

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

д-ра техн. наук, профессора Жулева В.И. на диссертацию Артемовой С.В. «Методология построения интеллектуальных информационно-управляющих систем тепло-технологическими аппаратами», представленной на соискание ученой степени **доктора технических наук** по специальности 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы» (технические науки)

В настоящее время остро стоят задачи повышения эффективности функционирования тепло-технологических аппаратов в энергоемких отраслях промышленности. Диссертация С.В. Артемовой посвящена решению этих задач в рамках модернизации производственных процессов и управления ими по энергетическим и качественным показателям, для чего разработана методология построения интеллектуальных информационно-управляющих систем тепло-технологическими аппаратами (ИТА), базирующаяся на применении методов искусственного интеллекта при решении задач алгоритмизации синтеза управляющих воздействий, без участия лица, принимающего решение.

Цель научного исследования заключается в обеспечении ресурсо- и энергосбережения, минимизации потерь качества производимой продукции и производительности тепло-технологических процессов путем разработки и внедрения методологии построения интеллектуальных информационно-управляющих систем, инвариантных различным тепло-технологическим аппаратам, позволяющей оперативно синтезировать управляющие воздействия по энергетическим и качественным критериям. В последние десятилетия в России и других странах быстро растет стоимость высокоэнергетического сырья и производства энергии, поэтому тема и цель научного исследования С.В. Артемовой является **актуальной**.

Анализ и синтез систем автоматического управления с применением в качестве основного математического аппарата раздела комбинаторной топологии – линейных направленных графов, которые обладают двумя важными свойствами: наглядностью и экономией в вычислениях, посвящены многочисленным работам отечественных и зарубежных авторов. Однако в известных из литературных источников работах не приводятся решения задач управления тепло-технологическими процессами таких энергоемких объектов, как тепло-технологические аппараты.

Научная актуальность созданной С.В. Артемовой методологии построения интеллектуальных информационно-управляющих систем (ИИУС), в которой применяется разработанный ею метод построения интегрированного графа алгоритмизации синтеза решения задач управления режимами тепло-технологических аппаратов заключается в том, что эта методология позволяет решать задачи управления режимами тепло-технологических аппаратов в реальном масштабе времени. При этом вершины построенного интегрированного графа находятся на различных уровнях абстракции. Каждый уровень характеризуется рядом особенностей, переменных законов и принципов, с помощью которых описывается поведение системы. Чтобы такое иерархическое описание было эффективным, используется как можно большая независимость моделей для различных уровней системы. Вершины графа соответствуют конкретным состояниям решения задач и представляют собой фреймы знаний, оперирование которыми реализуется с использованием алгоритмов процедур программных мо-

дулей, а ребрам соответствует информация, передаваемая и получаемая в результате работы модулей. Граф также включает одно или несколько целевых условий, которые соответствуют решениям исходной задачи. Поиск в пространстве состояний характеризует решение задачи как процесс нахождения пути решения (цепочки, ведущей к решению задачи). Наличие страт позволяет проявить типовые этапы решения задач синтеза управления режимами, а также оптимизировать поисковые алгоритмы на графе за счет рассмотрения альтернативных путей в пространстве состояний.

Эффективность разработанной в диссертационной работе С.В. Артемовой методологии показана на двух типах тепло-технологических аппаратов (вальцеленточные сушильные установки и печи термоотжига магнитопроводов), что делает исследование актуальным с практической точки зрения.

Практическая значимость и актуальность заключаются в применении разработанной интеллектуальной информационно-управляющей системы для управления различными режимами четырех-, пяти- и шестикамерных конвективных сушильных установок вальцеленточного типа, позволяющей экономить от 5 до 10 % энергоресурсов в динамических режимах, а также увеличить вероятность выхода качественной продукции и повысить производительность до 5% в процессе функционирования объекта управления. В разработанной интеллектуальной информационно-управляющей установке отжига магнитопроводов, достигается экономия от 5 до 15 % электроэнергии при разогреве печи для различных типоразмеров магнитопроводов.

