управляющие системы» (технические науки)

### 1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

В настоящее время в России начинается постепенный рост отечественной промышленности (в том числе и энергоемкой), который в силу различных причин приостановился в 1990-2000 годах. И такой процесс ведет к значительному потреблению топливно-энергетических ресурсов.

В России, как и в других странах, идет быстрое сокращение запасов энергоресурсов, растет себестоимость производства энергии, что делает одним из приоритетов научно-технического развития на современном этапе проблему энерго- и ресурсосбережения. Низкая конкурентоспособность большинства образцов отечественной продукции связана, как раз, с постоянным удорожанием энергоносителей и неэффективным использованием топливно-энергетических ресурсов, а также отсталостью ряда технологий, применяемых в производствах с большим потреблением энергоресурсов. В ряде отраслей промышленности доля энергозатрат составляет от 15% до 40% себестоимости продукции (без учета стоимости сырья и материалов), а в отдельных случаях она достигает 70% (например, производственный цикл получения алюминия).

Очевидно, что энергоемкость технологических процессов производства продукции зависит от производительности. При

снижении производительности энергоёмкость технологических процессов производства продукции повышается, что ведет к неоправданным затратам энергоресурсов и сказывается на себестоимости продукции. И именно поэтому в энергоёмких отраслях промышленности остро стоят вопросы модернизации производства как один из шагов к экономии топливно-энергетических ресурсов.

Экономии энергоресурсов, как правило, можно добиться двумя способами:

- повышая коэффициент полезного действия (КПД) электро- и теплотехнических установок, применяемых в различных технологических процессах производства (а наиболее энергоёмкими являются металлургическая, машиностроительная, авиационная, химическая и др. отрасли);

- проводя ряд мер по внедрению энергосберегающих технологий, но при этом следует учитывать, что это приводит, как правило, к существенным финансовым затратам, связанным с коренной модернизацией производственных процессов.

В рамках модернизации указанных отраслей производства также необходимо внедрять новые подходы к управлению технологическими процессами, в основном за счет использования интеллектуальных информационно-измерительных и управляющих систем.

Цель научного исследования Артемовой С.В. заключается в обеспечении ресурсо- и энергосбережения, минимизации потерь качества производимой продукции и производительности тепло-технологических процессов путем разработки и внедрения интеллектуальной информационно-управляющей системы, инвариантной различным тепло-технологическим аппаратам (ТТА), позволяющей оперативно синтезировать управляющее воздействие по энергетическим и качественным критериям. Как показано в диссертационном исследовании, применение подобных систем в

промышленности позволят сократить энерго- и ресурсопотребление на 10-30%, продлить срок эксплуатации ТТА и достичь заданного уровня качества выпускаемой продукции без снижения производительности технологических процессов.

С этой точки зрения, диссертационная работа Артемовой С.В., посвященная развитию методологических и теоретических основ проектирования интеллектуальных информационно-управляющих систем (ИИУС) различными ТТА, является, безусловно, актуальной.

## **2. ОБОСНОВАННОСТЬ, НОВИЗНА И ДОСТОВЕРНОСТЬ ОСНОВНЫХ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ**

Отличительной особенностью диссертационной работы Артемовой С.В. является глубокая проработка научной проблемы, связанной с минимизацией энергопотребления ТТА, повышением качества выпускаемой продукции и производительности технологических процессов на основе разработанной методологии алгоритмизации синтеза управляющих воздействий в реальном масштабе времени за счет применения интеллектуальных информационно-управляющих систем различными ТТА, учитывающая множество состояний функционирования ТТА.

В диссертационной работе Артемовой С.В. разработана методология построения ИИУС, инвариантной различным ТТА, разработан метод построения интегрированного графа управления и создана методика алгоритмизации синтеза задач, разработана методика построения альтернативных структур ИИУС, также разработаны методы оценки влажности и сушки пастообразных материалов. В совокупности, разработанные методики, методы и алгоритмы составляют методологию построения ИИУС, позволяющей в реальном масштабе времени минимизировать потери топливно-

энергетических ресурсов, а также потери качества и производительности.

