

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.04

Повестка дня:

Защита диссертации **Алексеевым Александром Сергеевичем**

на соискание ученой степени кандидата технических наук:

"Разработка и исследование первичных оптико-волоконных преобразователей для автоматизированной системы радиационного контроля и управления"

Специальность:

05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Официальные оппоненты:

Тимошенко Сергей Петрович, доктор технических наук, профессор, директор Института нано- и микросистемной техники Национального исследовательского университета «МИЭТ», г. Зеленоград

Антонец Иван Васильевич - доктор технических наук, доцент, профессор кафедры авиационной техники ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева»

Ведущая организация - Ульяновский филиал ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.04

от 29 сентября 2021 года

на заседании присутствовали члены Совета:

1.	Ярушкина Н.Г., председатель Совета	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
2.	Киселев С.К. зам. председателя Совета	д.т.н., доцент	05.13.05	- технические науки
3.	Наместников А.М., ученый секретарь Совета	д.т.н., доцент	05.13.12	- технические науки
4.	Браже Р.А.	д.ф.-м.н., профессор	05.13.05	- технические науки
5.	Васильев К.К.	д.т.н., профессор	05.13.01	- технические науки
6.	Дьяков И.Ф.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
7.	Епифанов В.В.	д.т.н., доцент	05.13.12	- технические науки
8.	Клячкин В.Н.	д.т.н., профессор	05.13.01	- технические науки
9.	Крашенинников В.Р.	д.т.н., профессор	05.13.01	- технические науки
10.	Курганов С.А.	д.т.н., доцент	05.13.05	- технические науки
11.	Негода В.Н.	д.т.н., доцент	05.13.12	- технические науки
12.	Пиганов М.Н.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
13.	Самохвалов М.К.	д.ф.-м.н., профессор	05.13.05	- технические науки
14.	Светухин В.В.	д.ф.-м.н., профессор	05.13.05	- технические науки
15.	Сергеев В.А.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
16.	Смирнов В.И.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
17.	Ташлинский А.Г.	д.т.н., профессор	05.13.01	- технические науки

Председатель Совета
д.т.н., профессор

Ученый секретарь Совета
д.т.н., доцент



Н.Г. Ярушкина

А.М. Наместников

Председатель

Уважаемые коллеги!

На заседании диссертационного Совета Д212.277.04 из **23** членов Совета присутствуют 17 человек. Необходимый кворум имеем.

Членам Совета повестка дня известна. Какие будут суждения по повестке дня? Утвердить? (принято единогласно).

По специальности защищаемой диссертации **05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»** (технические науки) на заседании присутствуют 8 докторов наук.

Наше заседание правомочно.

Председатель

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **Алексеевым Александром Сергеевичем** по теме: "Разработка и исследование первичных оптико-волоконных преобразователей для автоматизированной системы радиационного контроля и управления".

Работа выполнена в Ульяновском государственном университете

Научный руководитель - д.ф.-м.н., профессор Светухин В.В.

Официальные оппоненты:

Тимошенко Сергей Петрович, доктор технических наук, профессор, директор Института нано- и микросистемной техники Национального исследовательского университета «МИЭТ», г. Зеленоград

Антонец Иван Васильевич - доктор технических наук, доцент, профессор кафедры авиационной техники ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева»

Присутствует оба оппонента, один из которых в интерактивном режиме.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от них были своевременно получены.

Ведущая организация – **Ульяновский филиал ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук.**

Слово предоставляется **Ученому секретарю** диссертационного Совета д.т.н. **А.М. Наместникову Д212.277.04** для оглашения документов из личного дела соискателя.

Ученый секретарь

Соискателем **Алексеевым Александром Сергеевичем** представлены в Совет все необходимые документы для защиты кандидатской диссертации (зачитывает):

- заявление соискателя;
- копия диплома о высшем образовании (заверенная);
- справка об обучении в аспирантуре;
- заключение по диссертации от организации, где выполнялась работа;
- отзыв научного руководителя;
- диссертация и автореферат в требуемом количестве экземпляров.

Все документы личного дела оформлены в соответствии с требованиями Положений ВАК.

Основные положения диссертации отражены **Алексеевым А.С.** в **27** научных работах, в т.ч. в **6** статьях в изданиях из перечня ВАК, **3** публикациях индексируемых Scopus, получено **5** патентов. Соискатель представлен к защите **30.06.2021 г.** (протокол №3). Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ **13.07.2021 г.**

Вся необходимая информация по соискателю внесена в ФИС ГНА.

Председатель

Есть ли вопросы по личному делу соискателя к ученому секретарю Совета? (Нет).

Есть ли вопросы к **Алексееву А.С.** по личному делу? (Нет).

Александр Сергеевич, Вам предоставляется слово для изложения основных положений Вашей диссертационной работы.

Добрый день уважаемые члены совета, официальные оппоненты, все присутствующие! Спасибо за предоставленное слово!

Начну свой доклад с того, что в настоящее время на предприятиях атомной отрасли и в ядерной медицине, в связи с повышением требований к радиационной безопасности и появлением новых радиационных объектов, требуется внедрение новых типов преобразователей и систем на их основе.

Существующие преобразователи имеют ряд известных недостатков. Касательно ионизационных камер – это деградация полупроводниковых устройств счета электрических импульсов, которые поэтому должны быть разнесены с радиационными датчиками. Таким образом, расстояния от измерительного блока до датчиков значительно ограничены. Также требуются специальные решения для повышения электромагнитной

помехозащищенности данных преобразователей. Относительно оптико-волоконных преобразователей на основе Брэгговских решеток как альтернативного варианта. Тут набор уже других недостатков, в частности: они чувствительны к механическим деформациям, температурно-зависимы, не позволяют проводить измерения в реальном времени, имеют высокий порог чувствительности, существует необходимость применения сложных методов анализа спектрометрических характеристик.

В связи с этим перспективным направлением видится использование оптико-волоконных преобразователей на основе специальных волокон, которые имеют следующие преимущества: возможность детектирования различных видов радиационного излучения в реальном времени, удаленно. Такие датчики обладают высокой помехозащищенностью, а также позволяют создавать преобразователи различных геометрических конфигураций. Также такие датчики не требуют электрического питания.

Исходя из описанной проблематики, поставлена цель: разработать и исследовать новые оптико-волоконные преобразователи радиационного излучения с улучшенными эксплуатационными характеристиками, в том числе с расширенными функциональными возможностями, позволяющими определять мощность дозы гамма-радиационного излучения, активность и положение бета-радиационных источников для применения в многоканальных автоматизированных системах радиационного контроля и управления.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- разработка, моделирование и экспериментальные исследования нового первичного оптико-волоконного преобразователя для измерения активности радиационных источников бета-излучения;
- разработка, моделирование и экспериментальные исследования нового первичного оптико-волоконного преобразователя для измерения мощности дозы радиационного гамма-излучения;
- разработка, моделирование и экспериментальные исследования нового первичного оптико-волоконного преобразователя для определения положения точечного радиационного источника бета-излучения;
- разработка многоканальной системы радиационного контроля и управления с использованием новых первичных оптико-волоконных преобразователей в качестве элементов системы с возможностью расширения функционала за счет подключения дополнительных волоконных преобразователей.

Первое положение, выносимое на защиту, формулируется следующим образом: оптимизированная по максимуму чувствительности, предложенная конструкция нового первичного оптико-волоконного преобразователя на базе сцинтилляционного волокна с чувствительностями 1,96 имп./мКи/с, 45,3 имп./мКи/с, 6,27 имп./мКи/с к энергетическим спектрам излучения радиоизотопов ^{63}Ni , ^{89}Sr , ^{90}Sr соответственно позволяет проводить измерения мощности оптического сигнала, наведенного источником радиационного излучения, а его численная модель позволяет определить калибровочную функцию и интерпретировать результаты измерения мощности оптического сигнала в единицы активности в диапазоне 0-100 мКи.

