

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.188.04,  
созданного на базе федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»  
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 14 июня 2019 г. протокол № 12  
о присуждении Пестереву Анатолию Александровичу, гражданину России,  
ученой степени кандидата технических наук

Диссертация «Оптимальное управление подвижным источником теплового воздействия при легировании заготовок кварцевых оптических волокон» по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности) принята к защите 11 апреля 2019 года (протокол заседания № 5) диссертационным советом Д 212.188.04, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (614990, г. Пермь, ул. Комсомольский проспект, д. 29) по приказу № 937-722 от 23.05.2008г.

Соискатель Пестерев Анатолий Александрович, 1988 года рождения, в 2010 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет», в 2013 году окончил аспирантуру очной формы обучения федерального государственного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (период обучения 01.07.2010 - 30.06.2013), работает заместителем директора по ИТ - начальником отдела автоматизации технологических процессов ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания».

Диссертация выполнена на кафедре «Прикладная математика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Первадчук Владимир Павлович, заведующий кафедрой «Прикладная математика» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Официальные оппоненты:

1. Лившиц Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление и системный анализ теплоэнергетических и социотехнических комплексов» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,

2. Алейник Артем Сергеевич, кандидат технических наук, доцент факультета «Лазерная фотоника и оптоэлектроника» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»,

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (г. Санкт-Петербург), в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой систем автоматического управления, д-ром техн. наук Виктором Николаевичем Шелудько, профессором кафедры систем автоматического управления, д-ром техн. наук Виктором Владимировичем Путовым и утвержденном заместителем директора департамента науки, канд. техн. наук Дмитрием Вячеславовичем Гайворонским, указала, что диссертация Пестерева А.А. является актуальной научно-квалификационной работой, обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученой степени кандидата технических наук, полученные в работе результаты вносят существенный вклад в развитие систем управления MCVD-процесса изготовления заготовок кварцевых оптических волокон диссертациям на соискание ученой степени соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности).

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, все по теме диссертации, в том числе 3 работы опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях, соискателем получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1) Моделирование нагрева кварцевых труб подвижным источником воздействия для решения задачи управления процессом MCVD / В.П. Первадчук, Д.Б. Владимирова, Д.Н. Дектярев, А.А. Пестерев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 9-2 (51). – С. 76-82. (Перечень ВАК). 7 стр. / 5 стр.

2) Пестерев, А.А. Сканирующий пирометр в системе управления MCVD процесса /А.А. Пестерев // Автоматизация в промышленности. – 2016. – Т. 08. –С. 49-51. (Перечень ВАК). 3 стр.

3) Первадчук, В.П. Алгоритм оптимального управления подвижным источником теплового воздействия / В.П. Первадчук, Д.Б. Владимирова, А.А. Пестерев// Вестник ПНИПУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2018. – №3. –С. 92-103. (Перечень ВАК). 12 стр. / 6 стр.

4) Optimal Control of Moving Heat Source During Doping of Quartz Preforms for Optical Fiber Production / V.P. Pervadchuk, D.B. Vladimirova, A.N. Kokoulin, A.A. Pesterev // Proceedings of the 2018 IEEE Northwest Russia Conference on Mathematical Methods in Engineering and Technology (MMET NW); 10-14 September, 2018. – St. Petersburg, Russia: Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”. – 590 p. – P. 145-147. 3 стр. / 1 стр.

5) Расчет оптимального управления подвижным источником теплового воздействия («Optimal\_Control»): свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2018661274, РФ / В.П. Первадчук, А.А. Пестерев. Оpubл. 04.09.2018.

