

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Азановой Ирины Сергеевны «Радиационная стойкость волоконно-оптических компонентов интерферометрических датчиков физических величин», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния»

Диссертация И.С. Азановой посвящена исследованию радиационной стойкости компонентов волоконно-оптических интерферометрических датчиков (ВОИД), в первую очередь волоконно-оптического гироскопа (ВОГ), при воздействии непрерывного и импульсного ионизирующего излучения в широком диапазоне доз и температур. Данная тематика является актуальной, поскольку ВОИД активно применяются в различных системах мониторинга состояния объектов, в том числе тех объектов, которые характеризуются наличием требований по стойкости к воздействию ионизирующих излучений (ИИ): космических аппаратов, объектов использования атомной энергии, объектов военной и специальной техники.

Целью работы являлось установление основных физических закономерностей влияния ИИ и технологии изготовления волоконно-оптических компонентов на оптические свойства компонентов ВОИД в процессе и после облучения, разработка экспериментальных методов изучения влияния ИИ на радиационно-оптическую стойкость компонентов ВОИД, а также создание физических основ промышленной технологии радиационно-стойких компонентов для ВОИД. Особенностью рассматриваемой работы является то, что диссертант исследует не отдельный элемент, а комплекс волоконно-оптических компонентов ВОИД (волоконный контур на основе волокон типа «Панда» и изотропных волокон, активные волокна как автономно, так и в схеме суперлюминесцентного волоконного источника, интегрально-оптические схемы), причём в единых условиях облучения и контроля параметров, что крайне важно для задач испытательных и сертификационных центров. Диссертантом детально исследованы радиационно-индуцированные центры окраски, их спектральные и кинетические характеристики, влияние структуры стекла, легирования и внутренних напряжений на оптические свойства волокон. На этой основе построена физически обоснованная феноменологическая модель, позволяющая количественно описывать и прогнозировать поведение материалов и компонентов.

В диссертации получен ряд результатов, характеризующихся научной новизной, в частности:

- выявлены волоконно-оптические компоненты, определяющие радиационную стойкость ВОИД в условиях воздействия непрерывного и импульсного ИИ и получены сведения об уровнях их радиационной стойкости для фотонного (гамма- и тормозного) излучения, а также для гамма-нейтронного излучения;

- показано, что для оптических волокон с кварцевой сердцевиной чувствительность радиационно-наведенных потерь (РНП) при 1550 нм к уровню входной оптической мощности и уровню внутренних упругих напряжений в основном определяется радиационными центрами окраски (РЦО) с полосами поглощения 0,95 и 1,12 эВ;

- выявлены закономерности, связывающие релаксацию РНП после воздействия импульсного ИИ с дозой в импульсе, относительной продольной деформацией, температурой образца и входной оптической мощностью;

- показано, что радиационная стойкость волоконного контура ВОГ определяется внутренними упругими напряжениями в сердцевине волокна;

- выявлено образование короткоживущих РЦО на длине волны 1550 нм с временем жизни до 0,1 мс при воздействии импульсного ИИ на анизотропное оптическое волокно с германосиликатной сердцевиной;

- впервые измерены спектры пропускания в диапазоне от 900 до 1600 нм для миллисекундного диапазона после воздействия импульсного ИИ и установлено, что в анизотропных оптических волокнах с кварцевой сердцевиной в течение времени до 3 с после воздействия импульса гамма-нейтронного излучения происходит перераспределение РЦО, приводящее к снижению РНП в области  $\lambda > 1000$  нм и увеличению РНП в области  $\lambda < 1000$  нм.

С практической точки зрения особенно важным является то, что в работе доказана возможность численного прогнозирования деградации оптических волокон (как анизотропных, так и изотропных) при воздействии непрерывного и импульсного ионизирующего излучения в сочетании с температурным фактором, что напрямую связано с задачами планирования испытаний, оценки ресурса и обоснования требований к радиационной стойкости элементов систем специальной техники. Также важным является то, что результаты работы послужили основой для реализованной в ПАО «ПНППК» промышленной технологии серийного изготовления радиационно-стойких гироскопических оптических волокон с нелегированной кварцевой сердцевиной, с сохранением поляризации излучения и с высоким значением двулучепреломления.

Результаты диссертационного исследования надлежащим образом доведены до научного сообщества путем докладов на российских и международных конференциях и семинарах, а также опубликования 37 научных работ, из которых 11 статей опубликованы в изданиях, входящих в базы Scopus и Web of Science, 5 статей опубликованы в журналах из перечня ВАК, 19 работ — в сборниках научных конференций и тезисов докладов. Также по результатам диссертации были получены 2 патента.

В качестве замечания по изложенному в автореферате материалу следует указать на то, что 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. Однако, указанное замечание несколько не снижает теоретическую и практическую ценность диссертации и не влияет на её высокую оценку в целом.

Диссертационная работа И.С. Азановой «Радиационная стойкость волоконно-оптических компонентов интерферометрических датчиков физических величин» является завершённой научно-квалификационной работой высокого уровня, в которой:

- проведено комплексное исследование радиационной стойкости волоконно-оптических компонентов ВОИД в условиях непрерывного и импульсного ионизирующего излучения и различных температур;

- установлены физические закономерности формирования и релаксации радиационно-наведённого поглощения в оптических волокнах различного типа;

- построена феноменологическая модель, позволяющая численно прогнозировать деградацию и восстановление волокон (как анизотропных, так и изотропных) при различных режимах ИИ и температурных условиях, что делает её важным инструментом для испытательных и проектных организаций;

- разработаны физические основы промышленной технологии радиационно-стойких волокон, реализованные в виде серийной продукции.

Содержанием и уровнем полученных результатов диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния». Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Азановой Ирины Сергеевны «Радиационная стойкость волоконно-оптических компонентов интерферометрических датчиков физических величин» является завершённой научно-квалификационной работой, соответствует паспорту заявленной научной специальности и требованиям п.п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции от 16 октября 2024 г.), а её автор, Азанова Ирина Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния».

Отзыв подготовил

Таперо Константин Иванович

04 мая 2026 года

Доктор технических наук, с.н.с,  
заместитель генерального директора по науке и инновациям Акционерного общества «Научно-исследовательский институт приборов» (предприятие Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»)

Адрес: 140080, Московская обл., г. Лыткарино, промзона Тураево, строение 8.

Телефон (рабочий): 8-495-663-90-95.

Адрес электронной почты: [kitapero@niipribor.ru](mailto:kitapero@niipribor.ru)

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

Я, Таперо Константин Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

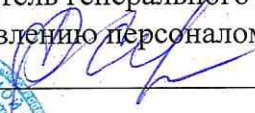
«04» мая 2026 г.

/ Таперо К.И. /

Подпись д.т.н. Таперо К.И. заверяю:

Заместитель генерального директора АО «НИИП»

по управлению персоналом

 / Л.А. Чернякова