В основе конструкции предложенного оптико-волоконного преобразователя для определения активности радиационных источников ле-

жит сцинтилляционное волокно. Кратко рассмотрим физический принцип его взаимодействия с радиационным излучением. Под воздействием ионизирующего излучения в сцинтиллирующей сердцевине оптического волокна генерируются оптические фотоны, которые формируют два противоположно направленных потока и мощность оптического излучения в сцинтилляционном волокне в этом случае пропорциональна уровню радиационного бета-излучения. Как правило, сцинтилляционное волокно, если кратко описывать конструкцию, содержит сцинтиллирующую сердцевину, оптическую оболочку, одну или несколько, и дополнительный поглотитель для повышения уровня полного внутреннего отражения и сокращения оптических потерь. Одной из ключевых характеристик сцинтилляционного волокна является сцинтилляционная эффективность – это количество оптических фотонов, которое приходится на 1МэВ поглощенной в волокне энергии. На слайде показано изображение образца такого преобразователя и собственно его конструкция. Рассмотрим конструкцию оптико-волоконного преобразователя. Показано, как я уже говорил, сцинтилляционное волокно, уложенное по спирали внутри цилиндрического отверстия в корпусе оптико-волоконного преобразователя. Для нахождения наиболее эффективного варианта конструкции применялось предварительное моделирование, которое состояло из двух последовательных шагов: вычисление поглощенной энергии в сцинтилляционном волокне, а затем на основе полученного значения вычислялось количество оптических фотонов, которое может быть зарегистрировано на входе счетчика фотонов с учетом всех потерь в транспортном волокне. На первом этапе применялись численные методы, а именно: численный метод Монте-Карло. Вкратце процесс моделирования можно описать следующим образом: генерируется частица с заданной энергией и направлением движения, далее рассчитывается длина свободного пробега до следующего взаимодействия, причем взаимодействие разыгрывается на основе знания сечений или по-другому вероятностей. В процессе моделирования учитывались сечения взаимодействия ионизации, тормозного излучения, упругого рассеяния. Была реализована расчетная программа, работающая по следующему алгоритму, на выходе которой мы получаем калибровочную функцию оптико-волоконного преобразователя. Применение модели позволило оптимизировать конструкцию, а точнее, выбрать наиболее эффективный вариант конструкции на основе результатов расчета. Анализировалась геометрическая конфигурация сенсорного элемента в зависимости от количества витков спирали. В результате были получены зависимости, в соответствии с которыми наиболее эффективный вариант конструкции реализуется в случае применения геометрической конфигурации сенсорного элемента с количеством витков равным десяти. Далее были проведены экспериментальные исследования образца преобразователя с использованием радиационных источников на основе радиоизотопов никеля и стронция: ^{63}Ni , ^{89}Sr , ^{90}Sr . Полученные результаты сравнивались с результатами моделирования. В конечном итоге было получено хорошее соответствие экспериментальных и расчетных данных. В заключение по этому преобразователю хочется сказать, что особенность его и преимущество заключается в том, что он позволяет прямым методом определять активность источника радиационного излучения.

Положение 2, выносимое на защиту, формулируется следующим образом: оптимизированная по максимуму чувствительности, предложенная конструкция нового первичного оптико-волоконного преобразова-

теля с использованием комбинированного сенсорного элемента на базе пластикового сцинтиллятора и спектросмещающего волокна с чувствительностью $3,23 \cdot 10^5$ имп./мГр к рентгеновскому и радиационному гамма-излучению позволяет проводить измерения мощности оптического сигнала, наведенного источником радиационного излучения, а его численная модель позволяет определить калибровочную функцию и интерпретировать результаты измерения в единицы мощности дозы гамма-излучения в диапазоне 0-17 мГр/с.

Конструкция оптико-волоконного преобразователя представлена на слайде, здесь используется уже спектросмещающее волокно в основе конструкции и пластиковый сцинтиллятор. Указанное волокно уложено по спирали внутри пластикового сцинтиллятора. Таким образом, оптические фотоны, сгенерированные под действием радиационного излучения в пластиковом сцинтилляторе, попадают в спектросмещающее волокно, где происходит сдвиг спектра оптического излучения в сторону спектра, который согласуется с входным спектром чувствительности фотодетектора. Здесь также применялось численное моделирование на основе метода Монте-Карло, учитывались Комптоновское рассеяние, фотоэффект, эффект образования позитрон-электронных пар, сцинтилляционный эффект, спектросмещающий эффект, оптические отражение и преломление. Выходным параметром является количество оптических фотонов на выходе преобразователя. Далее рассчитывается с учетом оптических потерь количество фотонов дошедших до счетчика фотонов. Модель также позволяет определить калибровочную функцию преобразователя как видно из блок-схемы алгоритма. Для этого преобразователя также был произведен поиск наиболее эффективного варианта конструкции. И получилось, что для варианта геометрической конфигурации спектросмещающего волокна с десятью витками спирали достигалась максимальная крутизна функции чувствительности преобразователя. Для образца преобразователя были проведены экспериментальные исследования с использованием радиационных источников на базе ^{60}Co , а также рентгеновского излучения. Вкратце опишу методику экспериментальных исследований: под пучок радиационного источника на базе ^{60}Co укладывался образец волоконного преобразователя, а мощность дозы от источника регулировалась наложением специальных поглощающих пластин. Таким образом, количество ослабляющих пластин было пропорционально величине мощности дозы радиационного излучения. Предварительно, такую же процедуру удалось выполнить для поверочного калибровочного дозиметра. И, таким образом, мы получили две зависимости: экспериментальную, полученную на основе откалиброванных данных и расчетную, полученную с помощью модели. Как видно, здесь также результаты находятся в хорошем соответствии.

Третье положение, выносимое на защиту, формулируется следующим образом: предложенная конструкция нового оптико-волоконного преобразователя на основе эффекта ослабления оптического сигнала в волокне с чувствительностью 0,0219 см⁻¹ позволяет проводить измерения мощностей оптических сигналов, наведенных точечным источником радиационного бета-излучения, а его математическая модель позволяет интерпретировать результаты измерений мощностей оптических сигналов на выходах преобразователя в значения координаты при длине сенсорного элемента до 5м.

Конструкция предложенного оптико-волоконного преобразователя представлена на слайде. Преобразователь представляет собой отрезок

сцинтилляционного волокна, заложенного в оболочку с внутренней отражающей поверхностью. Предлагается математическая модель, на основе которой становится возможным определить положение радиационного источника. А суть ее заключается в следующем: для сцинтилляционного волокна известны законы ослабления оптического сигнала, по отношению значений мощностей оптических сигналов на выходах волокна получается определить положение радиационного источника. Экспериментальные исследования макета такого преобразователя подтвердили возможность проведения таких измерений. В данном случае мы видим линейную зависимость положения радиационного источника от логарифма отношений мощностей оптических сигналов на выходах волокна.

Заключительное положение, выносимое на защиту, звучит следующим образом: предложенная новая многоканальная оптико-волоконная система радиационного контроля и управления, включающая первичные волоконные преобразователи мощности дозы радиационного излучения, активности и положения радиационных источников с унифицированными оптическими интерфейсами обеспечивает возможность расширения функционала за счет подключения новых элементов (первичных волоконных преобразователей) и определения для них специальных калибровочных функций на основе численных и математических моделей.

Структурная схема системы представлена на слайде. Мы видим оптико-волоконные преобразователи, которые находятся в зоне воздействия радиационного излучения, оптический коммутатор, с которым соединяются преобразователи посредством транспортных волокон, счетчик фотонов, микроконтроллерную систему, которая управляет коммутатором, и персональный компьютер, на котором установлено специальное программное обеспечение, позволяющее интерпретировать и обрабатывать данные поступающие с датчиков. Здесь же блок управления исполнительными механизмами и сигнализацией, который позволяет на основе заданных изначально уровней и измерительной информации, полученной с преобразователей вырабатывать сигналы управления сигнализацией различными механическими исполнительными механизмами, запорными механизмами, сигнальными устройствами. Особенность системы заключается в том, что функциональное назначение преобразователей определяется программно на основе численных и математических моделей, что позволяет использовать часть преобразователей в качестве опорных в каких-то ситуациях, переназначать функцию преобразователя в каком-то необходимом случае. Предположим, на основе спектросмещающего волокна преобразователь может выполнять функцию измерения активности радиационных источников, в каком-то случае мощности дозы. Как раз на слайде представлена блок-схема алгоритма работы программного обеспечения и показан этот участок. Следует отметить, что все предложенные оптико-волоконные преобразователи были реализованы в экспериментальных образцах, предложенная оптико-волоконная система также была реализована в экспериментальных образцах, причем система реализована в стоечной версии, а также в портативной версии. И вот на слайде как раз приведены изображения образцов предложенной оптико-волоконной системы. Практическая значимость работы заключается в том, что были разработаны заявленные оптико-волоконные преобразователи мощности дозы, активности и положения радиационных источников, а также автоматизированная система радиационного контроля и управления на

основе предложенных преобразователей. Далее список опубликованных работ. Как уже говорилось, по теме исследования было опубликовано 27 работ. Спасибо за внимание! У меня все. Жду вопросов!

Председатель

У кого есть вопросы к соискателю?

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Александр Сергеевич, плакат номер 7, пожалуйста. Здесь у Вас метод Монте-Карло. Поподробнее, что здесь Вы этим методом получили?

Соискатель

С помощью численной модели для оптико-волоконного преобразователя с использованием метода Монте-Карло на первом этапе была получена энергия, поглощенная в волокне.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Опишите поподробнее что Вы делали? С помощью метода Монте-Карло разыгрывается какое-то случайное явление? Вы много раз это делаете и какую-то статистику набираете? Например, среднее значение, вероятность и так далее. Что Вы там моделировали то? Какие случайности?

Соискатель

Здесь случайным образом разыгрываются типы взаимодействий.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Что разыгрывается?

Соискатель

Разыгрываются типы взаимодействий по пути следования частицы.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Типы взаимодействий?