В целом, поставленная научная проблема по обеспечению ресурсо- и энергосбережения, минимизации потерь качества производимой продукции и производительности тепло-технологических процессов путем разработки и внедрению методологии построения ИИУС, позволяющей оперативно синтезировать управляющее воздействие по энергетическим и качественным критериям, успешно выполнена.

Особый интерес представляют следующие научные результаты:

1. Разработана методология построения ИИУС, позволяющих синтезировать управляющие воздействия в реальном масштабе времени с учетом множества состояний функционирования ТТА. Использование ИИУС ТТА позволяет снижать потери качества производимой продукции и производительности технологических процессов, а также энерго- и ресурсопотребление. Созданная методология инвариантна различным ТТА.

2. Разработан метод построения интегрированного графа алгоритмизации синтеза решения задач управления режимами «Пуск» и «Процесс» ТТА, отличающийся тем, что в пространстве состояний вершины графа – фреймы знаний, ребра графа – передаваемая и получаемая информация. Вершины графа располагаются на различных уровнях абстракции – стратах (стадиях технологии алгоритмизации синтеза решения задач управления). Интегрированный граф содержит следующие страты: информационной модели всего ТТА, информационных моделей объектов управления, классов задач управления на множестве состояний функционирования, режимов работы, целей управления, математических моделей объектов, стратегий управления, особенностей задач управления, анализа и синтеза задач управления.

3. Создана методика синтеза управления режимами ТТА с учетом множества состояний функционирования, применением описания аналитических и процедурных моделей, используемых для решения задач управления, метода синтезирующих переменных для оперативного получения вида функций оптимального управления и их параметров.

4. Разработана методика построения альтернативных структур ИИУС, включающая создание интегрированного графа алгоритмизации синтеза решения задач управления режимами ТТА, отличающаяся использованными критериями, ограничениями и введенными переменными формализации задач.

5. Разработан метод бесконтактного косвенного измерения влажности пастообразного материала в процессе его сушки, заключающийся в получении множества информативных сигналов с интеллектуальных датчиков влажности, расположенных в сушильных установках, подачей нормированных сигналов на входы нейронной сети, обученной по измеренным значениям влажности, и получением с выхода нейронной сети числовых оценок влажности материала.

6. Разработан метод выбора параметров режима сушки пастообразных материалов в многокамерных сушильных установках с изменением скорости движения пластинчатого конвейера, заключающийся в том, что в реальном масштабе времени с использованием интеллектуальных датчиков влажности измеряется влажность материала в двух различных камерах сушильных установок и проверяется «попадание» рассчитанных значений влажности материала в нормированные диапазоны, в зависимости от которых определяются числовые оценки достижения требуемой влажности материала на выходе сушильной установки.

Достоверность научных положений, приведенных в диссертационной работе Артемовой С.В., обеспечивается корректным

применением научных концепций системного анализа и методов математического моделирования, теорий анализа и синтеза систем на множестве состояний функционирования, интеллектуальных и иерархических систем, методов искусственного интеллекта и современных информационных технологий, а также учетом необходимого количества факторов, влияющих на решение проблемы, в том числе использованием исходных данных, полученных экспериментально, сочетанием теоретических исследований с необходимым объемом экспериментальных исследований.

### **3. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке автором структур интеллектуальных информационно-управляющих систем в режимах «Пуск» и «Процесс» сушильных установок с учетом действующих дестабилизирующих факторов по каналам измерения и управления, что позволит существенно снизить потребление энергоресурсов и повысить производительность ТТА.