В данных работах соискатель представил результаты разработки и исследований математической модели нагрева кварцевой трубы подвижным источником теплового воздействия, которая описывает температурное поле в кварцевой трубе, формируемое в ходе реального технологического процесса; описал предложенный алгоритм управления подвижным источником теплового воздействия, в основу которого положена теория оптимального управления; привел результаты исследований применения сканирующего пирометра в качестве средства контроля температурного поля в процессе MCVD; приведено решение задачи оптимального управления подвижным источником теплового воздействия в процессе легирования заготовок специальных оптических волокон методом MCVD.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов, все отзывы положительные: Ахмадиева Ф.Г., д-ра тех. наук, проф., зав. кафедрой прикладной математики Казанского государственного архитектурно-строительного университета; Русяка И.Г., д-ра тех. наук, проф., зав. кафедрой «Математическое обеспечение информационных систем» Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова; Семенова С.Л., д-ра физ.-мат. наук, директора Научного центра волоконной оптики РАН; Шардакова Н.Т., д-ра тех. наук, проф., зав. кафедрой «Технологии стекла» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина; Серегина Ю.Н., канд. тех. наук, доцент кафедры информационно-управляющих систем Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева; Рудакова О.В. ген. директора АО «Профотек» и Пржиялковского Я.В., канд. физ.-мат. наук, начальника оптической измерительной лаборатории ООО «Научно-Производственный Центр Профотек»; Грищенко А.Б., канд. хим. наук, руководителя отдела развития фирмы Керамоптек (CeramoOptec SIA), Латвия; АО «Оптическое Волоконные Системы» (подписанный Власовым М.Ю., зам. ген. директора – гл. инженером, Тянякиным Д.А., первым зам. гл. инженера – гл. технологом и утвержденный ген. директором Николаевым А.В.).

В отзывах отмечено, что диссертационная работа Пестерева А.А. является актуальной научно-квалификационной работой, обладает научной новизной и практической значимостью, достоверность результатов исследования обоснована в работе.

В отзывах содержатся следующие пожелания, вопросы и замечания: в работе не рассмотрена внутренняя термогидродинамическая задача в трубе и ее влияние на процесс изготовления кварцевых заготовок; для полной картины не хватает сравнения с существующими зарубежными аналогами предложенной оптимальной системы управления; в автореферате не приведены оценки вычислительной сложности изложенных процедур оптимального стабилизирующего управления; при описании процесса MCVD (на стр. 12 диссертации) сложно понять, как исходные вещества образуют оксиды, проходя зону разогрева, и осаждаются перед горелкой; на стр. 16 диссертации было бы корректнее использовать «профилометр» вместо «вертикальный анализатор»; на стр. 49-50 диссертации автор, вероятно, имел ввиду графитовую индукционную печь, говоря об индукторе; из автореферата не ясно как определялись или рассчитывались коэффициенты конвективного теплообмена в задачах нагрева подвижным источником; известно, что в оптически прозрачных средах коэффициент теплопроводности складывается из двух составляющих: кондуктивной и лучистой (радиационной), однако в автореферате этот факт никак не отражен; насколько обоснованным является предположение об осесимметричном распределении температуры кварцевой трубы; при разработке математической модели автор не учитывал теплоту химических реакций окисления галогенидов и оксигалогенодов; не раскрыт физический смысл используемого при оптимизации функционала, не понятно соблюдение размерности при вычислении функционала; присутствуют замечания по оформлению.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

официальные оппоненты являются ведущими специалистами в области автоматизации и управления технологическими процессами, в том числе в области оптимального управления и волоконной оптики, имеют публикации по данному направлению в рецензируемых научных изданиях, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

ведущая организация, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), хорошо известна своими достижениями в области автоматизации и управлении технологическими процессами и подвижными объектами на территории России.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** модели и алгоритмы оптимального управления подвижным источником теплового воздействия в технологическом процессе производства заготовок оптических волокон по технологии MCVD, что позволяет оптимизировать процесс стабилизации температурного поля для повышения качества изготавливаемой заготовки;

**предложены** способ управления температурным полем объекта управления с учетом его распределенных параметров; оригинальная методика расчета температурных режимов MCVD–процесса; алгоритм оптимального стабилизирующего управления температурным полем в MCVD–процессе;

**доказана** возможность применения предложенных моделей и алгоритмов при стабилизации температурного поля в MCVD–процессе путем управления подвижным источником теплового воздействия;