Соискатель

В данном случае это может быть, например, взаимодействие ионизации или фотоэффект. Рассчитываются потери энергии при каждом взаимодействии в оптическом волокне для каждой траектории движения частиц.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

А траектория случайна?

Соискатель

Да, траектории движения частиц разыгрываются тоже случайным образом. Длина свободного пробега – это длина пробега частицы между двумя взаимодействиями.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

И какая статистика при этом набирается?

Соискатель

В данном случае меня интересовала величина поглощенной энергии в сцинтилляционном волокне.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Для такой-то траектории такая энергия поглотилась, для другой – такая, и по множеству траекторий определялась суммарная энергия? Сколько было траекторий?

Соискатель

Да, верно. Здесь – порядка 10^6 траекторий.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Очень много! Что Вы брали? Среднее значение?

Соискатель

Для заявленной активности находилась суммарная потеря частицами энергия в волокне, и дальше рассчитывалось уже пропорциональное количество оптических фотонов.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Так, теперь, мне непонятна формула на плакате 7. Что это за интеграл? T – это энергия, значит интегрирование ведется по энергии. Что такое $d\sigma/dt$?

Соискатель

Производная сечения по энергии.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

У вас в числителе должна быть функция от этого T , T – это энергия, значит производная по величине энергии от чего?

Соискатель

Здесь σ_s – полное сечение взаимодействия. Сечение зависит от энергии. Сечение имеет геометрический смысл.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

В числителе и знаменателе у вас энергия, получается их можно сократить?

Соискатель

Да, они сокращаются, получается нужная размерность.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Получается у Вас интеграл по этому сечению взаимодействия?

Соискатель

Да, размерность соответствует геометрическому смыслу сечений.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

И σ ?

Соискатель

Да, здесь получается, что в числителе и знаменателе размерности энергии, они сокращаются.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Ну, в знаменателе та же самая размерность. Значит, это отношение — безразмерное.

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Теперь, $\sigma_s(T)$?

Соискатель

$\sigma_s(T)$ имеет размерность сечения. Получается, слева — размерность сечения, справа — размерность сечения.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Смотрите как, интеграл в числителе, интеграл в знаменателе, они отличаются только отрезками интегрирования?

Соискатель

Да, так.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

В знаменателе от $0,1$ эВ до T_{\max} , в числителе от T_c до T_{\max} . Неясно, что такое T_c ?

Соискатель

T_c — это энергетический порог, при котором возможно взаимодействие ионизации.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

$0,1$ эВ — это тоже порог?

Соискатель

$0,1$ эВ — это нижний энергетический порог, доступный в базе.

д.т.н., профессор Крашенинников В.В.

А T_c еще раз?

Соискатель

T_c — это энергетический порог, при достижении которого происходит взаимодействие ионизации.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

T_c больше $0,1$ эВ?

Соискатель

Да, конечно, больше.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

То есть отношение интегралов меньше единицы, так?

Соискатель

Да, так. Смысл в том, что есть экспериментальная база сечений и для нее энергетический порог, для которого доступны данные о сечениях, составляет 0,1 эВ.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Ладно, а как эти интегралы удалось вычислить?

Соискатель

Для вычисления интегралов я использовал специальный пакет Geant4.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Хорошо, вот эта функция производная $d\sigma/dt$? Откуда Вы ее взяли?

Соискатель

Все это реализуется внутренними средствами пакета Geant4.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Чтобы вычислить интеграл, нужно же туда что-то вставить?

Соискатель

Не могу Вам точно описать механизм, описания функций включены в Geant4, используются специальные классы.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Хорошо. А функция σ зависит от T . Вы должны в эту программу это функцию внести. Вы ее где взяли?

Соискатель

Здесь реализация средствами пакета. Есть понятно, что, данные: сечения, производные и в классе пакета реализуется данный расчет.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Есть пакет, который там что-то вычисляет, чтобы он там что-то вычислял ему нужно подынтегральные функции задать. Таблично или как-то аналитически. Функция σ должна быть снаружи этого пакета задана?

Председатель

Но это же не пакет численного интегрирования?

Соискатель

Это специализированный пакет, в котором использовались встроенные функции. Реализация этих вещей зашита внутри классов пакета. Geant4 – пакет, который содержит численные модели, это специализированный пакет для расчета радиационных взаимодействий.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

У меня несколько вопросов. Первый вопрос такой: вот Вы предлагаете новый преобразователь на основе волоконно-оптической специализированной линии. Какова долговечность работы таких преобразователей?

Соискатель

Здесь имеет смысл сравнивать электронные полупроводниковые устройства, по сравнению с ними оптическое волокно гораздо более радиационно-стойкое и гораздо более долговечное.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

Как долго он выдерживает в системе непрерывно?

Соискатель

Здесь все зависит от энергетического спектра источника, от мощности дозы.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

При тех мощностях доз и тех активностях, которые Вы использовали?

Соискатель

Здесь в принципе относительно невысокие энергии, где-то порядка 10 лет.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

А полупроводниковые?

Соискатель

Обычно год или два, для оборудования, установленного в каньонах.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

Но статистики нет?

Соискатель

Нет статистики, но есть практический опыт, я знаю, что для линейных ускорителей в каньонах такие сроки жизни.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

Следующий вопрос у меня такой: откройте десятый слайд, пожалуйста. Погрешности как находились? Количества импульсов, активностей?

Соискатель

Погрешность считалась по методике, описанной в ГОСТе для многократных измерений.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

Вы импульсы чем считали?

Соискатель

Использовался счетчик фотонов.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

У него там своя погрешность, наверное?

Соискатель

В качестве погрешности бралась скорость темнового счета порядка 10 имп./с.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

Тут они так и есть?

Соискатель

Не совсем так.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

А как? Чем больше активность, тем погрешность в количестве импульсов больше или меньше?

Соискатель

Не совсем так правильно и корректно сравнивать, энергетические спектры источников разные и функции чувствительности разные.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

Но Вы вот заложили 10 имп./с и все? И везде погрешность такая?

Соискатель

Нет, здесь погрешность на самом деле больше. Я как фактор систематической погрешности заложил такую паспортную величину.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

А по оси абсцисс, откуда погрешность взялась? У вас здесь разные источники ^{63}Ni , ^{89}Sr , ^{90}Sr , так? А почему у ^{90}Sr погрешность больше?

Соискатель

В процессе экспериментальных исследований разброс значений для каждой точки активности был выше. Для каждого значения активности радиационного источника проводились многократные измерения, для ^{90}Sr получился больший разброс по сравнению с ^{63}Ni и ^{89}Sr .

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

Счетчик везде один и тот же был? А почему погрешность разная? Какое у вас было число измерений в каждой точке?

Соискатель

5 измерений в точке.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

Усредненное по пяти, среднеквадратичное, умноженное на коэффициент Стьюдента?

Соискатель

Да, верно. Методика вычисления погрешностей подробно описана в диссертации.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.
12-й слайд покажите. Сечение рассеяния на атом $\sigma(Z, E\gamma)$. Это в чем?

Соискатель
В барнах на атом.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.
 Z – безразмерная величина, а $F(X)$?

Соискатель
Спасибо за вопрос. Здесь размерность скрыта в параметрах, которые подбираются.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.
Параметры a, b, c размерны?

Соискатель
Все верно.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.
А сама функция $F(X)$?

Соискатель
Это некое обозначение для оптимизации формулы.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.
А эти параметры табличные, Вы говорите? Они не подгоночные, значит они откуда-то берутся?

Соискатель
Они берутся в Geant4 из эмпирических библиотек.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.
Они у каждого химического элемента свои?

Соискатель
Именно так.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.
Меня заинтересовал график на 16 странице. Слева зависимость $\ln(N1/N2)$ от координаты, а справа те же точки, фактически, даны наоборот в развернутом виде, зависимость координаты от $\ln(N1/N2)$.

Соискатель
Мне было интересно оценить функцию чувствительности преобразователя, калибровочная функция является обратной к функции чувствительности. По сути согласен с Вами, можно один из этих графиков использовать.

д.т.н., профессор Васильев К.К.
21-й плакат, Александр Сергеевич. Вы утверждаете, что это система управления, потому что система контроля в эту специальность

не входит. У вас должны быть элементы системы управления. Что Вы понимаете под системой управления?

Соискатель

Я говорю, что генерируются управляющие сигналы, есть датчики и на сравнении каких-то пороговых значений и полученных данных можно вырабатывать сигналы для управления исполнительными устройствами.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

То есть заслонкой или дверью, например?

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Но это все-таки не система управления в том, понимании, которая есть в специальности. То, что у вас звонит сигнал и всем предлагает эвакуироваться – это система контроля, но никак не система управления. Почему я хочу акцентировать: по смыслу этой специальности Ваши датчики должны улучшить качество системы управления. Показатели системы управления должны стать лучше, и вы должны это доказать. Вот насколько улучшается работа системы управления при использовании Ваших замечательных датчиков. Мне они очень понравились. Но я не вижу систему управления, куда Вы их можете встроить. Помогите мне решить эту задачу.

