



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

Дубна, Московская область, Россия 141980 Dubna Moscow Region Russia 141980
Telefax: (7-495) 632-78-80 Tel.: (7-49621) 65-059 AT: 205493 WOLNA RU E-mail: post@jinr.ru http://www.jinr.ru

10.10.2025

№ 002-04/1357

Диссертационный Совет
24.1.272.03, ФИАН

на № _____ от _____



УТВЕРЖДАЮ
Директор ОИЯИ
д.ф.-м.н., академик РАН
Трубников Г. В.

« »

2025 г.

Отзыв ведущей организации

на диссертационную работу Щедриной Татьяны Викторовны
«Новые детекторные решения на основе ядерных фотоэмульсий в фундаментальных
экспериментах по физике элементарных
частиц и мюонографии объектов культурного наследия»
представленной на соискание степени доктора физико-математических наук
по специальности 1.3.2 – приборы и методы экспериментальной физики

В диссертации Щедриной Т.В. представлены результаты исследований актуальных задач современной ядерной физики, выполненных с целью развития современных высокотехнологичных методов реализации экспериментов на базе эмульсионных детекторов и инновационного автоматизированного анализа их данных. Основная **цель работы** – создание эффективных детекторных систем для регистрации заряженных частиц в фундаментальных и прикладных исследованиях. К решенным автором в ходе выполнения работы задачам относятся: возрождение производства высококачественной ядерной фотоэмульсии в России; программная адаптация сканирующего комплекса ПАВИКОМ (ФИАН) для обработки и физического анализа данных экспериментов OPERA, SND@LHC; разработка и тестирование уникальных комплексных методик мюонографии с использованием эмульсионных трековых

детекторов, практическое применение мюонографии для неинвазивного исследования скрытой внутренней структуры объектов культурного наследия. Таким образом, в работе были найдены новые программные решения, созданы технологические инновации, реализовано практическое применение в фундаментальной и прикладной науке.

Для восстановления производства ядерной фотоэмульсии в России разработана уникальная методика испытаний и подбора параметров, которые позволили создать эффективные технологические процессы и обеспечили стабильный выпуск высококачественной продукции в промышленных масштабах для российских научно-исследовательских институтов и международных научных организаций. Выполнена оптимизация программного обеспечения автоматизированных сканирующих комплексов для физического анализа данных трековых детекторов, позволяющая проводить высокотехнологичное сканирование и обработку экспериментальных данных исследований по физике частиц, открывая новые возможности для фундаментальных исследований, включая поиск Новой физики — явлений, выходящих за рамки Стандартной модели, что подтверждает **актуальность работы** и её **научную новизну**. Автором внесён существенный вклад в реализацию международных экспериментов OPERA и SND@LHC (ЦЕРН), в ходе которых с использованием эмульсионных технологий получены фундаментальные результаты в области физики нейтрино и разработаны оптимальные конструкции гибридных детекторных систем. Разработанная автором методология мюонографических исследований впервые в России применена для изучения скрытой внутренней структуры объектов культурного наследия, что открыло новые перспективы применения эмульсионных трековых детекторов в междисциплинарных исследованиях и подтверждает **практическую значимость работы**.

Личный вклад автора был существенным и определяющим на всех этапах получения и анализа представленных результатов. **Достоверность полученных результатов** подтверждена экспертными проверками в ЦЕРНе, Университете Федерико II (Неаполь), лабораториях Швейцарии и Италии, публикациями в высокорейтинговых журналах и успешной реализацией серии мюонографических экспериментов. Результаты работы представлены автором на ведущих международных и российских конференциях, кроме того, на ряде рабочих совещаний по эмульсионной методике в Бернском университете, а также в коллаборациях OPERA и SND@LHC.

Общая характеристика работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, приложения и списка использованных источников.

Во введении обоснована актуальность проведённых исследований, сформулированы цель работы, её научная новизна, достоверность и практическая значимость, отражён личный вклад автора, представлены основные положения, выносимые на защиту, список публикаций по теме диссертации, а также сведения о конференциях и семинарах, на которых осуществлялась апробация результатов.