**введено** понятие эффективной температуры MCVD–процесса, учитывающей изменчивость температурного поля при определении величины максимальной температуры MCVD–процесса.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы современной теории автоматического управления, методы теории оптимального управления распределенными системами, методы математического моделирования, оригинальные математические модели MCVD–процесса;

**изложены** результаты синтеза, математического моделирования и экспериментальных исследований разработанной системы управления температурным полем, рассматривающий объект управления как систему с распределенными параметрами, что позволяет оптимальным образом стабилизировать температурное поле в MCVD–процессе;

**раскрыты** влияния параметров подвижного теплового источника на распределение температуры кварцевой трубы, что обеспечивает уменьшение погрешностей в расчетах технологических режимов MCVD–процесса; причины недостаточной эффективности использования точечных инфракрасных пирометров в сосредоточенных системах управления температурным полем в MCVD–процессе; противоречия между существующей сосредоточенной системой управления температурой и требованиями повышения качества заготовок оптического волокна в условиях изменяющегося температурного поля в MCVD–процессе;

**изучены** причинно-следственные связи между параметрами подвижного теплового источника и распределением температуры в кварцевой трубе с целью снижения погрешности в расчетах технологических режимов процесса MCVD; проблемы построения оптимальных систем управления, возникающие в технологическом процессе производства заготовок оптических волокон по технологии MCVD;

**проведена модернизация** существующей системы управления станка MCVD посредством включения контура оптимального управления, позволяющего в реальном времени стабилизировать температурное поле с целью повышения качества заготовок оптического волокна.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

**разработаны и внедрены** новые модели и алгоритмы и на их основе программа оптимального управления температурным полем в MCVD–процессе в виде подсистемы оптимального управления станка MCVD для ПАО «ПНППК» (г. Пермь), что позволило на 10 % снизить технологический отход нагружающих стержней, вызванный неравномерностью по длине геометрических характеристик его сердцевины;

**определены** перспективы и условия (при малых отклонениях температуры) практического использования разработанных методов оптимального управления с подвижным источником теплового воздействия для тепломеханических станков и станков MCVD в производстве оптического волокна;

**представлены** рекомендации по дальнейшему совершенствованию системы оптимального управления подвижным источником теплового воздействия в MCVD–процессе с учетом дополнительных параметров подвижного источника.

Результаты диссертационного исследования Пестерева А.А. могут быть использованы в производственных и проектных организациях, занимающихся разработкой и изготовлением оптического волокна, могут применяться при совершенствовании систем управления с подвижными источниками теплового воздействия, характеризующиеся относительно невысокими скоростями подвижного источника: 70-200 мм/мин, а также могут применяться для научных и учебных целей.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила:

**идея базируется** на использовании и обобщении передового опыта в области оптимального управления и анализа процессов, протекающих при реализации технологии MCVD;

**установлено** совпадение авторских результатов с известными результатами из современных научных источников, а также совпадение полученных в работе теоретических и экспериментальных данных с достаточно высокой точностью.

**Личный вклад соискателя** состоит в анализе и классификации существующих систем автоматизации и управления технологическим процессом производства заготовок оптического волокна по технологии MCVD; в разработке модели и алгоритма оптимального управления подвижным источником теплового воздействия в технологическом процессе производства заготовок оптических волокон по технологии MCVD; в непосредственном участии на всех этапах реализации процесса оптимального управления подвижным источником теплового воздействия в MCVD–процессе, в подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842: в ней изложены и научно обоснованы технические решения и разработки в области построения моделей и алгоритмов оптимального управления подвижным источником теплового воздействия в технологическом процессе производства заготовок оптических волокон по технологии MCVD, позволяющие стабилизировать температурное поле в режиме реального времени, имеющие важное значение для развития систем управления при производстве оптических волокон.

На заседании 14 июня 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Пестереву Анатолию Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 10 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 16, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета Д 212.188.04  
доктор технических наук, профессор

Южаков А.А.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор технических наук, доцент

Фрейман В.И.

«17» июня 2019 г.