Соискатель

Предлагаемая система помогает решить проблему автоматизации, к примеру, обеспечения безопасности на предприятиях атомной отрасли. Те мероприятия, которые раньше проводились вручную организационным путем, теперь на основе показаний датчиком можно автоматизировать и тем самым улучшить процесс.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Я думаю, Вы не сможете мне здесь помочь, потому что я пытался это сделать, но я не смог придумать такую систему управления. Может быть изменять интенсивность излучения или еще что-то, вот туда надо замыкание делать. Где-то поддержка уровня излучения и тогда получится система управления. А сейчас, как она у Вас нарисована, все-таки это система контроля. И еще один момент: вот у Вас в Ваших выводах, Вы должны были показать насколько лучше Ваши датчики по сравнению с существующими. Какие-то выигрыши, понимаете? Показатели, качества тех датчиков, которые Вы предложили по сравнению с теми аналогами, которые используются сегодня. Какие Вы можете цифры привести по сравнению с чем известным? Насколько выигрывают Ваши датчики? У Вас только диапазоны прописаны.

Соискатель

Я поясню касательно датчика активности: на данный момент активность радиационных источников определяется компараторным методом с использованием эталонных источников. Датчиков, позволяющих прямым методом определять активность источников, на данный момент нет. Сравнить количественно достаточно сложно. Поэтому здесь

скорее качественно можно сказать, что оптическое волокно обладает лучшей электромагнитной помехозащищенностью, радиационной стойкостью, долговечностью, позволяет мультиплексировать преобразователи, мониторировать большие площади. Вот такое качественное сравнение.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Сейчас же используются какие-то датчики в этих же системах?

Соискатель

На данный момент используется компараторный метод, берется преобразователь, который калибруется по эталонному радиационному источнику и так далее. Но здесь это заложено в самой модели, с помощью модели можно определить активность радиационного источника напрямую.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Это понятно. Я представляю, как Ваши замечательные датчики работают, это намного лучше чем обычная аппаратная реализация? По весу, по надежности, по долговечности. Цифры какие-то нужно привести.

Соискатель

Дело в том, что чувствительность преобразователей сложно сравнивать, потому что чувствительность у каждого преобразователя своя. Можно сравнивать только эксплуатационные характеристики. Для численного сравнения нужно обладать теми же условиями эксперимента, нужно брать датчики и в тех же условиях экспериментальных условиях сравнивать их характеристики. По поводу эксплуатационных характеристик из-за очевидных, как мне кажется, нативных свойств оптического волокна следуют их преимущества: радиационная стойкость, электромагнитная помехозащищенность, долговечность, стоимость.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Александр Сергеевич, цифры нужны. По стоимости или по долговечности.

Соискатель

По стоимости в том числе.

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Что-то такое нужно обязательно сделать. Это обязательно, Вы же технические науки защищаете. Все спасибо.

д.т.н., профессор Пиганов М.Н.

Скажите, пожалуйста, вот у Вас ионизирующий импульс, с помощью него Вы генерируете излучение и используете его для контроля. Частотный диапазон излучения какой?

Соискатель

Для бета или гамма-излучения?

д.т.н., профессор Пиганов М.Н.

Для бета и гамма, это разрешенный диапазон или нет?

Соискатель

Для бета-облучения низкоэнергетические источники использовались, для гамма-облучения — ^{60}Co с энергиями до 1 МэВ.

д.т.н., профессор Пиганов М.Н.

Понятно. Спасибо.

д.т.н., профессор Смирнов В.И.

Откройте, пожалуйста, 11 плакат. У Вас в каждом положении выделено, что калибровочные функции преобразователей получаются из анализа моделей. Понимаете, если результаты зависят от корректности Вашей модели, прибор и логика прибора должны опираться либо на какие-то откалиброванные эталонные источники радиационного излучения, либо какие-то приборы с известными характеристиками, которые можно признать как эталонные. Может быть я не понял, может быть это для того, чтобы показать важность Вашей модели, а реально Вы все-таки использовали какие-то эталонные источники?

Соискатель

Для преобразователя бета-излучения я использовал эталонные радиационные источники, точнее там использовались радиационные источники с известной активностью, активность которых определялась на основе эталонных. Экспериментальные исследования проводились с помощью этих источников. Результаты моделирования как раз сравнивались с экспериментальными данными.

д.т.н., профессор Смирнов В.И.

Тогда все-таки калибровка производилась с использованием эталонных источников?

Соискатель

Да, калибровочные функции, полученные из экспериментальных исследований, сравнивались с результатами расчета.

д.т.н., профессор Смирнов В.И.

Следующий вопрос по поводу радиационной стойкости: есть элементы из полупроводниковой линейки, которые являются радиационно-стойкими. Может быть, если взять их срок отработки никаких проблем не будет. Вот эти цифры, которые Вы назвали, эти 10 лет, те 1-2 года чем-то надо подтверждать. Если есть какие-то реальные исследования, пусть не Ваши, тогда нужно сослаться и сказать, что эти волокна, их характеристики меняются на 1% за 10 лет. Ничего этого нет, Вы так с потолка сказали. Сразу третий вопрос: какова судьба Вашего комплекса? Я как понимаю был какой-то проект, заказ какой-то? Вы сделали, реализовали, дальше что?

Соискатель

Дальше по этому комплексу идут научно-исследовательские работы. Выполнялись научно-исследовательские работы по этой же тематике, мои результаты были как раз там использованы.

д.т.н., профессор Смирнов В.И.

Просто хороший комплекс, очень даже хороший. А по поводу радиационной стойкости что-то можете добавить?

Соискатель

По поводу радиационной стойкости: все-таки полупроводниковые приборы уступают, оптические волокна – это другой класс. Очевидно, что полупроводниковые приборы должны уступать по радиационной стойкости волокну. По поводу исследований – да, это может быть предметом дальнейших исследований.

д.т.н., профессор Смирнов В.И.

Для вас это важно, первичный преобразователь. Обычно волокна под землей лежат, никто на них внимание не обращает, а здесь они под серьезным влиянием радиации. Спасибо.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

Смотрите, у Вас в первом и втором положениях встречается конструкция нового оптико-волоконного преобразователя, при чем в обоих положениях указано, что она оптимизирована по максимуму чувствительности. Какие параметры Вы в ваших преобразователях изменяли для того, чтобы достичь этого максимума?

Соискатель

Здесь изменялась геометрическая конфигурация сенсорного элемента: либо сцинтилляционного волокна, либо спектросмещающего. Чувствительная спираль содержит некоторое количество витков, это количество менялось в процессе моделирования и рассчитывалась функция чувствительности. Здесь, конечно, нужно сказать, что есть такой эффект ослабления оптического сигнала в волокне, поэтому количество витков больше значения 10 в данном случае нет смысла увеличивать, так как там уже преобладает эффект ослабления, в связи с тем, что увеличивается длина оптического волокна. Дальнейшее наращивание количества витков не приводит уже к повышению эффективности конструкции.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

Вы говорите, что для 10 витков достигается максимум чувствительности? А для спектросмещающего волокна?

Соискатель

Да, для 10 витков. Для спектросмещающего волокна так совпало, что получилось также 10 витков.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

И там, и там – витки. Витками описывается длина волокна. Вы говорите: витки. Но витки могут быть разного диаметра.

Соискатель

Да, здесь все-таки речь о длине оптических волокон.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

Витки здесь ни при чем. Мы можем вытянуть витки в линию?

Соискатель

Да, так.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

А 10 витков это по длине сколько? 100м? 2км?

Соискатель

Порядка 5 м для сцинтилляционного волокна.

д.т.н., доцент Киселев С.К.

Тогда правильнее было использовать длину как параметр.

Соискатель

Согласен.

д.т.н., доцент Курганов С.А.

Александр Сергеевич, 15 плакат. Зависимость количества импульсов от мощности дозы. При нуле у Вас получается какое-то количество импульсов, откуда это?

Соискатель

Здесь такой момент, что я аппроксимировал зависимость при помощи прямой, ну и, конечно, при нуле мощности дозы не может быть такое количество импульсов, нужно было аппроксимировалась, исходя из физического смысла.

д.т.н., доцент Курганов С.А.

При нуле мощности дозы – ноль?

Соискатель

Да, но все равно есть какой-то естественный фон.

д.т.н., доцент Курганов С.А.

Тогда аппроксимация должна быть другой, так ведь?

Соискатель

Да, но вот, экспериментальная зависимость, таким образом аппроксимировалась. Полного нуля, конечно, не бывает, есть же радиационный фон естественный.

д.т.н., доцент Курганов С.А.

Тогда еще 18 плакат? Математическая модель оптического волокна. В автореферате Вы пишете: с учетом поглощения, рассеяния, потерь на изгибах, стыках, линейные показатели ослабления равны μ_1 и μ_2 . И дальше Вы пишете, что оптические сигналы по экспоненте убывают у Вас, оптическая мощность. Так у Вас это, вообще-то, однородная линия и никаких изгибов, и стыков не должно быть. Это должно быть Ваше требование, чтобы использовать вот эти формулы.