Значение полученных автором результатов исследования для практики подтверждается также тем, что разработаны и внедрены в производство модели и алгоритмы управления для конкретных ТТА:

- динамическая модель вариативной структуры для разогрева технологической установки отжига магнитопроводов, с ее учетом – синтезированы энергосберегающие программы управления;

- динамическая модель многокамерной сушильной установки вальцеленточного типа, учитывающая возмущающие воздействия со стороны соседних камер, на ее основе – синтезированы ресурсосберегающие программы управления;

- аналитические модели, основанные на нейронных сетях, учитывающие изменения управляющих и возмущающих воздействий, пригодные для решения задач управления режимами сушки в сушильных установках вальцеленточного типа, отличающиеся определением влажности движущегося материала в различных точках по длине сушильной установки (подтверждается соответствующими актами внедрения).

Кроме того, диссертантом разработан «Интеллектуальный датчик влажности», используемый для определения влагосодержания пастообразного материала в процессе его сушки в камерах сушильных установок вальце-ленточного типа в ОАО «Пигмент» (г. Тамбов).

Оригинальность полученных практических результатов подтверждается наличием соответствующих патентов РФ, а также свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

#### **4. ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

1. В первой главе значительное место занимает анализ программного обеспечения типа MATLAB SCADA-систем, что является совершенно необязательным применительно к решению поставленных задач (стр. 28–33).

2. Во второй главе недостаточное внимание уделено исследованию спектральных характеристик и интенсивности дестабилизирующих (влияющих) факторов каналов измерения и управления (стр. 106–111).

3. В третьей главе недостаточно полно обосновано применение метода Демпстера-Шафера для определения мер доверия к качеству материала на выходе вальцеленточной сушильной установки.

4. В четвертой главе задачи анализа и синтеза оптимального управления динамическими процессами рассмотрены только для

объекта, описываемого дифференциальным уравнением первого порядка.

5. В работе не приведены численные значения погрешностей идентификации моделей, учитывающих отказы технических средств.

6. В шестой главе не приведен процесс тестирования и отладки программных модулей интеллектуальных информационно-управляющих систем.

7. При разработке программного обеспечения могут применяться и другие программные платформы, основанные на идеях объектно-ориентированного подхода, например, технологии MVC(Model-View-Controller), и диссертанту, на мой взгляд, следовало бы более четко обосновать преимущество применяемых программных продуктов.

8. В рассмотренных примерах применения интеллектуальных информационно-управляющих систем недостаточно полно раскрыты физические явления, обеспечивающие экономию энергоресурсов в динамических режимах (стр. 309–316).

9. По тексту диссертации и автореферата встречаются немногочисленные стилистические ошибки и неточности.

## **5. ОБЩАЯ ОЦЕНКА ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Диссертация С.В.Артемовой выполнена самостоятельно и представляет собой законченную научную квалификационную работу, решающую на высоком научном уровне важную и актуальную научно-техническую проблему, имеющую существенное значение в различных отраслях промышленности, состоящую в минимизации энерго- и ресурсо- потребления, потерь качества производимой продукции и производительности технологических процессов на основе применения разработанной методологии алгоритмизации синтеза управляющих воздействий в реальном масштабе времени для интеллектуальных информационно-управляющих систем различными



тепло-технологическими аппаратами, функционирующими на множестве состояний.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Основные результаты, полученные в научном исследовании Артемовой С.В., хорошо отражены в публикациях автора, апробированы в докладах и выступлениях автора на семинарах и конференциях различного уровня.

Считаю, что диссертация Артемовой С.В. удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки)».

Заведующий кафедрой  
«Информационно-измерительная  
техника ФГБОУ ВПО «Пензенский  
государственный университет»,  
д.т.н., доцент



20/08, 2014

Д.И. Нефедьев

Личную подпись Нефедьева Д.И. заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета  
ФГБОУ ВПО «Пензенский  
государственный университет»,  
к.т.н., доцент



О.С. Дорофеева

Адрес: 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40  
Тел.: +7(8412)368221. E-mail: iit@pnzgu.ru