

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию ФИЛИППЕНКО НИКОЛАЯ ГРИГОРЬЕВИЧА

на тему: «Автоматизированное управление процессами высокочастотного термического и комбинированного воздействия на полимерные материалы, применяемые в транспортном машиностроении» по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (транспорт)»
на соискание учёной степени доктора технических наук

1. Актуальность темы

В последнее время неуклонно возрастает применение в транспортном машиностроении деталей и узлов из полимерных материалов, что позволяет повышать эксплуатационные характеристики, снижать вес транспортных средств, расход топлива. Сдерживающим фактором развития отечественной индустрии конструкционных полимеров (КП) является практически предельный уровень загрузки имеющихся мощностей по их производству и переработке. Важным направлением решения данной проблемы является внедрение процессов высокочастотной (ВЧ) термической обработки полимерных материалов, что обеспечивает повышение производительности технологического оборудования, сокращение затрат сырья и материалов, электроэнергии.

Однако реализация высокоэффективных процессов высокочастотной обработки полимерных материалов затруднена их сложностью, недостаточной изученностью, большим многообразием полимерных материалов, нестабильностью свойств материалов различных производителей, их изменением в процессе термической обработки. Мировой опыт показывает, что, помимо совершенствования технологий обработки, необходимым фактором повышения эффективности производства изделий из полимеров является создание и внедрение автоматизированных систем управления процессами высокочастотной электротермии.

Поэтому диссертационное исследование Филиппенко Н.Г., направленное на исследование закономерностей процессов высокочастотной электротермии полимерных материалов, систематизацию полученных научных знаний, создание теоретических и прикладных основ автоматизированного управления и разработку на их основе автоматизированных систем управления, не вызывает сомнений в своей актуальности, теоретической и практической значимости для развития науки и практики управления данными процессами.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Филиппенко Н.Г. изучены и критически проанализированы известные достижения и теоретические положения других авторов, научных школ в области технологии и автоматизации высокочастотной обработки полимерных материалов,

выявлены проблемы, поставлены научные задачи повышения эффективности процессов, изучены закономерности процессов как объектов управления, разработаны способы и комплексная система управления качественными показателями обработанных изделий. Исследования проводились методом математического моделирования с использованием математической статистики, физикохимии полимерных материалов, электротехники, численных методов решения дифференциальных уравнений, основных положений электродинамики, термодинамики и основ проектирования автоматизированных систем. Изучение изменений амперометрических и термомеханических показателей, фазово-агрегатных превращений полимерных материалов с различными электрофизическими характеристиками при термическом и комбинированном ВЧ-воздействии проводилось на основе активных экспериментов. Автор корректно использовал известные научные методы. В качестве примеров можно привести обоснование выбора размеров ребер конечных элементов при численном расчете температурного поля, подтверждение адекватности математической модели высокочастотного диэлектрического нагрева изделия результатами натурного эксперимента и др. Поэтому, полученные в диссертации результаты, выводы и рекомендации имеют достаточный уровень обоснованности.

3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность научных результатов, полученных автором, подтверждена корректным применением математических методов, согласованностью теоретических и экспериментальных исследований, патентной экспертизой, апробацией теоретических и практических результатов в научной печати, обсуждением на международных и всероссийских научных конференциях, а также результатами опытных работ по переработке полимеров на основании полученных решений и результатами внедрения разработанных алгоритмов ведения процессов в промышленное производство.

Научными результатами диссертации Филиппенко Н.Г. являются:

- методология построения комплексной автоматизированной системы научных исследований процесса высокочастотной электротермии полимеров на основе методов теории управления, направленная на исследование закономерностей ВЧ электротермии, в том числе, в процессе обработки полимеров, включающая банк знаний в области ВЧ электротермии и смежных направлениях, что позволяет повысить эффективность выбора пути исследований и его реализацию.

- комплексная автоматизированная система научных исследований процессов высокочастотной обработки полимеров, позволяющая определять фазово-релаксационные превращения в них, устанавливать амперометрические зависимости диэлектрических потерь от ВЧ-воздействий при исследовании материалов разной степени полярности, формировать и уточнять базу данных, формировать комплексы параметров объекта управления для построения АСУ ТП.