Соискатель

Да, но имеется в виду, что мы знаем какие стыки, какие потери на стыках и можем их учесть.

д.т.н., доцент Курганов С.А.

Должен быть согласованный режим, вообще-то, иначе формулы будут совсем другие.

Соискатель

Да, но в этих формулах это можно будет учесть.

Председатель

Есть еще вопросы? (Нет).

Согласны ли члены Совета сделать технический перерыв? (Нет).

Тогда продолжаем работу.

Слово предоставляется научному руководителю работы **профессору Светухину В.В.**

Уважаемые коллеги, Александр закончил инженерно-физический факультет Ульяновского государственного университета и после этого пошел работать в Онкологический диспансер. Я хотел бы характеризовать его как личность и ученого. В Онкологическом диспансере он работает с дозиметрическим оборудованием, и, соответственно, для меня как научного руководителя необходимо было поставить такую задачу, которая была бы ему интересна как специалисту и была бы интересна мне как человеку, который занимается и работает с атомной отраслью, с атомной промышленностью. Вот в качестве такой темы мы выбрали направление — дозиметрия, дозиметрия волоконная. Те задачи, которые интересовали меня — это оптоволоконные комплексы для хранилищ отработанного ядерного топлива, то есть это тот комплекс, который он продемонстрировал. Этот комплекс сейчас находится в Институте реакторных материалов, и он планирует его использовать для автоматизированной системы контроля и управления в сухих хранилищах отработанного ядерного топлива. То, что в свою очередь интересовало Александра — это дозиметрический контроль и управление в медицине, это непосредственный контроль при гамма-облучении человека с помощью какого-то инструмента. Это очень важно, пока таких инструментов нет. Обычно при облучении пациента на гамма-установке, терапевтическая доза определяется расчетным путем, в связи с этим существуют огромные проблемы, связанные с переоблучением пациентов. Поэтому во всем мире думают о том, нельзя ли сделать какой-то дозиметрический комплекс для контроля параметров облучения человека. Это то, что интересовало Александра, и почему он за эту тему взялся. Как научный сотрудник он очень исполнительный, все те задачи, которые перед ним научный руководитель ставил, он исполнял, исполнял ответственно. Очень много публикаций и патентов, вклад в публикации и патенты значительный, я бы даже сказал основополагающий. Можно сказать, что он достоин, чтобы рассмотреть его работу на данном заседании.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Ученому секретарю Совета предоставляется слово для оглашения заключения организации, где выполнялась работа и отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь оглашает заключение организации, где выполнялась работа. Затем зачитывает отзыв ведущей организации.

(Заключение и отзыв прилагаются).

Председатель

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов, все они положительные. Согласны ли члены Совета заслушать обзор отзывов или зачитать их полный текст?

Слово для обзора отзывов, поступивших на диссертацию, предоставляется **Ученому секретарю Совета**.

Ученый секретарь зачитывает обзор отзывов.

(Отзывы прилагаются).

1. ФГБУН Институт нанотехнологий микроэлектроники Российской академии наук.

Отзыв подписан заместителем директора по научной работе ФГБУН ИНМЭ РАН Павловым Александром Александровичем.

Замечания: 1) На рисунке 11 автореферата присутствует смысловое несоответствие в содержании рисунка: показана аппаратная реализация образца системы в стоечной версии, а интерфейс программного обеспечения представлен для портативной версии.

2. АО «Институт реакторных материалов».

Отзыв подписан доктором технических наук, экспертом Отдела научного и инновационного развития АО «ИРМ», Дьяковым Александром Андреевичем.

Замечания: Замечаний нет.

3. Филиал государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им Ю.Е.Седакова».

Отзыв подписан доктором технических наук, главным конструктором филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова» Титаренко Алексеем Александровичем.

Замечания: 1) В автореферате в полной мере не описана методика экспериментальных исследований оптико-волоконного преобразователя мощности дозы радиационного излучения; 2) В тексте автореферата присутствуют опечатки: на странице 15, 3 абзац сверху: «линейные показатели ослабления на участках OM и OL» (под участком OM очевидно подразумевается участок OX).

4. АО «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований».

Отзыв подписан доктором технических наук, генеральным директором АО «ГНЦРФ Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» Марковым Дмитрием Владимировичем.

Замечания: 1) При проведении экспериментальных исследований макета оптико-волоконного преобразователя для определения положения радиационного источника в автореферате подразумевается, что для соединения счетчика фотонов и оптического коммутатора использовалось транспортное волокно, в какой степени это оказывает влияние на результат измерений? 2) на стр.10 в тексте автореферата не описано цифровое обозначение 3 рисунка 1.

5. ФГБОУ ВО УлГПУ им. И.Н. Ульянова.

Отзыв подписан кандидатом физико-математических наук, доцентом, заведующим кафедрой физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО УлГПУ им. И.Н. Ульянова Шишкаревым Виктором Вячеславовичем.

Замечания: 1) Следует выделить наличие незначительного количества опечаток и некорректное оформление подписей к некоторым рисункам, например: рисунок 9 – отсутствует расшифровка цифровых обозначений в подписи.

Председатель

Слово для ответа на замечания по заключению и отзывам предоставляется соискателю.

По отзыву ведущей организации с замечаниями в целом согласен, есть уточнения по второму пункту замечаний: быстродействие системы определяется временем переключения оптического коммутатора – это время порядка 10 мс. По четвертому замечанию для определения чувствительности разработанного датчика активности бета-излучения для определения активности радиационных источников, использованных в эксперименте применялись эталонные источники радиационного излучения, активность которых известна из паспортных данных, при этом в качестве эталонного средства измерения применялся радиометр УИМ2-2.

Что касается отзывов на автореферат, с замечаниями в целом согласен, есть уточнения по вопросу, связанному с использованием оптического транспортного волокна, соединяющего оптический коммутатор и счетчик фотонов. В данном случае, так как берется отношение величин мощностей оптических сигналов на выходах оптического волокна, на результаты измерения это никак не сказывается.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **д.т.н. Тимошенкову Сергею Петровичу.**

(Отзыв прилагается).

Председатель

Соискателю предоставляется слово для ответа на замечания оппонента.

Спасибо Сергей Петрович! В целом с замечаниями согласен, по первым двум пунктам есть уточнения. Действительно, случай со множественными источниками радиационного излучения не рассмотрен, предложенный оптико-волоконный преобразователь скорее всего не

применим в этом случае, но можно использовать набор из таких позиционно-чувствительных преобразователей и, таким образом, решить эту задачу. По второму пункту на рисунке рассматривался случай нормально падающего пучка, но пучок имеет расхождение порядка 10 градусов, так что наклонные траектории падающих частиц также рассматривались и хочу добавить, что в основном чувствительность предложенного преобразователя зависит от количества поглощенной энергии в сцинтилляторе.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту - **д.т.н. Антонцу Ивану Васильевичу.**

(Отзыв прилагается).

Добавлю, что, несмотря на все те замечания, которые я указал, когда разбирал работу, я увидел, что она действительно достойна присуждения соискателю степени кандидата наук.

Председатель

Слово для ответа на замечания оппонента предоставляется соискателю.

С замечаниями Ивана Васильевича согласен. По первому пункту не буду повторяться, отвечал ранее на этот вопрос. По поводу оценки точности численного метода, используемого в модели: здесь в случае метода Монте-Карло, имеет значение статистическая погрешность, а также выбор физических сечений, эти два фактора определяют точность результатов расчета. По следующему пункту о линейных показателях преломления: предположим, что есть не один отрезок сцинтилляционного волокна, а стыкуются несколько волокон. В этом случае есть стык, известны потери, и мы знаем, как выразить μ_1 через μ_2 , и, таким образом, мы можем получить какое-то решение.

Кто хочет выступить?

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Я не буду задавать вопрос Вячеславу Викторовичу, выскажу свое мнение, а Вячеслав Викторович как-нибудь прокомментирует. Мне понравились эти датчики, которые позволяют измерять уровень радиации, переводя его в уровень фотонного излучения. Вот я бы к этим датчикам поставил какой-то индикатор, получился бы замечательный измерительный прибор, который позволяет измерять вот эту самую радиацию в разных диапазонах причем и защищал бы ее по приборам или методам, или по радиационным измерениям. Была бы очень хорошая диссертация. Она хорошая, но, вот я не увидел здесь системы управления. Дело в том, что система контроля не входит в нашу специальность, нам нужны датчики, на выходе которых имеются сигналы, используемые в системах управления и нам надо видеть эту систему управления и создавать датчики, которые улучшают качество этой системы управления. Конечно, можно представить себе систему управления уровнем радиации при каких-то операциях, но я себе это плохо представляю, то есть я не смог придумать систему управления и поэтому получается, что диссертация при таком рассмотрении не относится к элементам вычислительной техники и элементам систем управления, потому что нет объекта управления. Вот не вижу я соответ-

ствия специальности. Я надеюсь, что Вячеслав Викторович или кто-то еще из членов совета меня переубедит. Спасибо.

