

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.358.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № 4
решение диссертационного совета от 04 июня 2026 г., протокол № 13

О присуждении Азановой Ирине Сергеевне, гражданке РФ, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Радиационная стойкость волоконно-оптических компонентов интерферометрических датчиков физических величин» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите 02 февраля 2026 г. (протокол заседания № 11) диссертационным советом № 24.2.358.03, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»: 614068, Пермский край, г. Пермь, ул. Букирева, 15. Диссертационный совет создан приказом Минобрнауки России №2134/нк от 27 ноября 2023 г.

Соискатель, Азанова Ирина Сергеевна, 1977 года рождения, в 1998 г. окончила бакалавриат государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Пермский государственный университет» по направлению «Физика»; в 2001 г. окончила магистратуру государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Пермский государственный университет», по направлению «Физика». В 2006 году защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Поверхность, структура и оптические свойства протонообменных волноводных слоев на монокристалле ниобата лития» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния на заседании Диссертационного совета Д.212.189.06, созданном на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный университет».

Место работы соискателя – ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания», директор научно-образовательного центра – главный конструктор по волоконным световодам и Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего

образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», доцент кафедры нанотехнологий и микросистемной техники Физико-математического института.

Научный консультант – Волынцев Анатолий Борисович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой нанотехнологий и микросистемной техники Физико-математического института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Официальные оппоненты:

Полисадова Елена Федоровна, доктор физико-математических наук, профессор отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет (г. Томск),

Филатов Юрий Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой лазерных измерительных и навигационных систем факультета информационно-измерительных и биотехнических систем ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (г. Санкт-Петербург),

Лагов Петр Борисович, доктор технических наук, доцент, начальник отдела научного центра сертификации элементов и оборудования НЦ СЭО АО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» (г. Москва)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (г. Санкт-Петербург) в своем положительном отзыве, утвержденном проректором по научной работе, к.ф.-м.н., Фоминым Юрием Владимировичем, подготовленным и подписанным профессором Высшей школы прикладной физики и космических технологий Института электроники и телекоммуникаций СПбПУ, д.ф.-м.н., Лиокумовичем Леонидом Борисовичем, и профессором Высшей школы прикладной физики и космических технологий Института электроники и телекоммуникаций СПбПУ, д.ф.-м.н., Ушаковым Николаем Александровичем, указала, что диссертационная работа «Радиационная стойкость волоконно-оптических компонентов интерферометрических датчиков физических величин» является законченной научной квалификационной работой и представляет собой актуальное исследование, направленное на развитие теории и эксперимента радиационной стойкости

ключевых компонентов волоконно-оптических интерферометрических датчиков.

Основные научные положения, содержащиеся в работе и научных журналах, отражают положения, выносимые на защиту. Автореферат отражает содержание диссертации, а выводы автора являются обоснованными.

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки):

- П.2. Теоретическое и экспериментальное исследование физических свойств упорядоченных и неупорядоченных неорганических и органических систем, включая классические и квантовые жидкости, стекла различной природы, дисперсные и квантовые системы, системы пониженной размерности.
- П.4. Теоретическое и экспериментальное исследование воздействия различных видов излучений, высокотемпературной плазмы на природу изменений физических свойств конденсированных веществ.
- П.6. Разработка экспериментальных методов изучения физических свойств и создание физических основ промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами.

Диссертационная работа на тему «Радиационная стойкость волоконно-оптических компонентов интерферометрических датчиков физических величин», представленная на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния, полностью соответствует требованиям пп. 9–14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», принятого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024), а её автор, Азанова Ирина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

- в изданиях из перечня рекомендованных ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния:

1. Томашук А.Л. Поглощение света, наведенное в двулучепреломляющем волоконном световоде типа "Панда" с сердцевиной из нелегированного кварцевого стекла импульсным воздействием ионизирующего излучения / А.Л. Томашук, П.Ф. Кашайкин, **И.С. Азанова**, А.В. Филиппов, Ю.О.