Теоретическая значимость диссертационного исследования С.В. Артемовой заключается в создании методологии построения интеллектуальных информационно-управляющих систем, позволяющих в реальном масштабе времени синтезировать решения задач управления режимами тепло-технологических аппаратов по качественным и энергетическим критериям. В основе функционирования интегрированного графа лежит созданная С.В. Артемовой методика синтеза управления режимами тепло-технологических аппаратов с учетом множества состояний функционирования. Методика отличается применением описания аналитических и процедурных моделей, пригодных для решения задач управления, и метода синтезирующих переменных для оперативного получения вида функций оптимального управления и их параметров, а также включает постановки и решения задач моделирования и управления:

– идентификации детерминированных моделей в виде дифференциальных уравнений с разрывной правой частью вариативной структуры, адекватно описывающих динамические режимы;

– разработки аналитических моделей трудно формализуемых процессов тепло-технологических аппаратов в виде нейронных сетей;

– создания процедурной модели оценки меры доверия к достижению требуемых значений на выходе ТГА.

Предлагаемая в диссертации С.В. Артемовой методика также отличается созданными алгоритмами:

а) энерго- и ресурсосберегающего управления режимом «Пуск» с учетом смены состояния функционирования в процессе эксплуатации, взаимного влияния соседних камер тепло-технологического аппарата и влияния дестабилизирующих факторов, действующих по каналам управления и измерения;

б) управления режимом «Процесс» с целью минимизации потерь качества и производительности, учитывающим смену состояния функционирования и влияние большого числа

возмущающих воздействий, и отличающимся введением классов ситуаций и применением нечеткого вывода по продукционным правилам, соответствующим введенным классам.

По предложенной методике в диссертации разработаны модели и алгоритмы управления для конкретных тепло-технологических аппаратов:

а) модель динамики вариативной структуры для разогрева технологической установки отжига магнитопроводов, с ее учетом синтезированы энергосберегающие программы управления;

б) модель динамики многокамерной сушильной установки вальцеленточного типа, учитывающая возмущающие воздействия со стороны соседних камер, на ее основе синтезированы ресурсосберегающие программы управления;

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

Научная новизна диссертационной работы С.В. Артемовой состоит в следующем:

1. Разработана методология построения ИИУС, позволяющих синтезировать управляющие воздействия в реальном масштабе времени с учетом множества состояний функционирования ТТА.

2. Разработан метод построения интегрированного графа алгоритмизации синтеза решения задач управления режимами ТТА.

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

4. Разработана методика построения альтернативных архитектур ИИУС, включающая создание интегрированного графа алгоритмизации синтеза решения задач управления режимами ТТА.

5. Разработан метод бесконтактного косвенного измерения влажности пастообразного материала в процессе его сушки, положенный в основу функционирования созданного интеллектуального датчика влажности.

6. Разработан метод выбора параметров режима сушки пастообразных материалов в многокамерных сушильных установках вальцеленточного типа с изменением скорости движения пластинчатого конвейера.

7. По методике синтеза управления режимами ТТА разработаны модели и алгоритмы управления для конкретных ТТА.

В совокупности, разработанные диссертантом методики, методы и алгоритмы составляют методологию построения интеллектуальной информационно-управляющей системы, инвариантной различным тепло-технологическим аппаратам. Применение созданной С.В. Артемовой методологии позволяет эффективно решать важную научную и хозяйственную проблему минимизации энерго- и ресурсопотребления, потерь качества производимой продукции и производительности технологических процессов в реальном масштабе времени для различных тепло-технологических аппаратов.

Степень достоверности результатов, полученных в диссертации С.В. Артемовой, не вызывает сомнений, поскольку проведенные исследования основаны на четкой математической постановке задач, решение которых доведено до конечного результата, имеющего прак-

тическую реализацию. Это согласуется также с результатами, полученными при использовании интеллектуальной информационно-управляющей системы на практике, что подтверждается актами о внедрении.