д.ф.-м.н, профессор Браже Р.А.

Как я понял из выступления диссертанта, научного руководителя, ответов на задаваемые вопросы, соискатель работает в области радиационной медицины. Что значит радиационная медицина – это относительно небольшие дозы гамма и бета облучения. Включается источник, работает несколько секунд, выключается, обрабатывается полученная доза на каких-то эталонных образцах и предлагается, говоря языком техники, технология процедуры лечебного воздействия. Трудно себе представить тут себе такую систему управления, какую хотел бы видеть Константин Константинович. Включил источник, он за определенное время какую-то дозу выдал, там что-то сработало, сравнилось с эталонной дозой, сигнал ошибки подан на исполнительное устройство, и он выключился. Там на все-про-все секунды, поэтому это очень сложно сделать, но, наверное, двигаться к этому надо и это, наверное, шаг на этом пути. Я исхожу из того, что вот есть специальность «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления». То есть элементом системы управления, может будущей, в радиационной медицине точно будущей. Может быть, в атомной промышленности где-то есть уже существующие системы, потому что стержни тоже надо двигать и вынимать, вставлять в реактор и т.д. Такие системы управления безусловно есть, может быть там это тоже пригодится. Как элемент, как датчик, преобразующее устройство, преобразователь радиационного излучения в оптическое излучение или другое что-то – это вполне себе элемент такой системы. Посмотрим, какая цель стояла перед диссертантом: разработать и исследовать новые первичные оптико-волоконные преобразователи для применения в многоканальных автоматизированных системах радиационного контроля и управления. Перед ним не стояла цель создавать такие автоматизированные системы и комплексы радиационного контроля и управления. Стояла цель – элементы и устройства. Коль уж у нас комиссия диссертационного совета посчитала возможным, что эта диссертация удовлетворяет данной специальности, мы допустили ее на защиту, заслушали, давайте оценивать! Справился он с этой задачей или не справился? Дальше, по поводу новизны научной и практической значимости. Преимущества оптико-волоконных преобразователей: они прозвучали. Чем они хороши по сравнению с ионизационными камерами, с различными другими счетчиками и устройствами оперативного контроля излучения? Говорилось, разные виды излучения – бета и гамма одинаково подходят, не нужны отдельные счетчики для бета и для гамма. Непрерывный мониторинг в реальном времени возможен, причем удаленный, не надо через какие-то волоконные кабели выводить на фотодиоды, светодиоды или еще на что-то. Помехоустойчивость. Радиационная стойкость. А ведь в чем проблема то, радиационный источник со временем активность теряет, он ослабевает. Если раньше за 10 секунд он выдавал одну дозу, а спустя какое-то время уже другую, нужно контролировать эти вещи. Если у вас не волоконно-оптический преобразователь, а какой-то другой традиционный, его свойства со временем теряются из-за радиационной неустойчивости. Опять же он показывает меньше, чем есть на самом деле. Опасность переоблучения. Так что, я вижу и стоимость предложенных преобразователей значи-

тельно ниже чем у тех, которые используются сегодня. Конечно, недостатком является то, что не проведены количественные оценки, сравнительные оценки с имеющимися аналогами как по долговечности, по стоимости и по иным параметрам, нет технических характеристик. Это недостаток работы, но в целом работа проделана большая, работа полезная, нужная, имеющая большое практическое значение и большое будущее, отражена в большом количестве публикаций. 27 публикаций по теме диссертационного исследования – это не у каждого, далеко не у каждого соискателя кандидатской степени такой багаж. Она представлена на конференциях, эта работа. Имеются патенты, то есть можно сделать вывод о том, что по формальным показателям она вполне соответствует специальности и соисканной степени кандидата технических наук. Мое мнение такое, что работа заслуживает присуждения ее автору соисканной степени.

д.ф.-м.н., профессор Светухин В.В.

Система, дозиметрическая система контроля и управления, она – прежде всего для объектов атомной промышленности. Что я хотел сказать, что на любом объекте атомной промышленности есть какое-то событие и обязательно есть мероприятие, радиационный контроль без управления в чистом виде уже не существует. Любая автоматизированная система на атомном объекте – это система контроля и управления: есть событие – есть мероприятие, что-то произошло и моментально что-то задвигалось, причем все это в автоматизированную систему включено. Есть наши датчики, которые стоят вблизи каких-то контейнеров, произошла утечка – автоматическая система управления начинает какие-то действия. Первое – включается аварийная вентиляция, при этом основная вентиляция выключается, закрываются какие-то двери и выходы, какие-то задвижки двигаются. Обязательно нужны какие-то события, изменения объекта, за которыми следует производимый комплекс мероприятий. По тем оптико-волоконным датчикам, которые Александр показывал. Первый – это оптоволоконное колечко. Для чего оно? Это для обеспечения технологического процесса, туда ставится контейнер, в который засыпается иридий, таким образом производятся радиационные источники для медицины. Используется вибростолбик и крупиночки изотопа падают в контейнер, идет контроль, набралась нужная доза, установка отключилась. Дальше, последнее изделие, которое он показывал – щуп. Этот преобразователь не просто так возник, это по запросу атомщиков. У них бывает такое: камера горячая. И очень часто бывает, что какой-то объект, скажем так, упал и закатился в угол, они его не видят. И у них был запрос, нельзя ли на робот, на манипулятор поставить какой-то щуп, с помощью которого мы может попробовать найти подобный объект, имеющий активность. Я к чему, к тому, что те задачи, которые у Александра вошли, это задачи не только контроля, но и задачи управления. Мне кажется, я ответил на Ваш вопрос, Константин Константинович.

Председатель

Да, Вы уже три системы придумали, в которых элементом может быть соответствующий преобразователь.

д.т.н., профессор Сергеев В.А.

Коллеги, я тут выступаю в нескольких ипостасях: как член совета, во-первых. Во-вторых, я там был в составе комиссии экспертной, в-третьих я руководитель ведущей организации. И я должен сказать, что мы эту работу слышали несколько раз, несколько итераций и так дальше, были, конечно, на первом этапе были довольно-таки серьезные замечания, потом мы тоже заслушивали уже в статусе ведущей организации, были тоже какие-то вопросы при обсуждении. Что я хотел сказать, да мы там записали в замечаниях свое мнение, отразили в этом заключении, все правильно. Но я хотел обратиться к членам совета: практически в этом составе мы заслушивали и принимали к защите и защищали диссертации, например, по датчикам давления. Имею в виду датчики Стучебникова и всех его учеников, 5-6 диссертаций. Там же не говорилось о том, что это должно быть обязательно вписано в какую-то систему управления и этот датчик давления должен обязательно присутствовать, когда они могут использоваться в системах управления. Точно также эти датчики. Они вполне пригодны для систем управления, вот я, оппоненты и руководитель сказали, что - да. В медицинском применении, в радиационной медицине вообще, мне кажется, нет альтернатив, потому что ионизационную камеру не прикрепишь к пациенту куда-нибудь в область облучения и так дальше. И там даже датчик Гейгера. Мы, конечно, можем его куда-то поместить, но от него нужно провода тянуть, а провода - это что-то помехонезащищенное и всегда возникает погрешность. Много преимуществ. Вот коллеги, во-первых, он претендует на защиту элементов системы контроля и управления. И мы согласились, что действительно такая система контроля и управления может быть создана на основе этих датчиков, и она будет иметь преимущество - функциональное преимущество. Потому что все реализовано в одном принципе преобразования всех видов радиационных параметров в счетное число оптических фотонов, и этот принцип позволяет легко комплексировать и переводить одни данные в другие и, таким образом, получать полную наглядную картину. Она легко дополняется аналогичными же датчиками. Ее можно использовать в медицинских приложениях, и в каких-то иных технологиях. Там тоже полно радиационных источников. В производственных, необязательно в атомных. Но нет количественных сравнений. Об этом мы много говорили. Это то ли его природная интеллигентность не позволяет ему там просто говорить в 5 раз, в 8 раз, то ли упрямство, я не знаю, но на самом деле преимущества для нас очевидны. Можно было хотя бы точно сказать по весогабаритным параметрам, что эти датчики меньше. Если говорить, например, о долговечности можно полжизни испытания проводить на долговечность сравнительные и получить какие-то количественные сравнения, но можно получить назначенную долговечность из расчетных каких-то данных о том, как держит излучение волокно и как держат излучение другие элементы. Можно было описать назначенную долговечность, и это можно было привести. По цене, по стоимости - явное преимущество по сравнению с существующими, но цифру нужно было назвать. В этом его недостатки, мы это отразили. Коллеги Ваше право, как говорится, это все принять во внимание. Но я еще раз хотел обратить внимание на то, что у него защищено все патентами. В патентах есть преимущество, «отличающийся тем, что» и вот это можно было спокойно на каждой позиции просто вытащить. Об этом мы ему говорили, это мы

ему предлагали: пожалуйста, возьмите из патентов отличительные преимущества, и сразу будет ясно. Ведь патент на изобретение – это научно-техническая новизна, она подтверждает не только техническую сторону, но и научную составляющую. Модели новые предложены. Вернее, даже так: он на известных эффектах и на известных по существу моделях сумел их применить к конкретным конструкциям и получить конкретные зависимости, подтвержденные экспериментально. Я, честно говоря, у меня уже больше нет других слов, кроме как сопоставить с другими преобразователями или работами по преобразователям, которые мы здесь слушали и которые мы с успехом принимали и защищали.

