

УТВЕРЖДАЮ


И. о. проректора

по науке и инновациям

Пермского национального

исследовательского

политехнического университета,

 доктор физ.-мат. наук, доцент

Швейкин А.И.

\_\_\_\_\_ 2024 г.

  
**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Автоматизация неразрушающего контроля параметров заготовок активных волоконных световодов на основе измерения интенсивности люминесценции примеси в безымерсионной среде» выполнена на кафедре «Прикладная математика» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

В период подготовки диссертации соискатель Латкин Константин Павлович работал в Лаборатории фотоники «Института механики сплошных сред» — филиала Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук в должности младшего научного сотрудника, на кафедре «Общая физика» Пермского национального исследовательского политехнического университета в должности старшего преподавателя.

В 2013 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению «Фотоника и оптоинформатика».

В 2015 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению подготовки «Системы управления движением и навигация».

В 2019 году окончил аспирантуру очной формы обучения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению подготовки 27.06.01 «Управление в технических системах» (период обучения: с «01» октября 2015 г. по «30» июня 2019 г.).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Первадчук Владимир Павлович, работает заведующим кафедры «Прикладная математика» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

- выполнена постановка проблемы исследования, сформулированы цели и задачи диссертации;
- провёл теоретическое исследование проблемной области, численные и натурные эксперименты;
- предложил модель люминесценции сердцевины заготовки активного волоконного световода в условиях боковой накачки и на основе данной модели разработал программное обеспечение расчёта параметров измерения заготовок erbiumCalc;
- разработал специальное программное обеспечение автоматизированной системы управления для компенсации флуктуации мощности диода накачки, а

также саму методику эталонных измерений в составе автоматизированной системы управления;

— разработал структуру автоматизированной системы исследования однородности концентрации активной примеси в составе сердцевины заготовки активного волоконного световода для применения в производственном процессе и сопутствующее программное обеспечение ErGO System;

— создал на основе аппаратной базы автоматизированной системы контроля автоматизированную систему научных исследований для визуализации структуры осаждённого слоя.

## 2. Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

— впервые построена математическая модель люминесценции сердцевины заготовки активного волоконного световода в оптической схеме, отличающейся от существующих наличием боковой накачки и отсутствием специальной иммерсионной среды, что позволило выявить закономерности для измерения концентрации активной примеси;

— впервые предложен метод управления технологическим процессом изготовления активных волоконных световодов в составе разработанных автоматизированных систем, оригинальность которого заключается в возможности измерения концентрации активной примеси в сердцевине заготовки волоконного световода в условиях меняющихся оптических характеристик диода накачки, что позволило повысить качество отбраковки изделий;

— разработаны архитектура и алгоритмы функционирования предложенной автоматизированной системы контроля параметров распределения активной легирующей примеси, отличиями которой являются отсутствие специальной иммерсионной среды и неразрушение кристаллической решётки материала, что позволило повысить качество производимого изделия;

— на основе предложенной архитектуры разработана методика оценки качества изготовления активных световодов в созданной автоматизированной

системе научных исследований, особенностью которой является томографическое измерение концентрации активной примеси в осевых сечениях заготовки, что дало возможность изучения структуры осаждённого слоя.

### 3. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность результатов основывается на законах геометрической и квантовой оптики, сопоставлении измеренных параметров активных ионов в волоконных световодах с данными литературных источников. Достоверность также подтверждается сравнением результатов измерений на разработанной автоматизированной системе контроля параметров заготовок активных волоконных световодов и сертифицированном комплексе, реализующем разрушающий структуру стекла рентгеноскопический метод.

### 4. Теоретическая и практическая значимость исследования

**Теоретическая значимость** работы заключается в создании научно-методической основы для построения адекватных математических моделей реализации метода люминесцентной фотометрии, что позволяет создать эффективный метод управления технологическим процессом контроля активной примеси в заготовках волоконных световодов.

**Практическая значимость** работы состоит в создании архитектуры и алгоритмов, на основе которых разработана автоматизированная система контроля параметров заготовок активных волоконных световодов, а также автоматизированная система научных исследований с целью более детального изучения распределения активной примеси в образцах.

Представленная автоматизированная система позволила вдвое повысить точность определения редкоземельных металлов в составе сердцевины заготовки. Также минимум на порядок повысилось пространственное разрешение по сравнению с использовавшимся до этого методом.

Применение разработок удешевило производство на стадии отработки технологии на 29%, в ходе серийного изготовления продукции — на 6%.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По теме диссертационной работы Латкина Константина Павловича опубликовано 21 научная работа, в том числе 7 работ в изданиях, включённых в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание учёной степени, или приравненных к ним / включённых в базы цитирования Web of Science, Scopus, получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. В тексте диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах по теме диссертационного исследования.