В главе 1 описан процесс восстановления автором производства ядерной фотоэмульсии в России, дан краткий исторический обзор её разработки и применения, подробно описана методология восстановления производства в стране. Был выполнен целый комплекс успешно реализованных разработок при непосредственном и определяющем участии автора, в частности, детально изложена разработанная авторская методика визуального и микроскопического контроля ядерной фотоэмульсии.

В главе 2 сообщается о фундаментальных исследованиях в области физики высоких энергий, реализованных с применением ядерных фотоэмульсий и обработанных на автоматизированном сканирующем комплексе ПАВИКОМ (Полностью АВтоматизированный Измерительный КОМПлекс, Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН). С хорошей степенью детализации описаны технические характеристики сканирующего комплекса ПАВИКОМ, его принципы работы и архитектура системы, ключевые компоненты и их функциональные возможности, созданные программно-аппаратные решения для обработки данных. Успешно реализовано использование комплекса в современных фундаментальных физических экспериментах: в рамках международного проекта OPERA по изучению нейтринных осцилляций и нового эксперимента SND@LHC в ЦЕРН для регистрации всех трех ароматов нейтрино и поиска слабо взаимодействующих частиц на LHC. Для каждого эксперимента кратко представлены: научные цели и задачи исследований, дано описание детекторных систем и методик измерений, приведены результаты обработки данных с использованием комплекса ПАВИКОМ и физические выводы, полученные на основе анализа экспериментальных данных. Особое внимание уделено уникальным возможностям комплекса ПАВИКОМ в решении задач прецизионного анализа данных трековых детекторов и обработки больших массивов экспериментальных данных.

В главе 3 детально изложена методика проведения мюонографических экспериментов с использованием эмульсионных трековых детекторов, описаны имеющие первостепенное значение для мюонографии характеристики потоков атмосферных мюонов, особое внимание уделено методологии реконструкции треков заряженных частиц в фотоэмульсионных детекторах, включающей алгоритмическое обеспечение процесса обработки данных, методы цифровой обработки и распознавания эмульсионных изображений, процедуру трекинга и оценку точности пространственной реконструкции треков элементарных частиц.

Приведены результаты реализации успешного авторского оригинального эксперимента, выполненного с целью создания методики оптимизации количества эмульсионных слоев для ядерно-физических экспериментов. Результат получен на примере оценки минимального числа эмульсионных пластин при условии сохранения высокой эффективности поиска треков заряженных частиц в эмульсии и точности их реконструкции даже при больших углах прохождения частиц через эмульсию. Данная методика важна для разработки конструкции эмульсионных трековых детекторов в современных ядерно-физических экспериментах, в частности, в работах по мюонографии крупных природных и промышленных объектов, когда для восстановления внутренней структуры объекта используется ансамбль детекторов.

В главе 4 представлены результаты первых экспериментов по исследованию внутренней структуры крупных природных и промышленных объектов методом мюонографии. Детально изложена апробация авторской методологии на примере тестовых экспериментов, в результате которых были выработаны оптимальные условия постановки экспериментов, алгоритмы обработки полученных данных, изучены особенности метода.

Впервые в России проведена серия мюонографических экспериментов по исследованию памятников культурного наследия: архитектурный комплекс цитадели Нарын-Кала (г. Дербент, Дагестан), Свято-Троицкий Данилов монастырь (г. Переславль-Залесский), подземная часть храмового комплекса Свято-Успенского Псково-Печерского монастыря (Псковская область, г. Печоры), где выявлены ранее неизвестные структурные особенности исследуемых объектов с использованием представленной в диссертационной работе методики.

Результаты успешно проведённых мюонографических исследований свидетельствуют о высокой эффективности разработанных автором методических

подходов и алгоритмов обработки экспериментальных данных. Предложенная технология обеспечивает неразрушающий контроль внутренней структуры объектов различной природы, что существенно расширяет возможности практического применения метода (геофизические исследования, промышленная и архитектурная диагностика, изучение объектов культурного наследия и археологическая диагностика, сейсмологические исследования) и демонстрирует значительный потенциал для решения широкого круга фундаментальных и прикладных задач, требующих неинвазивного анализа внутренней структуры объектов.