д.т.н., профессор Пиганов М.Н.

Я хочу сказать, конечно, по поводу того, система это контроля или система управления. У меня принцип такой: не бывает управления без контроля – это, во-первых. Во-вторых, что касается систем управления. Системы управления в паспорт специальности 05.13.05 не входят, есть такая специальность, но это другая специальность и он не должен ее разрабатывать. У него есть три пункта научной новизны, которые, как говорится, его защищают. То есть принцип достаточности, я его использую. Принцип достаточности. Есть достаточное число пунктов научной новизны? Есть! Значит он заслуживает присвоение научной степени кандидата наук именно по этой специальности. Что касается системы управления, возможно, он должен был дать какие-то исходные данные для ее разработки или рекомендации, чтобы последующие люди могли вот это все учитывать. Я голосую за!

д.т.н., профессор Васильев К.К.

Я так думаю, что все-таки, несмотря на сказанное, надо иметь в виду, что элементы и устройства, все-таки, должны быть систем управления. Но я, тем не менее, поддерживаю хорошие слова Вячеслава Андреевича. На счет закрывания заслонок, это, конечно, тоже система управления. Я думаю, чтобы просто при рассмотрении следующих диссертаций мы должны внимательнее, еще внимательнее относиться к паспорту специальности, но, а здесь все хорошо. Я голосую за!

Председатель

Кто еще хочет выступить? Нет желающих?

Соискателю предоставляется заключительное слово.

Председатель

Переходим к голосованию. Какие будут предложения по составу счетной комиссии? Поступили предложения включить в состав счетной комиссии докторов наук Крашенинникова В.Р., Курганова С.А., Клячкина В.Н.

Прошу голосовать. Возражений нет.

Председатель

Прошу счетную комиссию приступить к работе.

(Счетная комиссия организует тайное голосование.)

Председатель

Коллеги! Продолжаем нашу работу. Слово предоставляется председателю счетной комиссии Крашенинникову В.Р.

Оглашается протокол счетной комиссии.
(Протокол счетной комиссии прилагается).

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).

Протокол счетной комиссии утверждается.

Таким образом, на основании результатов тайного голосования (за - 16 , против - 1 , недействительных бюллетеней - 0) диссертационный совет Д212.277.04 при Ульяновском государственном техническом университете признает, что диссертация **Алексеева А.С.** содержит новые решения по разработке и исследованию первичных оптоволоконных преобразователей для автоматизированной системы радиационного контроля и управления, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 "Положения" ВАК), и присуждает **Алексееву Александру Сергеевичу** ученую степень кандидата технических наук по специальности **05.13.05.**

Председатель

У членов Совета имеется проект заключения по диссертации **Алексеева А.С.** Есть предложение принять его за основу. Нет возражений? (Нет). Принимается.

Какие будут замечания, дополнения к проекту заключения?

(Обсуждение проекта) .

Председатель

Есть предложение принять заключение в целом с учетом редакционных замечаний. Нет возражений? Принимается единогласно.

Заключение объявляется соискателю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.04, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.09.2021 № 5

О присуждении Алексееву Александру Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата ТЕХНИЧЕСКИХ наук.

Диссертация «Разработка и исследование первичных оптико-волоконных преобразователей для автоматизированной системы радиационного контроля и управления» по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» принята к защите 30.06.2021 (протокол заседания №3) диссертационным советом Д212.277.04, созданным на базе ФГБОУ ВО «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (432027, Г.УЛЬЯНОВСК, УЛ.СЕВЕРНЫЙ ВЕНЕЦ, 32) №678/НК ОТ 18.11.2020.

Соискатель Алексей Александр Сергеевич 31 июля 1987 года рождения. В 2017 году соискатель окончил очную аспирантуру в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», работает младшим научным сотрудником в НИТИ им. С.П. Капицы ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском технологическом институте им. С.П. Капицы ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Светухин Вячеслав Викторович, директор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-производственный комплекс «Технологический центр».

Официальные оппоненты:

1. **Тимошенков Сергей Петрович**, доктор технических наук, профессор, директор Института нано- и микросистемной техники Национального исследовательского университета «МИЭТ»;
2. **Антонец Иван Васильевич**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры авиационной техники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Ульяновский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова Российской академии наук в своем положительном отзыве, подписанном **Сергеевым Вячеславом Андреевичем**, доктором технических наук, профессором, директором УФИРЭ им. В.А.Котельникова РАН указала, что диссертационная работа А.С. Алексева является завершённой научно-квалификационной работой, по объёму и научному уровню полученных результатов отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (в ред. Постановлений Правительства РФ от 28.08.2017 №1024) и содержит новое решение важной научно-технической задачи улучшения эксплуатационных и функциональных характеристик оптико-волоконных преобразователей параметров радиационного излучения для применения в автоматизированных системах радиационного контроля и управления, а ее автор Алексей Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Соискатель имеет 44 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 27 работ (17,9 печатных листов, авторский вклад – 37%), из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ (6,81 печатных листов, авторский вклад 33%), 3 статьи, индексируемых Scopus, 5 патентов на полезные модели и изобретения.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Основные результаты работы представлены в следующих наиболее значительных работах:

1. S.G. Novikov, A.V. Berintsev, V.V. Svetukhin, A.S. Alekseyev, A.S. Chertoriyskiy, R.A. Kuznetsov, V.V. Prikhodko. Simulating a scintillation fiber detector of the activities of ionizing radiation sources // Results in Physics – 2016. – V.6 – P. 16-17.

2. А.В. Трегубов, С.Г. Новиков, В.В. Светухин, А.С. Алексеев, А.В. Беринцев, В.В. Приходько, А.Н. Фомин, А.Б. Муралев, Д.В. Марков. Комплекс мониторинга состояния сухих хранилищ отработанного ядерного топлива // Автоматизация процессов управления – 2017. – №2(48). – С.62-71.

3. Патент на полезную модель №154082 Многоканальная оптоволоконная дозиметрическая система / Новиков С.Г., Черторийский А.А., Беринцев А.В., Светухин В.В., Алексеев А.С.; патентообладатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновский государственный университет»; заявл. 27.03.2015; опубл. 10.08.2015.

На диссертацию и автореферат поступили 5 отзывов, все отзывы положительные. Отзывы поступили из:

– **ФГБУН Институт нанотехнологий микроэлектроники Российской академии наук**. Отзыв подписан заместителем директора по научной работе ФГБУН ИНМЭ РАН **Павловым Александром Александровичем**. **Замечания:** 1) На рисунке 11 автореферата присутствует смысловое несоответствие в содержании рисунка: показана аппаратная реализация образца системы в стойечной версии, а интерфейс программного обеспечения представлен для портативной версии.

– **АО «Институт реакторных материалов»**. Отзыв подписан доктором технических наук, экспертом Отдела научного и инновационного развития АО «ИРМ», **Дьяковым Александром Андреевичем**. **Замечания:** Замечаний нет.

– **Филиал государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им Ю.Е.Седакова»**. Отзыв подписан доктором технических наук, главным конструктором филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова» **Титаренко Алексеем Александровичем**. **Замечания:** 1) В автореферате в полной мере не описана методика экспериментальных исследований оптико-волоконного преобразователя мощности дозы радиационного излучения; 2) В тексте автореферата присутствуют опечатки: на странице 15, 3 абзац сверху: «линейные показатели ослабления на участках OM и OL» (под участком OM очевидно подразумевается участок OX).

– **АО «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований»**. Отзыв подписан доктором технических наук, генеральным директором АО «ГНЦРФ Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» **Марковым**

Дмитрием Владимировичем. Замечания: 1) При проведении экспериментальных исследований макета оптико-волоконного преобразователя для определения положения радиационного источника в автореферате подразумевается, что для соединения счетчика фотонов и оптического коммутатора использовалось транспортное волокно, в какой степени это оказывает влияние на результат измерений? 2) на стр.10 в тексте автореферата не описано цифровое обозначение 3 рисунка 1.