Основные научные труды по теме диссертации, опубликованные в изданиях, включённых в Перечень ведущих рецензируемых изданий и приравненных к ним:

1. **Латкин, К. П.** Система управления процессом контроля концентрации активной примеси в преформах волоконных световодов / **К. П. Латкин, В. П. Первадчук, Ю. А. Константинов** // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. - 2022. - №42. - С. 111-131. **(ВАК 2.3.3)**

*Соискателем предложена автоматизированная система управления технологическим процессом контроля параметров заготовок активных волоконных световодов и представлен метод управления технологическим процессом изготовления активных волоконных световодов, основанный на измерениях эталонов в составе системы.*

2. **Latkin, K. P.** The Simulation of Active Ions Luminescence in the Preform Core under the Pumping Through the Lateral Surface / **K. P. Latkin** // Optics Communications. - 2023. - №542. - С. 129564. **(Web of Science, Scopus)**

*Соискателем предложена модель люминесценции сердцевины заготовки активного волоконного световода в условиях боковой накачки и при*

*отсутствии специальной иммерсионной жидкости, а также верификация модели посредством натурального эксперимента.*

3. Konstantinov, Y. A. A Non-Destructive Study of Optical, Geometric and Luminescent Parameters of Active Optical Fibers Preforms / Y. A. Konstantinov, A.T. Turov, **K. P. Latkin**, Claude D., I. S. Azanova // Optics. - 2024. - №5 (1). - С. 176-194. **(Web of Science, Scopus)**

*Соискателем предложена автоматизированная система как часть межстадийного контроля качества заготовок активных волоконных световодов.*

4. Burdin, V. V. Multistage Quality Control Of Active Fiber Light Guides / V. V. Burdin, Y. A. Konstantinov, Claude D., **K. P. Latkin**, M. E. Belokrylov, A. I. Krivosheev, M. K. Tsibinogina // Instruments and Experimental Techniques. - 2021. - №5 (64). - С. 768-775. **(Web of Science, Scopus, ВАК)**

*Соискателем предложена методика измерения однородности концентрации активной примеси в заготовках активных волоконных световодов как часть многоэтапного производственного контроля. Предложена модель люминесценции сердцевины заготовки в условиях боковой накачки. Предложена методика уменьшения влияния изменений спектральных характеристик диода накачки с помощью измерений эталона. Соискателем представлены результаты сравнения измерений заготовки на автоматизированной системе управления с измерениями, проведёнными с помощью сертифицированного прибора, использующего спектроскопический метод.*

5. Belokrylov, M. E. An All-Fiber Time Domain Reflectometer For Measuring The Length Of Active Erbium Doped Optical Fibers / M. E. Belokrylov, Y. A. Konstantinov, **K. P. Latkin**, Claude D., V. A. Shcherbakova, D. A. Seleznev, A. A. Stepin, Y. A. Konin, R. R. Kashina // Instruments and Experimental Techniques. - 2020. - №4 (63). - С. 481-486. **(Web of Science, Scopus, ВАК)**

*Соискателем сформирована концепция многостадийного контроля параметров заготовок активных волоконных световодов.*

6. Konstantinov, Yu. A. Special Optical Fiber Preform Layers 3D-Reconstruction / Yu. A. Konstantinov, **K. P. Latkin**, F. L. Barkov, A. S. Smirnov, M. M. Poskrebyshv, V. P. Pervadchuk, D. B. Vladimirova, Yu. A. Konin, A. I. Garanin, V. V. Burdin // Scientific Visualization. - 2017. - №4 (9). - С. 47-58. (**Scopus, ВАК**)

*Соискателем предложена система измерения однородности концентрации активной примеси в заготовках активных волоконных световодов в составе комплексной системы измерения и визуализации заготовок.*

7. Smirnov, A. S. Rapid Method For Evaluating The Efficiency Of Excitation Energy Transfer Between Ytterbium And Erbium Ions In An Active Fiber Preform / A. S. Smirnov, **K. P. Latkin**, A. S. Kurkov, Y. E. Sadovnikova, E. G. Leksina // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. - 2015. - №6 (51). - С. 582-586. (**Web of Science, ВАК**)

*Соискателем предложена методика измерения концентрации активной примеси в заготовках, легированных эрбием и иттербием, с помощью измерения мощности люминесценции сердцевины при боковой накачке.*

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022666232 Российская Федерация. ErGO System : № 2022663356 : заявл. 07.07.2022 : опубл. 26.08.2022 / **К. П. Латкин**, Ф. Л. Барков, D. Claude.

*Соискателем создан графический интерфейс пользователя и разработаны основные программные процедуры.*

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022660503 Российская Федерация. erbiumCalc : № 2022660112 : заявл. 06.06.2022 : опубл. 17.06.2022 / **К. П. Латкин**.

*Соискателем предложена модель люминесценции сердцевины заготовки активного волоконного световода в условиях боковой накачки. Соискателем написан исходный код программного обеспечения.*

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите:

Представленная Латкиным Константином Павловичем диссертационная работа «Автоматизация неразрушающего контроля параметров заготовок активных волоконных световодов на основе измерения интенсивности люминесценции примеси в безымерсионной среде» соответствует паспорту научной специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», а именно:

П. 4 — Теоретические основы и методы моделирования, формализованного описания, оптимального проектирования и управления технологическими процессами и производствами.

П. 12 — Методы создания специального математического и программного обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др., включая управление исполнительными механизмами в реальном времени.

П. 18 — Разработка автоматизированных систем научных исследований.

7. Соответствие диссертационной работы требованиям Положения о присуждении учёных степеней

Диссертация Латкина Константина Павловича отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация «Автоматизация неразрушающего контроля параметров заготовок активных волоконных световодов на основе измерения интенсивности люминесценции примеси в безымерсионной среде» Латкина Константина Павловича рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Прикладная математика».



Присутствовало на заседании 20 чел. Результаты голосования: «за» - 20 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0, протокол № 12 от «19» июня 2024 г.

Заместитель заведующего кафедрой

«Прикладная математика»,  
кандидат технических наук,  
доцент

\_\_\_\_\_/Пепеляева Т. Ф./

Ученый секретарь кафедры

«Прикладная математика»,  
кандидат технических наук,  
доцент

\_\_\_\_\_/Владиминова Д. Б./