- Шаронова, О.Л. Вохмянина, Е.А. Бычкова, С.В. Галанова // Краткие сообщения по физике ФИАН. 2018. Т. 45, № 12. С. 21-26.
2. Азанова И.С. Радиационная стойкость оптических компонентов волоконно-оптического гироскопа / **И.С. Азанова**, Ю.О. Шаронова, А.Д. Шевцова, Е.А. Поспелова, А.С. Вахрушев, О.Л. Вохмянина, А.Б. Волынцев // Вестник Пермского университета. Физика. 2023. № 1. С. 5-20.
 3. Азанова И.С. Исследование радиационного отклика оптического волокна при воздействии импульсного ионизирующего излучения / **И.С. Азанова**, Ю.О. Шаронова, Е.А. Поспелова, Д.В. Хисамов, А.Б. Волынцев, А.В. Филиппов, И.В. Петухов // Вестник Пермского университета. Физика. 2022. № 4. С. 52-69.
 4. Хисамов Д.В. Влияние радиуса изгиба на долговечность оптических волокон типа "Панда" / Д.В. Хисамов, А.Н. Смирнова, **И.С. Азанова** // Вестник Пермского университета. Физика. 2021. № 4. С. 52-57.
 5. Азанова И.С. Опыт разработки термостойкого, радиационно-стойкого и водородостойкого оптического волокна / **И.С. Азанова**, Д.И. Шевцов, О.Л. Вохмянина, И.Д. Саранова, А.Н. Смирнова, М.И. Булатов, Е.А. Поспелова, Ю.О. Шаронова, Т.В. Димакова, П.Ф. Кашайкин, А.Л. Томашук, А.Ф. Косолапов, С.Л. Семёнов // Фотоника. 2019. Т. 13. № 5. С. 444-451.
- в изданиях, индексируемых в WoS и Scopus:**
6. Tomashuk A.L. Comparison study of radiation-resistant polarization-maintaining panda fibers with undoped- and N-doped-silica core / A.L. Tomashuk, P.F. Kashaykin, S.L. Semjonov, A.V. Filippov, E.A. Bychkova, S.V. Galanova, **I.S. Azanova**, O.L. Vokhmyanina, Y.O. Sharonova, N.V. Zavyalov, E.A. Pospelova, T.V. Dimakova, V.V. Voloshin, I.L. Vorob'ev, A.O. Kolosovskii, Y.K. Chamorovskiy // Journal of Lightwave Technology. 2020. Vol. 38, № 20. P. 5817-5824.
 7. Tomashuk A.L. Pulsed-X-ray-irradiation of radiation-resistant panda fibers: dependence on dose, probe light power, and temperature / A.L. Tomashuk, P.F. Kashaykin, S.L. Semjonov, A.V. Filippov, E.A. Bychkova, S.V. Galanova, **I.S. Azanova**, O.L. Vokhmyanina, Y.O. Sharonova, E.A. Pospelova, T.V. Dimakova, V.V. Voloshin, I.L. Vorob'ev, A.O. Kolosovskii, Y.K. Chamorovskiy // Optical Materials. 2020. Vol. 109. N. 110384.
 8. Поносова А.А. Эрбиевые световоды с повышенной стойкостью к ионизирующему излучению для суперлюминесцентных волоконных источников / А.А. Поносова, **И.С. Азанова**, Н.К. Миронов, М.В. Яшков, К.Е. Рюмкин, О.Л. Кель, Ю.О. Шаронова, М.А. Мелькумов // Квантовая электроника. 2019. Т. 49, № 7. С. 693-697.