- математическая модель нагрева технологической системы, представляющая собой систему дифференциальных уравнений нестационарной теплопроводности с внутренними источниками тепла, отличающаяся трехмерной постановкой задачи (3D постановка), возможностью изменения количества слоев технологической системы и учетом температурозависимых удельной теплоемкости и теплопроводности, позволя-

ющая анализировать объемный разогрев в процессе ВЧ-электротермии при обработке полимерных изделий как простой, так и сложной формы, изготовленных из широкой номенклатуры полимерных материалов;

- математическая модель высокочастотного диэлектрического нагрева изделия с дефектом типа «металлическое включение», предназначенная для расчета основных необходимых параметров автоматизированного процесса диагностирования, позволяющих определить состояние изделия и исследовать взаимовлияние электрофизических параметров технологической системы для решения практических задач;

- методы: идентификации процессов ВЧ-обработки полимерных материалов, отличающиеся учетом степени полярности полимеров, позволяющие решать задачи создания АСУ ТП термической и комбинированной электротермии; управления ВЧ-обработкой полимерных материалов разной степени полярности, отличающиеся контролем момента достижения экстремумов скорости изменения анодного тока и экстремумов анодного тока при импульсном режиме работы ВЧ-генератора, позволяющие формировать управляющие сигналы систем автоматизированного управления при фазово-релаксационных превращениях в изделиях; управления процессом ВЧ-диагностирования изделий из полимерных материалов, заключающиеся в одновременном выявлении дефектов «металлическое включение» по контролю потребляемой энергии высокочастотным оборудованием, «воздушное включение» по контролю частоты возникновения частичных разрядов, а также состояния «повышенное влагосодержание» по времени электротермического нагрева;

- комплексный алгоритм автоматизированного управления технологическими процессами, позволяющий повысить производительность и качественные показатели изделий из полимерных материалов разной степени полярности в процессе автоматизированной термической и комбинированной ВЧ-обработки, отличающейся использованием в качестве контролируемого параметра скорости изменения анодного тока при непрерывном и импульсном ВЧ-воздействии; диагностированием изделий комбинированным ВЧ-воздействием, в котором реализованы процессы выявления и распознавания дефектов различного вида (воздушных и металлических включений) и акклиматизации материала при состоянии «повышенное влагосодержание»;

- полученные научные результаты составляют теоретические и прикладные основы идентификации и управления технологическими процессами термического и комбинированного ВЧ-воздействия, что позволило создать комплексный алгоритм автоматизированного управления ВЧ электротермией, включающий неразрушающую диагностику с выявлением и идентификацией характера изделий и применением при необходимости дополнительных этапов обработки или отбраковки изделий. Разработанный алгоритм и система управления обеспечивают повышение производительности и качественных показателей обработки изделий из полимерных материалов разной степени полярности.

4. Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов

В диссертации разработана методология и предложена автоматизированная система научных исследований закономерностей высокочастотной электротермии,

позволяющая повысить эффективность научных исследований данных процессов. Автором обоснована возможность использования скорости анодного тока работы высокочастотного генератора для оценки фазово-релаксационного состояния обрабатываемого материала в процессе обработки, предложен способ управления процессом ВЧ электротермии с оценкой фазово-релаксационного состояния непосредственно в процессе обработки путем подачи кратного ВЧ-импульса и анализа в этот момент динамики изменения анодного тока. Разработанная математическая модель процесса объемного ВЧ-диэлектрического нагрева n -слойной технологической системы позволяет исследовать процессы электротермии с учетом температурной зависимости показателей удельной теплоемкости и теплопроводности полимерных материалов, а также определять предельные значения напряженности ВЧ-поля комбинированного воздействия при процессах диагностирования. Выявленные закономерности влияния температуры электродов и расположения изоляторов в технологической системе на смещение координаты точки максимального нагрева при последовательной обработке партии деталей позволяют повысить эффективность управления процессом ВЧ-электротермии

Созданные и реализованные автоматизированные системы управления процессом ВЧ-электротермии, позволяющие производить различные технологические процессы обработки полимерных материалов разной степени полярности (сварку, сушку, диагностирование и т.д.) и разработанное устройство высокочастотного диагностирования изделий из полимеров с автоматизированной системой управления, позволяющее отбраковывать детали с раковинами, трещинами, с металлическими включениями и повышенной влажностью, позволили получить экономический эффект от внедрения в размере 2979 тыс. руб.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертации могут быть использованы на предприятиях транспортной и других отраслей, занимающихся обработкой, изготовлением, эксплуатацией и ремонтом изделий из полимерных материалов, например, на предприятиях Приволжской железной дороги (г. Саратов), на заводе «ЕПК-Бренко Подшипниковая Компания», (г. Саратов), на заводе вагоноремонтного предприятия ст. Грязи – Воронежские и др. Научные результаты исследования могут быть использованы в учебном процессе высших учебных заведений, а также в системе повышения квалификации инженеров.

