

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и
инновациям

С.Г. Ту имени Гагарина Ю.А.
д.т.н., профессор

А.А. Сытник

« 26 » *сентября* 2020 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации о научно-практической ценности диссертации
Филиппенко Николая Григорьевича
на тему «Автоматизированное управление процессами высокочастотного
термического и комбинированного воздействия на полимерные материалы,
применяемые в транспортном машиностроении», представленной
на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами (транспорт)»

1. Актуальность избранной темы

Использование деталей и узлов из полимерных материалов позволяет снизить вес транспортных средств с одновременным улучшением их эксплуатационных характеристик. На примере автотранспорта снижение веса на 15–30% приводит к уменьшению расхода энергии (топлива) в среднем 5% на каждые 100 километров. Поэтому растут показатели использования полимеров при производстве транспортных средств различного назначения, но доля металлов в них составляет еще около 60%.

Сдерживающим фактором развития индустрии конструкционных полимеров (КП) является практически предельный уровень загрузки имеющихся мощностей по их производству и переработке, использующих традиционные технологии обработки. К перечню передовых технологий обработки полимеров, позволяющих сократить затраты через снижение норм расхода электроэнергии, сырья и материалов в первую очередь относятся технологии высокочастотной (ВЧ) электротермии. Мировая практика показывает, что альтернативой полному техническому перевооружению полимерной промышленности помимо совершенствования технологий производства и обработки КП, может являться процесс создания и внедрения адаптированных систем автоматизированного управления.

Несмотря на имеющееся научное обоснование особенностей и преимуществ разработанных процессов управления электротермией, остается много проблем, сдерживающих внедрение АСУ ТП, особенно очевидно это стало при развитии авиационной и космической отраслей. К числу причин такого состояния вопроса следует отнести многофакторность процессов

электротермии и недостаточную изученность свойств современных полимеров и процессов управления технологическими режимам их ВЧ-обработки.

Анализ сложившихся методик построения автоматизированных систем управления (АСУ ВЧ) показал, что использовать их с учетом расширяющегося многообразия КП и большого количества различных, порой противоречивых данных о них, становится затруднительно. Процессы ВЧ-электротермии применяются в самых разнообразных направлениях и технологиях, и их номенклатура ежегодно расширяется. Более того ежегодно накапливаемый объем знаний по АСУ ВЧ требует регулярной систематизации. Сегодняшнее положение дел складывается таким образом, что научные знания в области управления электротермией сконцентрированы в рамках отдельных научных групп и школ, что затрудняет находить решения на поставленные задачи, особенно это очевидно при рассмотрении АСУ ВЧ электротермии современных полимеров в широком диапазоне температурных воздействий на них.

В отличие от традиционных технологий с внешним подводом тепла ВЧ-электротермия обладает целым рядом преимуществ: избирательность воздействия; быстрый и управляемый прогрев материала в объеме вне зависимости от его геометрических размеров, формы и коэффициента теплопроводности; безынерционность; отсутствие контакта обрабатываемого материала с теплоносителем; возможность концентрации высоких энергий в больших объемах. С другой стороны, ряд причин препятствуют широкому распространению указанных технологий. К ним можно отнести недостаточную изученность технологических режимов ВЧ-обработки материалов, значительно отличающихся по электрофизическим параметрам, влажности, отсутствие прямых методов контроля физических параметров полимеров в процессе их обработки и, как следствие, отсутствие разработок промышленного применения в области автоматизации управления процессами ВЧ-нагрева, которые позволили бы существенно повысить качество обработки полимерных изделий, снизить производственные и эксплуатационные затраты промышленных предприятий.

Таким образом, проведение исследований теоретических и прикладных основ автоматизации управления технологическими процессами высокочастотной электротермии конструкционных полимеров на базе системно - интегрированных научных знаний и использования комплексной автоматизированной системы научных исследований (АСНИ ВЧ) позволит сформировать новые научные, технические и технологические знания о построении АСУ ТП ВЧ-воздействия, обеспечивающие повышение производительности труда научной и производственной деятельности, что является актуальной народнохозяйственной задачей.