9. Kashaykin P.F. Radiation induced attenuation in pure silica polarization maintaining fibers / P.F. Kashaykin, A.L. Tomashuk, **I.S. Azanova**, O.L. Vokhmyanina, Y.O. Sharonova, A.V. Filippov, E.M. Dianov, T.V. Dimakova, I.A. Maltsev, E.A. Pospelova, O.M. Tatsenko, N.S. Kuzyakina, O.V. Zverev // Journal of Non-Crystalline Solids. 2019. Vol. 508. P. 26-32.
10. Кашайкин П.Ф. Прогнозирование радиационно-наведенного поглощения света в волоконных световодах с сердцевиной из нелегированного кварцевого стекла в космических применениях / П.Ф. Кашайкин, А.Л. Томашук, М.Ю. Салганский, **И.С. Азанова**, М.К. Цибинкина, Т.В. Димакова, А.Н. Гурьянов, Е.М. Дианов // Журнал технической физики. 2019. Т. 89, № 5. С. 752-758.
11. Tomashuk A.L. Enhanced radiation resistance of pure-silica-core polarizationmaintaining panda optical fibers / A.L. Tomashuk, P.F. Kashaykin, **I.S. Azanova**, Y.O. Sharonova, E.A. Pospelova, O.L. Vokhmyanina, T.V. Dimakova, I.A. Maltsev, E.A. Bychkova, S.V. Galanova, S.L. Glushkov // IEEE Photonics Technology Letters. 2019. Vol. 31, № 17. P. 1413-1416.
12. Kashaykin P.F. Gamma-radiation-induced attenuation of light in polarizationmaintaining pure-silica-core panda fibers / P.F. Kashaykin, A.L. Tomashuk, **I.S. Azanova**, O.L. Vokhmyanina, Y.O. Sharonova, E.M. Dianov, T.V. Dimakova, I.A. Maltsev, E.A. Pospelova // В сборнике: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 6. Сер. "Micro-Structured and Specialty Optical Fibres VI" 2019. N. 110290V.
13. Kashaykin P.F. Microscopic mechanisms of radiation-induced light attenuation in pure silica-core fibers: influence of heat treatment in the process of metal and polyimide coating application / P.F. Kashaykin, A.L. Tomashuk, **I.S. Azanova**, O.L. Vokhmyanina, Y.O. Sharonova, E.M. Dianov, T.V. Dimakova, I.A. Maltsev, E.A. Pospelova // В сборнике: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering. 6. Сер. "Micro-Structured and Specialty Optical Fibres VI" 2019. N. 110290U.
14. Tomashuk A.L. Pulsed-bremsstrahlung-radiation effect on undoped- and Gedoped-silica-core optical fibers at wavelength of 1.55 μm / A.L. Tomashuk, A.E. Levchenko, E.M. Dianov, A.V. Filippov, A.N. Moiseenko, E.A. Bychkova, O.M. Tatsenko, N.V. Zavialov, A.V. Grunin, E.T. Batova, M.Y. Salgansky, A.N. Guryanov, P.F. Kashaykin, **I.S. Azanova**, M.K. Tsibinogina // Journal of Lightwave Technology. 2017. Vol. 35, № 11. P. 2143-2149.

Кроме того, опубликованы **23** работы в других изданиях.

Основные положения диссертационной работы и результаты исследований представлены и обсуждены на конференциях:

«Радиационная стойкость электронных систем» (Лыткарино, 2021, 2022, 2023, 2024 гг.); международный семинар по волоконным лазерам (Новосибирск, 2022 г.); международная научная конференция-школы «Материалы нано-, микро-, оптоэлектроники и волоконной оптики: физические свойства и применение» (Саранск, 2018, 2022 гг.); всероссийская конференция по волоконной оптике (Пермь, 2017, 2019, 2021, 2023 гг.); «Навигация, наведение и управление летательными аппаратами» (Москва, 2019 г.); «Высокочистые вещества. Получение, анализ, применение» (Нижний Новгород, 2018 г.);

и семинарах:

Научный семинар ПГНИУ по теоретической физике (Пермь, рук. д.ф.-м.н., проф. Демин В.А., 2023 г.), научный семинар ИЦВО РАН и ИОФ РАН, 2023 г., научно-технический совет ПАО «ПНППК» 2020 г.

В работах, опубликованных соискателем ученой степени, в которых изложены основные научные результаты диссертации, недостоверных сведений, заимствований материалов или отдельных результатов без указания ссылок не выявлено.

На автореферат диссертации поступило 9 отзывов, все положительные, содержат замечания:

1. Бутов Олег Владиславович, доктор физико-математических наук (специальность – 01.04.21 Лазерная физика), заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН:

- В автореферате следовало бы более явно подчеркнуть границы применимости предложенной феноменологической модели (по диапазонам доз, температур, типам волокон), а также возможные направления её дальнейшего развития для новых материалов и конфигураций ВОИД.

2. Гаперо Константин Иванович, доктор технических наук, с.н.с., заместитель генерального директора по науке и инновациям АО «НИИ Приборов»:

- Было бы полезно в более явной форме сформулировать блок рекомендаций для испытательных и сертификационных организаций, выделив из диссертации те результаты и зависимости, которые напрямую могут быть использованы при разработке методик испытаний и оценке радиационной стойкости изделий.