6. Оценка содержания диссертации, её завершенности

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, изложенного в выводах, списка использованных источников и приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы и определены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ предметной области исследования. Проанализированы возможности существующих автоматизированных систем исследования и управления процессами ВЧ-электротермии и особенности их развития. Выявлены недостатки, определена научная проблема, сформулирована цель и задачи, диссертационной работы.

Во второй главе обсуждена проблема терминологии новых факторов процесса, предложена новая классификация полимерных материалов, отображающая особенности процессов ВЧ-электротермии.

Предложена новая методология построения автоматизированной системы научных исследований высокочастотной электротермии полимеров разной степени полярности. Выдвинута гипотеза о возможности построения единой системы автоматизированного управления термическими и комбинированными процессами высокочастотной электротермии полимерных материалов разной степени полярности.

В третьей главе описана модернизированная экспериментальная установка, проведены эксперименты по изучению закономерностей фазово-агрегатных превращений полимерных материалов с различными электрофизическими характеристиками при термическом и комбинированном ВЧ-воздействии, получены зависимости анодного тока и линейного теплового расширения для полимерных материалов: аррамида, полиуретана, полиамида, пластика ПВХ от температуры.

На основе данных экспериментальных исследований динамики изменения анодного тока и частичных разрядов при высокочастотном воздействии на изделия с дефектами разработан метод идентификации комбинированного высокочастотного воздействия на такие полимерные изделия и методика диагностирования дефектов в виде металлических, воздушных включений и состояния повышенной влажности.

Разработана математическая модель, описывающая объёмное распределение температуры в процессе обработки в многослойной (многокомпонентной) технологической системе. Разработанная модель позволяет учитывать изменяемые свойства удельной теплоёмкости и теплопроводности материалов в зависимости от температуры. Разработанная автором методика позволила использовать математическую модель для имитации обработки партии деталей.

В четвёртой главе разработаны алгоритмы автоматизированного управления процессами высокочастотной термической и комбинированной обработки полимерных материалов разной степени полярности. Предложена структура системы автоматизированного управления процессами высокочастотной электротермии.

В конце главы определены потенциальные направления применения и развития разработанных систем управления применительно к различным технологическим процессам ВЧ-электротермии полимерных конструкционных материалов, используемых в транспортном машиностроении и других отраслях промышленности.

В пятой главе рассмотрены вопросы реализации сформированных научных и прикладных основ автоматизации управления термическим и комбинированным

высокочастотным воздействием на предприятиях транспортного машиностроения, полимерной и других отраслях промышленности.

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, мнение о научной работе соискателя в целом

Основные результаты диссертации опубликованы в 75 печатных работах автора, в том числе 22 - в журналах из перечня ВАК; 7 - в научных изданиях, индексируемых библиографическими и реферативными базами данных Web of Science и SCOPUS; получено 4 патента на изобретения, 1 патент на полезную модель и 11 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ; имеется апробация на международных научных конференциях. Результаты представлены широкому кругу специалистов в области автоматизации и управления ВЧ-электротермическими технологическими процессами и производствами транспортного машиностроения.

Соответствие автореферата основному содержанию диссертации

Автореферат диссертации полностью отражает содержание диссертации, актуальность темы исследования, новизну и значимость полученных результатов, содержит все основные положения и выводы, полученные в диссертации.

Структура и оформление диссертации и автореферата полностью соответствует системе стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу и отвечает требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Решенные в диссертационном исследовании задачи разработки автоматизированной системы научных исследований, построения математической модели процесса высокочастотного нагрева технологической системы ВЧ электротермии, методов идентификации закономерностей ВЧ электротермии как объекта управления, разработки методов контроля изделий из полимерных материалов для выявления воздушных, металлических включений и состояний повышенной влажности, методов управления ВЧ-обработкой полимерных материалов разной степени полярности при непрерывном и импульсном режиме работы ВЧ-генератора и управления процессом ВЧ-диагностирования изделий из полимерных материалов относятся к пунктам 2, 3, 4, 6, 20 паспорта специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (транспорт), что позволяет сделать вывод о соответствии работы данной специальности.