2. Связь работы с планами соответствующих отраслей науки и народного хозяйства

Период с 1950 по 2017 год характеризуется увеличением выпуска и реализации пластмасс в среднем на 8,5% ежегодно. Сегодняшние темпы роста отли-

чаются в сторону уменьшения, тем не менее, с начала двухтысячных они сохраняются на уровне 4-5% ежегодно. Необходимо особо отметить возрастающую роль полимеров при производстве автомобильного, речного, морского, железнодорожного транспорта, авиации и космических аппаратов, тем не менее, доля изделий из полимеров и композитов в них в России не превышает 40%.

В связи с этим, приказом Министерства промышленности и торговли РФ и Министерства энергетики от 14 января 2016 г. № 33/11 были внесены изменения в «Стратегию развития химического и нефтехимического комплекса на период до 2030 года», в котором говорится о совершенствовании существующих технологических процессов производства КП и их автоматизации, что соответствует тематике настоящего исследования.

Работа также соответствует основам государственной политики в области обеспечения импортозамещения и производства полимерных и композитных материалов и изделий из них, определенных распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2013 г. N 1307-р «Развитие отрасли производства композитных материалов» и «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (Указ Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года № 642), где среди приоритетных направлений исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ указаны работы по «интеллектуальным производственным технологиям...».

Также необходимо отметить, что документы последних лет, в виде Распоряжения Правительства РФ от 6 июня 2020 г. № 1512-р «Об утверждении Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности РФ до 2024 г. и на период до 2035 г.» показывает связь диссертационной работы с планами соответствующих отраслей транспортного машиностроения, основанных на «...приоритетных группах продукции транспортного машиностроения РФ: ...электровозы, тепловозы, газотурбовозы, моторвагонный подвижной состав, пассажирские вагоны, грузовые вагоны, трамваи, троллейбусы и вагоны метро...».

Разработанные научно-технические и технологические решения, полученные на основе комплексного применения автоматизированной системы научных исследований и методик использования новых знаний о процессах ВЧ-электротермии, позволят повысить производительность труда в научной и производственной деятельности при изготовлении и диагностировании изделий из полимерных материалов разной степени полярности, используемых в транспортном машиностроении.

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

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующих положениях, направленных на разработку теоретических и прикладных основ автоматизации управления технологическими процессами термического и комбинированного ВЧ-воздействия на разнополярные полимеры, полученных на основе комплексного применения АСНИ ВЧ и методик использования

новых знаний о процессах ВЧ-электротермии, позволившие повысить производительность труда в научной и производственной деятельности при изготовлении и диагностировании изделий из полимерных материалов, а именно:

- разработана методология построения комплексной автоматизированной системы научных исследований высокочастотной электротермии полимеров разной степени полярности, отличающаяся наличием вариативной части АСНИ ВЧ с системно – интегрированной организацией банка знаний, позволяющая повысить производительность труда научной деятельности.

- создана комплексная автоматизированная система научных исследований процессов высокочастотной обработки полимеров, отличающаяся техническим, математическим, программным обеспечением и банком знаний, позволяющая проводить всесторонние исследования процессов термического и комбинированного воздействия электротермии на полимерные материалы разной степени полярности.

- разработана 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 (ТС) и возможностью учета температурных зависимостей величин удельной теплоемкости и теплопроводности, позволяющая анализировать объемный разогрев ТС в процессе ВЧ-электротермии при обработке изделий как простой, так и сложной формы, изготовленных из широкой номенклатуры полимерных материалов.

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

- разработаны 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 работы

высокочастотного оборудования, «воздушное включение» по контролю частоты возникновения частичных разрядов, а также состояния «повышенное влагосодержание» по времени электротермического нагрева.

- разработан 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, составляющий теоретическую основу организации функционирования АСУ ВЧ и включающий алгоритмы управления:

- электротермией полимерных материалов разной степени полярности, отличающийся 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».

4. Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов

Предложена новая классификация полимерных материалов, используемая при построении экстремальных систем управления. Создана методология построения автоматизированной системы научных исследований. Дано обоснование возможности использования параметра производной показателя анодного тока высокочастотного генератора для оценки состояния КП материала в процессе его обработки. Разработана математическая модель процесса объемного ВЧ-диэлектрического нагрева многослойной технологической системы, позволяющая исследовать процессы электротермии с учетом температурозависимости показателей плотности, удельной теплоемкости и теплопроводности полимерных материалов. Разработана аналитическая модель позволяющая определить математически предельные значения напряженности ВЧ-поля нетеплового воздействия при процессах диагностирования. Определены комплексы контролируемых параметров при высокочастотной обработке различной интенсивности, позволяющие реализовать поэтапное управление электротермией разнополярных полимеров. Найдены закономерности влияния температуры электродов и наличия изоляторов в технологической системе на смещение координаты точки максимального нагрева при последовательной обработке партии деталей, позволяющие получить новые знания об управлении процессом ВЧ-электротермии.

Разработанные теоретические положения с применением разработанной АСНИ ВЧ и методик использования полученных новых знаний о процессах ВЧ-электротермии, необходимы при разработке основ систем автоматизации управления технологическими процессами термического и комбинированного ВЧ-воздействия на разнополярные полимеры с целью повышения производи-

тельность труда в научной и производственной деятельности при изготовлении и диагностировании изделий из полимерных материалов.

Разработанные теоретические положения на практике могут быть использованы для усовершенствования автоматизированной системы научных исследований высокочастотной обработки, позволяющей производить апробирование технических и технологических решений при создании АСУ ВЧ, оценивая эффективность новых решений, обеспечивающих значительный вклад в развитие отраслей промышленности, связанных с электротермической обработкой КП материалов, производством и использованием полимеров.

Разработанные методы идентификации процесса высокочастотной обработки полимерных материалов на основе анализа их степени полярности и интенсивности воздействия ВЧ-поля позволяют создавать АСУ ВЧ-электротермией промышленного применения на основе сформированных критериев оценки выявленных контролируемых параметров процесса электротермии.

Разработанные алгоритмы расчета тепловых полей на основе сформулированной в рамках настоящей диссертационной работы математической модели нагрева технологической системы в 3D постановке позволяют решать задачи практического характера, связанные с определением необходимости использования изоляторов и подогрева электродов для координации положения точки максимального нагрева деталей при серийной обработке.

Созданные автоматизированные системы управления процессом ВЧ-электротермии, позволяют поэтапно производить различные технологические процессы термической обработки и комбинированного воздействия полимерных материалов разной степени полярности.

Разработанное устройство высокочастотного диагностирования изделий из полимеров с автоматизированной системой управления выявляет наличие дефектов в изделиях и определяет их тип, что позволяет отбраковывать не только детали с раковинами и трещинами, но также изделия с металлическими включениями и повышенной влагой. Использование устройства на предприятиях вагоноремонтного профиля позволило снизить количество отцепок по причине нагрева буксового узла из-за обводнения смазки и наличия дефектов в полиамидных сепараторах.

Таким образом, разработанные технические и технологические решения при построении АСУ позволяют значительно повысить производительность энергоэффективных технологических процессов ВЧ-электротермии.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Технические и технологические решения, методологические положения могут быть переданы для дальнейшей реализации в ОАО «Российские железные дороги» (РЖД), АО «ПК «Уралвагонзавод», ОАО «Объединённая авиастроительная корпорация», АО «Концерн воздушно-космической обороны

«Алмаз-Антей».

Научные и методологические положения могут быть использованы для дальнейшего исследования, развития и реализации научными группами и школами электротермистов, в том числе в СГТУ имени Гагарина Ю.А., в ФГБОУ ВО ИрГУПС и СПбГТИ(ТУ).

6. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений

Достоверность научных результатов обоснована согласованностью результатов экспериментальных и теоретических исследований (в т.ч. результатов экспериментальных исследований процессов высокочастотной электротермии сторонних авторов), корректным использованием аппарата классической теории автоматического управления, электродинамики, основ физической химии; использованием апробированных методов численного анализа, математической статистики и методов аппроксимирования.

7. Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом, замечания по оформлению

Диссертационная работа Н.Г. Филиппенко содержит введение, пять глав, общие выводы по результатам научных исследований, список использованной литературы, список сокращений и приложения.

Оформление диссертации соответствует нормативным требованиям.

Диссертационная работа Н.Г. Филиппенко, представленная на соискание ученой степени доктора технических наук, является завершенным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно на высоком научно-методическом уровне, содержит совокупность новых научных, технических и технологических результатов, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

В ходе обсуждения диссертационной работы высказаны следующие замечания:

- недостаточно освещены вопросы безопасности использования ВЧ-энергии в процессе электротермического нагрева полимерных материалов;
- не ясно, каким образом переходные процессы высокочастотного электротермического оборудования влияют на процесс управления, особенно при импульсном режиме работы ВЧ-генератора? На наш взгляд, данный вопрос требует более внимательного изучения;
- в работе не дано обоснование возможности использования трехмерной (объемной) математической модели процесса электротермического воздействия применительно к процессу ВЧ-диагностирования изделий из полимерных материалов.

Вышеуказанные замечания не снижают теоретической и практической ценности проведенных диссертантом исследований, и не затрагивают основных положений и результатов представленной диссертации.

8. Соответствие автореферата основным положениям диссертации

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

9. Подтверждения опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

По результатам диссертационного исследования опубликованы 75 печатных работ, в том числе 22 публикации в рецензируемых изданиях, ВАК РФ, 7 публикаций в статьях изданий, индексируемых в базах 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. Опубликовано 2 монографии в издательстве ИрГУПС.

10. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

- диссертация по структуре и содержанию является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основе проведенных автором, теоретических и экспериментальных исследований изложены новые научно-технические и технологические решения в области автоматизации процессов управления высокочастотной электротермией теплового и комбинированного воздействия на полимерные материалы разной степени полярности, внедрение которых обеспечивает повышение производительности и качества обработки, диагностирования, что вносит значительный вклад в развитие отраслей транспортного машиностроения, связанных с высокочастотной электротермической обработкой материалов, производством полимеров и эксплуатацией изделий из них; работа имеет важное значение для развития научного направления, связанного с развитием систем автоматизированного управления технологическими процессами, а именно для специальности 05.13.06 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (транспорт).

- 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 ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

- автор диссертационной работы Филиппенко Николай Григорьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 –Автоматизация и управление технологическими

процессами и производствами (транспорт).

Диссертационная работа Филиппенко Николая Григорьевича на тему «Автоматизированное управление процессами высокочастотного термического и комбинированного воздействия на полимерные материалы, применяемые в транспортном машиностроении», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук была обсуждена и одобрена на расширенном заседании кафедры «Электроэнергетика и электротехника» СГТУ имени Гагарина Ю.А. (протокол №4 от 21 октября 2020 г.).

Отзыв составлен:

Заведующая кафедрой

«Электроэнергетика и электротехника»

СГТУ имени Гагарина Ю.А.

доктор технических наук,

доцент

E-mail: sgkalganova@sstu.ru

Телефон: (8452) 99-87-88



Калганова Светлана Геннадьевна

26.10.2020 г.

Профессор кафедры

«Технология и системы управления в машиностроении»

СГТУ имени Гагарина Ю.А.

доктор технических наук,

профессор

E-mail: atp@sstu.ru

Телефон: (8452) 99-86-38



Игнатьев Александр Анатольевич

26.10.2020г.

Почтовый адрес:

ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Телефон: (8452) 99-88-11;

факс (8452) 99-88-10;

(8452) 99-86-03; факс (8452) 99-86-04

E-mail: sstu_office@sstu.ru

Сайт организации: <http://www.sstu.ru/>