3. Константинов Юрий Александрович, к.т.н., старший научный сотрудник с исполнением функций заведующего лабораторией фотоники «Института механики сплошных сред УрО РАН» – филиала ФГБУН ПФИЦ УрО РАН:

- В автореферате не раскрыты детали методики измерения сдвига частоты Бриллюэна, хотя этот параметр используется как ключевой индикатор внутренних упругих напряжений в сердцевине световода. Остается неясным, в каком состоянии находились образцы ОВ во время измерений – обеспечивалась ли свободная намотка без механических воздействий и применялось ли термостатирование для исключения влияния температуры на величину бриллюэновского сдвига. Уточнение этих условий важно для корректной интерпретации заявленной связи между деформацией сетки стекла и радиационно-наведенными потерями.
- Название диссертации заявлено весьма широко – «интерферометрические датчики физических величин», однако основной массив экспериментальных данных и практические рекомендации сфокусированы исключительно на компонентах волоконно-оптического гироскопа. Целесообразно ли ожидать, что выявленные закономерности, в частности влияние напряженно-деформированного состояния на релаксацию РНП, будут в полной мере справедливы для других схем, например, для волоконных датчиков тока на эффекте Фарадея или интерферометрических датчиков акустического давления, где конфигурация оптического тракта и требования к состоянию поляризации могут существенно отличаться от схемы ВОГ?

4. *Ероньян Михаил Артемьевич, д.т.н., старший научный сотрудник, заслуженный изобретатель РФ, главный научный сотрудник АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»:*

- Не согласен с первым защищаемым положением. Полагаю, что для одномодовых ОВ с сердцевиной из чистого кварцевого стекла их радиационная стойкость в большей степени определяется атмосферой высокотемпературного сжатия заготовки, а не условиями осаждения стекла.
- На рисунке 3 и в подрисуночной подписи не расшифрованы размерности для параметров V и РНП.
- В подрисуночной подписи к рисунку 7 не обозначено, какая информация относится к рисункам (a) и (b).

5. *Кашайкин Павел Федорович, к.ф.-м.н., ассоциированный сотрудник ИТЭР:*

- Замечаний нет.

6. *Томашук Александр Леонидович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник НЦВО РАН – обособленного подразделения ИОФ РАН:*

- Замечаний нет.

7. Грунин Анатолий Васильевич, д.ф.-м.н., главный научный сотрудник ФГУП «РФЯП-ВНИИЭФ», Таценко Ольга Михайловна, д.ф.-м.н., главный научный сотрудник ФГУП «РФЯП-ВНИИЭФ», Филиппов Алексей Владимирович, к.ф.-м.н., начальник отдела ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»:

- В разделе «Личный вклад автора» не отражен вклад Азановой Ирины Сергеевны как лица, разрабатывавшего методологию и логическую последовательность всего объема экспериментальных исследований и непосредственно выполнявшего обработку и систематизацию всего объема экспериментальных данных.
- На рисунке 16, кроме кривых РНП, характеризующих различные центры окраски, есть некая огибающая (фиолетового цвета). Не описано в тексте автореферата, как получена эта кривая и что она означает. При этом очевидна важность этой информации.
- В автореферате используется большое количество сокращений, что затрудняет чтение. Возможно, в тексте самой диссертации присутствует список сокращений.
- Приведенные в автореферате исследования проведены в полях гамма- и гамма-нейтронного излучений, они важнейшие, но термин «ионизирующие излучения» содержит и другие виды, в частности космические излучения. Надеемся, что соискателем в дальнейшем будут получены результаты и в этом направлении.

8. Карпов Анатолий Сергеевич, к.т.н., начальник научно-исследовательского управления 4 ЦНИИ МО РФ, Щербинко Александр Васильевич, д.т.н., старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела 4 ЦНИИ МО РФ, Лептюхов Андрей Анатольевич, к.т.н., начальник научно-исследовательского отдела, доцент 4 ЦНИИ МО РФ, Мойсеенко Александр Владимирович, к.т.н., старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела 4 ЦНИИ МО РФ:

- Подробно рассмотрена физика процессов при воздействии ИИ на ВОИД и ОВ на уровне их отдельных компонентов (структура стекла, центры окраски, кинетика РНП). При этом вопросы интерпретации полученных зависимостей в терминах функциональной работоспособности конкретных приборов (при разных требованиях к чувствительности, дрейфу и допустимому уровню деградации сигнала) затронуты относительно кратко.
- Полученные в диссертации результаты имеют широкий потенциал применения для различных классов ВОИД и измерительных каналов спецназначения, однако эта масштабируемость в автореферате обозначена лишь в общих формулировках. Представляется, что

отдельного внимания заслуживает более предметное обсуждение того, какие элементы феноменологической модели являются универсальными для широкого класса ВОИД, а какие требуют перенастройки (и дополнительной валидации под конкретный тип датчика и режим эксплуатации). Такое уточнение помогло бы избежать некорректных трактовок результатов, особенно со стороны специалистов, не связанных непосредственно с разработкой волоконно-оптических систем.