Замечания по диссертации

В целом, положительно оценивая результаты работы, необходимо высказать ряд замечаний:

1. В настоящее время фазовые переходы, релаксационные явления полимеров при термической обработке достаточно хорошо изучены в курсе физико-химии полимеров (например, раздел 3.7 Бартенев Г.М. Структура и релаксационные

свойства эластомеров). В работе же эти объекты рассматриваются как черные ящики и исследование этих процессов производится экспериментально.

2. Алгоритмы управления в работе частично представлены без описания в виде блок-схем со своими условными обозначениями, что затрудняет их понимание, например, алгоритмы на стр. 191-192, 237-240.

3. Не совсем понятен механизм выбора режимов обработки при многоэкстремальных полимерах. На стр. 231 отмечено, что в таком случае выбор параметров производится оператором, а на рисунке 146 эта функция выполняется блоком 1 алгоритма управления.

4. В описании функциональной схемы АСУ ТП на стр. 258-259 управляющее устройство УУ6 представлено как управляющее устройство температуры полимера, в то время как на схеме рис 160 УУ6 является управляющим устройством процесса диагностирования. Также на стр. 259, по-видимому ошибочно, показано, что три датчика ЧЭ1, 2, 3 обеспечивают измерение пяти параметров.

5. Не совсем понятна терминологическая проблема, связанная с обнаружением управляемых и контролируемых параметров процесса ВЧ-электротермии. При рассмотрении процессов как объектов управления такая терминология известна: выходные регулируемые параметры (факторы), входные контролируемые, входные неконтролируемые (возмущения), управляющие входные факторы. В чем заключается решение терминологической проблемы и что оно дает в рассматриваемом случае?

6. Не понятно, что значит значимые и незначимые амплитуды анодного тока при контроле микроразрядов (стр. 191). Какой алгоритм используется для разделения амплитуды тока на значимые и незначимые? Зачем применять уменьшающие коэффициенты для незначимых и увеличивающие для значимых, когда их уже выделили? Обычно для фильтрации получают оценки спектральной плотности полезного сигнала и шума, и строят оптимальный фильтр.

Отмеченные замечания не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации. Поэтому, на основе изученной диссертации, автореферата и опубликованных работ автора оппонент дает работе положительную оценку.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней

Диссертация Филиппенко Н.Г. является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно, имеющей внутреннее единство, содержащей совокупность новых научных, технических и технологических результатов, которые представляют собой научное достижение и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. В работе, на основании выполненных автором исследований, разработаны новые научно-технические и технологические решения в области управления высокочастотным термическим и комбинированным воздействиями на разнополярные полимеры на основании идентифи-

кации и контроля закономерностей процесса, внедрение которых обеспечивает повышение производительности обработки и качества выпускаемых изделий и вносит значительный вклад в развитие отраслей промышленности, связанных с электротермической обработкой и диагностикой конструкционных полимерных материалов, используемых в транспортном машиностроении.

Считаю, что диссертационная работа Филиппенко Николая Григорьевича на тему «Автоматизированное управление процессами высокочастотного термического и комбинированного воздействия на полимерные материалы, применяемые в транспортном машиностроении» соответствует паспорту специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (транспорт) и отвечает требованиям пп. 9-11,13,14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук, а автор Филиппенко Николай Григорьевич заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (транспорт).

Профессор кафедры «Атомная энергетика» Балаковского инженерно-технологического института – филиала ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»», д.т.н., проф.

 Владимир Петрович Бирюков

413853, Саратовская область,
г. Балаково, ул. Чапаева, 140.
Телефон: +7 (8453) 23-18-94 (доб. 5762),
+7 (917) 208-75 36.
E-mail: bvp-bittu@mail.ru

Специальности, по которым защищена диссертация д.т.н. Бирюкова В.П.
05.13.06. – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность);
05.16.06. – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРШИЛ
НАЧАЛЬНИК
ОТДЕЛА КАДРОВ



Ирина Владимировна Р.Т.
30.10.2022