В качестве недостатков следует отметить:

1. Автор говорит о наличии концептуальной модели предметной области (стр. 49), отражающей базовую структуру ТТА и совокупности задач, решаемых на различных уровнях абстракции ИИУС. Однако в диссертации представлен только рисунок 1.2 с названием «Концептуальная модель предметной области». Описание свойств и причинно-следственных связей отсутствуют. (ГОСТ Р 43.0.3 2009: Концептуальная модель – абстрактная модель, определяющая структуру исследуемого объекта (составные части и связи), свойства составных частей, причинно следственные связи...).

2. Вопросы энергосбережения должны включать в себя также и другие методы снижения энергозатрат – внесение конструктивных изменений в объект управления, переход на более дешевые энергоносители и т.п. Например, для тепло-технологических аппаратов это может быть повышение теплоизоляции, для оборудования с электроприводами – замена одного мощного электродвигателя двумя средней мощности, работающими вместе только в режиме «Пуск».

3. При анализе рассматриваются только прямые и косвенные методы измерения влажности (стр. 50), а варианты совместных и совокупных измерений даже не упоминаются. Не указывается методики повышения точности измерения, коррекции показания датчика влажности с учетом текущих значений температуры, снимаемых с датчика температуры. Не указаны возможности снижения погрешности измерения за счет усреднения значений АЦП. Отсутствуют данные о быстродействии работы интеллектуальных датчиков, хотя в качестве обязательного атрибута ИИУС указывается высокоскоростной синтез.

4. Предлагаемая методология построения интеллектуальных информационно-управляющих систем фактически определяет процесс формирования экспертной системы, однако, в предложенном автором определении базового понятия интеллектуальный синтез делается акцент на **оперативный** (высокоскоростной, малозатратный по времени) синтез управляющих воздействий. При этом следует отметить, что в тексте диссертации присутствует упоминание об экспертных знаниях, представленных в виде числовых оценок.

5. Автором утверждается, что разработанная ИИУС позволяет повысить вероятность выхода качественной продукции до 0,98, однако не показано относительно какого, ранее имевшегося уровня достигнуто это значение.

6. Вызывает сомнение корректность расчета погрешности интеллектуального датчика влажности (с. 298-307).

7. В работе отмечается, что создано программное обеспечение, построены базы данных. При этом в публикациях не представлены сведения об официальных регистрациях программ для ЭВМ и баз данных.

8. Наличие общеизвестных справочных данных о микроконтроллере MSP430, семи-сегментном индикаторе и т.п. в тексте диссертации (стр. 293-298) является излишним.

Указанные недостатки не снижают ценности работы.

Заключение. Диссертация С.В. Артемовой выполнена по специальности 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки)» и соответствует пункту 6 паспорта специальности. В работе проведено исследование в области создания новых элементов информационно-измерительных и управляющих систем, сделан акцент

на повышение эффективности функционирования и улучшение технических и эксплуатационных характеристик интеллектуальных информационно-управляющих систем тепло-технологических аппаратов. В результате исследования разработана методология построения интеллектуальных информационно-управляющих систем тепло-технологическими аппаратами.

Диссертационное исследование проведено С.В. Артемовой самостоятельно. Автор проявила себя опытным и трудолюбивым исследователем, правильно и системно излагающим существо изучаемых вопросов.


Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации. Все основные результаты, полученные в диссертационном исследовании С.В. Артемовой, достаточно полно отражены в публикациях автора и представлены в докладах и выступлениях автора на научных конференциях и семинарах.


Диссертация С.В. Артемовой полностью соответствует п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» и является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной самостоятельно.

Считаю, что диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор С.В. Артемова заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы (технические науки)».

Официальный оппонент
Заслуженный работник ВШ РФ
зав. кафедрой информационно-
измерительной и биомедицинской
техники, д.т.н., профессор

Жулев Владимир Иванович,
390035, г. Рязань, ул. Черновинская, 38, корп. 2, кв. 8.
E-mail: zhulev.v.i@rsreu.ru.
Тел.: 8-910-506-05-06.


15.03.2014
В.И. Жулев

Подпись В.И. Жулева удостоверено
Ученый секретарь Ученого совета РГТУ
к.т.н., доцент
«15»  2014 г.



В.Н. Пржегорлинский

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Рязанский государственный
радиотехнический университет» («РГРТУ»)
390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1