- В автореферате не приведено обозначение аббревиатуры РНП.

9. Павленко Александр Валериевич, д.ф.-м.н., доцент, начальник отделения экспериментальной физики ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. акад. Е.И. Забабахина»:

- на рисунке 2а) (кривые 3, 4), рисунке 5 (кривые 3-6), 7а, 8 (кривые 1, 2, 4), на которых отображена информация о кинетике РНИ в волокнах после импульсного воздействия ИИ, представленные кривые носят немонотонный характер и имеют максимумы. Автор выдвигает предположение что «поскольку энергия образования РЦО довольно мала по сравнению с энергией воздействующего гамма-кванта, то требуется время для уменьшения этой энергии счёт процессов образования вторичных и последующих гамма-квантов, имеющих меньшую энергию, а также радиационного рассеивания энергии. Поскольку наряду с релаксацией РЦО идёт процесс образования новых центров, то зависимость РНП имеет немонотонный характер и на ней заметны точки перегиба». Действительно, подобная реакция волокна на радиационное воздействие не является характерной и заслуживает внимания. Автор первоначальный упор делает на временные процессы, связанные с рассеянием гамма-квантов, однако, ввиду того, что отмеченные и последующие процессы термализации вторичных электронов происходят за времена менее 10^{-12} с, что на несколько порядков меньше, чем регистрируемые в эксперименте, соответственно наблюдаемый эффект определяется другими процессами. Захват неравновесных носителей, образованных вследствие воздействия ИИ, на ловушки, перераспределение носителей между различными центрами захвата с образованием РЦО, может себя проявлять в виде роста РНП после окончания импульса воздействия, что справедливо отмечено автором. Для детального исследования данного эффекта необходима вариация длины волны зондирующего источника, вероятно, в тексте диссертации данный вопрос рассмотрен в достаточном объеме;

- обнаруженная реакция образцов СИОМ на воздействие импульса гамма-нейтронного излучения (рисунок 15, 6) объясняется резкой перестройкой кристаллической структуры волноводного слоя. При флюенсах нейтронов спектра деления в экспериментах -10^{13} н/см² количество смещённых в результате упругих взаимодействий атомов будет составлять -10^{15} шт/см³, при таких концентрациях структурных дефектов перестройка кристаллической структуры маловероятна. Возможно, наблюдаемая отложенная реакция СИОМ связана с ядерными реакциями тепловых нейтронов на атомах Li;
- в тексте автореферата присутствует ряд орфографических ошибок и неточностей, например: стр. 4 в положении № 3 пропущена буква в слове «деформацией»; стр. 5 в первой строке ошибка в слове «гамма-нейтронного»; стр. 5 в положении № 2 не нужен предлог «в» перед словосочетанием «короткоживущих РЦО»; стр. 18 в обозначении кривых на рисунке 4 не понятно какой номер относится к какой кривой; стр. 22 в названии рисунка 11 ошибка в слове «закрашены»; стр. 25 в названии рисунка 13 указана единица измерения мощности дозы «Гр» вместо «Гр/с»; по тексту автореферата поглощённая доза приводится то в единицах «Гр», то «рад», необходимо единообразие.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается общностью тематики исследования: *ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»* является одним из ведущих центров Российской Федерации в области исследований волоконно-оптических датчиков, компонентов и систем, в том числе, для космических применений; *Полисадова Елена Федоровна*, является признанным специалистом в области оптических легированных стекол, в том числе, редкоземельными ионами; *Филатов Юрий Владимирович*, известный специалист в области оптических гироскопов, лазерной интерферометрии, инерциальной навигации и метрологии; *Лагов Петр Борисович*, известный специалист в области исследования радиационной стойкости компонентов и приборов.