– **ФГБОУ ВО УлГПУ им. И.Н. Ульянова.** Отзыв подписан кандидатом физико-математических наук, доцентом, заведующим кафедрой физики и технических дисциплин ФГБОУ ВО УлГПУ им. И.Н. Ульянова **Шишкаревым Виктором Вячеславовичем. Замечания:** 1) Следует выделить наличие незначительного количества опечаток и некорректное оформление подписей к некоторым рисункам, например: рисунок 9 – отсутствует расшифровка цифровых обозначений в подписи.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что С.П. Тимошенко и И.В. Антоненко обладают высокими компетенциями в области разработки элементов и устройств вычислительной техники и систем управления, наличием публикаций в ведущих рецензируемых научных изданиях по теме диссертационной работы, что позволило им определить научную и практическую ценность диссертации. Официальные оппоненты не имеют совместных проектов и совместных публикаций с соискателем.

Ведущая организация является широко известным научно-исследовательским учреждением в области разработки оптоволоконных датчиков, что полностью соответствует направленности представленной диссертации, обладает высококвалифицированными специалистами, имеющими публикации в высокорейтинговых российских и зарубежных изданиях в рамках указанной области. Ведущая организация не имеет договорных отношений с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований **разработаны:**

– новый оптико-волоконный преобразователь (ОВП) для измерения активности радиационных источников бета-излучения с чувствительным элементом (ЧЭ) на базе сцинтилляционного волокна, калибровочная функция преобразования которого определяется на основе предложенной численной модели;

– новый ОВП для определения мощности дозы радиационного гамма-излучения с ЧЭ на основе комбинации пластикового сцинтиллятора и спектросмещающего волокна, для достижения максимальной чувствительности которого параметры ЧЭ рассчитываются на основе предложенной численной модели;

– новый ОВП для определения положения точечного радиационного бета-источника на основе ослабления оптического излучения в волокне с ЧЭ, содержащим сцинтилляционное волокно, калибровочная функция преобразования которого определяется с использованием предложенной математической модели;

– новая многоканальная оптико-волоконная система радиационного контроля и управления, позволяющая комплексировать измерительную информацию с удаленных ОВП различных видов радиационного излучения, подключаемых универсальным образом, при этом функциональное назна-

чение преобразователей определяется программно с использованием соответствующих численных и математических моделей.

предложены:

- численная модель, описывающая взаимодействие ЧЭ ОВП для измерения активности радиационных источников с бета-излучением, учитывающая параметры радиационного источника, конструкции ОВП и их взаимного расположения, с помощью которой получена калибровочная функция преобразования, имеющая линейный вид;

- численная модель, описывающая взаимодействие ЧЭ ОВП для определения мощности дозы радиационного излучения с гамма-излучением с учетом параметров радиационного источника, конструкции ОВП и их взаимного расположения, с помощью которой получена калибровочная функция преобразования и рассчитаны параметры ЧЭ ОВП, при которых крутизна функции чувствительности преобразователя имеет наибольшее значение;

- математическая модель, построенная на эффекте ослабления оптического сигнала в волокне, позволяющая преобразовать значения мощностей оптических сигналов на выходах преобразователя в значения координаты положения радиационного источника.

доказано:

- новый первичный ОВП с ЧЭ на базе сцинтилляционного волокна позволяет определять активности радиационных источников бета-излучения на основе радиоизотопов ^{63}Ni , ^{89}Sr , ^{90}Sr , используя линейную калибровочную функцию преобразования, полученную с помощью предложенной численной модели и позволяющую переводить результаты измерения мощности оптического сигнала на выходе ОВП в единицы активности в диапазоне 0-100 мКи;

- новый первичный ОВП на основе комбинированного ЧЭ на базе пластикового сцинтиллятора и спектросмещающего волокна с чувствительностью $3,23 \cdot 10^5$ имп./мГр позволяет проводить измерения мощности дозы радиационного гамма-излучения в диапазоне 0-17 мГр/с с помощью калибровочной функции преобразования значений мощности оптического сигнала на выходе ОВП в единицы мощности дозы радиационного гамма-излучения, определяемой на основе предложенной численной модели;

- новый первичный ОВП на основе эффекта ослабления оптического сигнала в сцинтилляционном волокне позволяет определять положение точечного радиационного источника бета-излучения путем преобразования значений мощностей оптических сигналов на выходах сцинтилляционного волокна длиной до 5 м в значения координаты положения радиационного источника с помощью предложенной математической модели;

- новая многоканальная оптико-волоконная система радиационного контроля и управления, включающая первичные ОВП мощности дозы радиационного излучения, активности и положения радиационных источников с унифицированными оптическими интерфейсами обеспечивает возможность расширения функционала за счет подключения новых первичных ОВП и определения для них специальных калибровочных функций на основе численных и математических моделей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано:

- калибровочные функции первичного ОВП на базе сцинтилляционного волокна для определения активности радиационных источников на базе радиоизотопов ^{63}Ni , ^{89}Sr , ^{90}Sr , полученные с помощью предложенной

численной модели в диапазоне активностей 0-100 мКи имеют линейный вид;

- предложенная численная модель, учитывающая параметры радиационного источника, параметры конструкции ОВП мощности дозы гамма-излучения и их взаимное расположение, позволяет получить оптимальные геометрические размеры чувствительного элемента ОВП на основе анализа рассчитанной для него функции чувствительности в диапазоне значений мощности дозы 0-17 мГр/с;

- предложенная математическая модель на основе эффекта ослабления оптического сигнала в волокне позволяет связать данные о значениях мощностей оптических сигналов на выходах ОВП со значениями координаты положения радиационного бета-источника.

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы численного и математического моделирования, теории вероятности, статистической теории;

изложены результаты численного и математического моделирования для разработанных ОВП в сравнении с данными, полученными в результате их экспериментальных исследований;

изучено влияние геометрических размеров ЧЭ на чувствительность разработанных ОВП.

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

разработаны и внедрены в НИТИ им. С.П.Капицы УлГУ при проведении научно-исследовательских работ «Разработка оптоволоконных систем мониторинга состояния сухих хранилищ отработанного ядерного топлива», соглашение - №14.577.21.0074 от 05.06.2014, шифр - 2014-14-579-0005-014:

- конструкции первичных ОВП для определения мощности дозы радиационного излучения, активности и положения радиационных источников, их численные и математические модели взаимодействия с радиационным излучением для применения в составе оптоволоконной системы безопасности сухого хранилища отработанного ядерного топлива;

- автоматизированная система радиационного контроля и управления для применения в составе оптоволоконной системы безопасности сухого хранилища отработанного ядерного топлива.

определены возможности и условия применения предложенных ОВП для определения мощности дозы радиационного излучения, активности и положения радиационных источников;

создан комплекс программного обеспечения для автоматизированной системы радиационного контроля и управления, представляющий собой набор модулей, реализующий:

- сбор измерительной информации с ОВП;

- нахождение калибровочных функций ОВП с помощью выбранных численных и математических моделей;

- перевод значений мощностей оптических сигналов на выходах ОВП в заданные единицы на основании найденных функций преобразования;

- накопление и визуализацию полученных данных;

- управление исполнительными устройствами и сигнализацией на основе измерительной информации с ОВП;

создана методическая основа для дальнейших разработок и исследований новых ОВП на основе специальных оптических волокон, а также автоматизированных систем радиационного контроля и управления на их основе;

представлены новые результаты экспериментальных исследований ОВП в широком диапазоне активностей и энергетических спектров радиационных источников, мощностей доз радиационного гамма-излучения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ:

- разработанные ОВП и автоматизированная система радиационного контроля и управления практически реализованы в экспериментальных образцах;

- результаты получены с методически правильным применением поверенного дозиметрического оборудования и радиационных источников с известными метрологическими характеристиками;

теория не противоречит известным физическим принципам и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на обобщении передового мирового и российского опыта в области разработки ОВП и систем радиационного контроля и управления на их основе;

установлено, что результаты теоретических расчетов, полученные при помощи предложенных численных и математических моделей согласуются с результатами экспериментальных исследований реализованных образцов разработанных ОВП;

использованы современные методы компьютерного моделирования и обработки результатов измерений, проведен предварительный аналитический обзор результатов и достижений в исследуемой области.

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии на всех этапах выполнения исследования, включая разработку и исследование экспериментальных образцов ОВП для измерения мощности дозы радиационного излучения, активности и положения радиационных источников и автоматизированной системы радиационного контроля и управления, численное и математическое моделирование, патентование, подготовку результатов выполненных исследований к публикации, их апробацию на всероссийских и международных конференциях.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

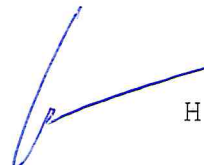
На заседании 29.09.2021 диссертационный совет принял решение: за новые научно-обоснованные технические решения в области разработки оптико-волоконных преобразователей для применения в автоматизированных системах радиационного контроля и управления присудить Алексееву А.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 1, недействительных бюллетеней 0.

Защита окончена. Есть ли замечания по процедуре защиты? (Нет).
Поздравляет соискателя с успешной защитой. Благодарит членов
совета и всех участников за внимание.

Заседание объявляется закрытым.

Председатель Совета Д212.277.04,
профессор



Н.Г. Ярушкина

Ученый секретарь Совета Д212.277.04,
доцент



А.М. Наместников