Официальные оппоненты и ведущая организация имеют широкую известность, высокую научную компетентность, значимые достижения в данной области науки и способны определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны научные основы прогнозирования радиационной стойкости компонентов оптического тракта волоконно-оптических

интерферометрических датчиков физических величин, а именно: суперлюминесцентный эрбиевый волоконный источник оптического излучения, многофункциональная интегрально-оптическая схема на монокристалле ниобата лития, а также чувствительный элемент на основе оптического волокна с сохранением поляризации излучения;

создана специальная методология испытаний радиационно-стойких изделий, максимально приближенных к условиям их эксплуатации;

обоснованы аналитические зависимости, определяющие закономерности влияния температуры, дозы в импульсе, уровня напряженно-деформированного состояния стекла сердцевины оптического волокна на процессы релаксации оптического волокна после воздействия ионизирующего излучения;

выявлены особенности и условия образования новых радиационных центров окраски;

выявлены критические компоненты оптического тракта, определяющие радиационную стойкость объекта исследования при непрерывном и импульсном воздействии ионизирующего излучения;

разработаны физические основы для промышленной технологии изготовления радиационно-стойких оптических компонентов интерферометрических датчиков физических величин;

разработана методология производства радиационно-стойких оптических волокон с нелегированной кварцевой сердцевиной с сохранением поляризации излучения и организовано их серийное производство;

полученные результаты могут быть **использованы** для проектирования радиационно-стойких датчиков и приборов на их основе, разработки математических моделей прогнозирования радиационного отклика волоконно-оптических компонентов при воздействии различных видов ионизирующего излучения, развития технологий изготовления радиационно-стойких оптических волокон и волоконно-оптических компонентов.

Оценка достоверности результатов исследования:

Достоверность результатов работы обеспечивается применением общепринятых научных подходов. В качестве отправной точки при выполнении работы использовались труды российских и зарубежных учёных, ведущих специалистов в предметной области исследований. Обоснованность представленных результатов обеспечивается проведением экспериментальных исследований с использованием аттестованного и поверенного контрольно-измерительного оборудования, применением современных методов обработки экспериментальных данных. Данные факторы, а также публикация полученных научных результатов в ведущих

научных журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых международными базами данных, и представление на всероссийских и международных конференциях служат подтверждением достоверности и обоснованности научных положений, выносимых на защиту.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

- выполнена разработка конструкции и проведены технологические исследования режимов изготовления радиационно-стойкого оптического волокна с нелегированной кварцевой сердцевиной, организация серийного производства радиационно-стойких оптических волокон на ПАО «ПНППК»;

- выполнена постановка задачи и проведена разработка методологии исследований радиационной стойкости элементов, позволяющие выявить компоненты, определяющие радиационную оптическую стойкость датчиков;

- разработаны программы и методики исследований, выполнены подбор облучательных установок, организация исследований и руководство их проведением при непосредственном участии в постановке и проведении экспериментов;

- предложены аналитические зависимости радиационно-наведённых потерь от влияющих факторов, позволяющие корректно описать радиационный отклик оптического волокна в напряженно-деформированном состоянии, проведены первичные расчеты и обработка результатов исследования, выполнены анализ и обобщение результатов исследования.

В ходе защиты были высказаны следующие **критические замечания**:

- В докладе необходимо было более четко расставить акценты, кто является автором идеи разделения вкладов при написании формулы аппроксимации радиационно-наведенных потерь для оптического волокна после воздействия импульсного излучения. Необходимо было указать, какой конкретный экспериментальный факт впервые позволил разделить кинетику процесса на две экспоненциальные части, и каков личный вклад соискателя в развитие данного подхода к описанию?

- В автореферате и диссертации автором используется большое число различных аббревиатур, причем некоторые из них не были расшифрованы по тексту, что затрудняет чтение этих документов.

Соискатель И.С. Азанова ответила на все задаваемые ей в ходе заседания вопросы, согласилась с замечаниями редакционного и стилистического характера и привела собственную аргументацию в отношении высказанных замечаний.

На заседании 04 июня 2026 г. диссертационный совет принял решение: за развитие системного подхода к экспериментальным исследованиям радиационной стойкости и создание феноменологического подхода,

позволяющего обеспечить достоверность прогнозирования и определения радиационной стойкости ключевых компонентов волоконно-оптических интерференционных датчиков, присудить Азановой Ирине Сергеевне ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **10** человек, из них **9** докторов наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния (физико-математические науки), участвовавших в заседании, из **13** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – **9**; против – **1**; недействительных бюллетеней – **нет**.

Председатель диссертационного
совета 24.2.358.03 доктор физико-
математических наук профессор

Демин Виталий Анатольевич

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.358.03, кандидат физико-
математических наук

Петухов Максим Иванович

04 июня 2026 г.