В заключении сформулированы основные результаты исследования. Автореферат и публикации полностью соответствуют содержанию диссертации. Диссертация Т. В. Щедриной является завершённой научно-квалификационной работой, в которой полно и профессионально отражён весь цикл исследований — от постановки научной проблемы до проверки и подтверждения полученных выводов. Все положения, выносимые на защиту, аргументированы и обоснованы. Работа отличается высокой степенью логической взаимосвязи разделов, чёткой структурой и грамотным изложением материала, что обеспечивает полное раскрытие научной проблематики и способствует точному восприятию полученных результатов.

По данной диссертации возникли некоторые замечания:

- 1) целесообразно представить сравнительный анализ характеристик эмульсионных и современных электронных трековых детекторов;
- 2) стоило бы привести оценку областей применения эмульсионных детекторов, где они имеют значительные преимущества;
- 3) не хватает численных оценок углового разрешения эмульсионного детектора, включая сравнение теоретических пределов и экспериментальных данных.

Указанные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы Т. В. Щедриной и не снижают её научной и практической значимости. Диссертация является самостоятельным, завершённым научным исследованием высокого уровня, в котором решена актуальная научная задача. Работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 года, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, а её автор - Т.В. Щедрина несомненно заслуживает присуждения ученой степени доктора

физико-математических наук по специальности 1.3.2 – приборы и методы экспериментальной физики.

Доклад по материалам докторской диссертации был представлен Т.В. Щедриной и обсужден на научном общелабораторном семинаре ЛЯП ОИЯИ, протокол семинара № 16/2025 от 28.05.2025. Отзыв на диссертацию Т.В. Щедриной утвержден на заседании Научно-технического совета ЛЯП ОИЯИ, протокол НТС № 2025-13 от 09.10.2025.

Отзыв составил:

Александр Григорьевич Ольшевский, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.16, физика атомного ядра и элементарных частиц. Начальник Отдела физики элементарных частиц Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Джелепова ОИЯИ.

Международная межправительственная научно-исследовательская организация
Объединенный институт ядерных исследований,
141980, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д.6
Телефон: +7(496)216-50-77

Начальник Отдела физики элементарных частиц ЛЯП
Доктор физико-математических наук
olshevsk@jinr.com



А. Г. Ольшевский

Ученый секретарь ЛЯП ОИЯИ
Кандидат физико-математических наук



И. В. Симоненко

Список основных работ сотрудников ведущей организации Международной межправительственной научно-исследовательской организации Объединенный институт ядерных исследований по тематике диссертации Щедриной Татьяны Викторовны «Новые детекторные решения на основе ядерных фотоэмульсий в фундаментальных экспериментах по физике элементарных частиц и мюнографии объектов культурного наследия» в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Fengjiao Luo et al. "Design & optimization of the HV divider for JUNO 20-inch PMT", e-Print: 2307.1054428; Published in: JINST 20 (2025) 07, P07024
2. Daya Bay Collaboration • F.P. An et al. "Comprehensive Measurement of the Reactor Antineutrino Spectrum and Flux at Daya Bay" e-Print: 2501.00746 [nucl-ex]; Published in: Phys.Rev.Lett. 134 (2025) 20, 201802
3. DUNE Collaboration • Adam Abed Abud et al. "The track-length extension fitting algorithm for energy measurement of interacting particles in liquid argon TPCs and its performance with ProtoDUNE-SP data"; e-Print: 2409.18288 [physics.ins-det]; Published in: JINST 20 (2025) 02, P02021
4. NOvA Collaboration • M.A. Acero et al. "Dual-Baseline Search for Active-to-Sterile Neutrino Oscillations in NOvA"; e-Print: 2409.04553 [hep-ex]; Published in: Phys.Rev.Lett. 134 (2025) 8, 081804
5. Daya Bay Collaboration • F.P. An et al. "Measurement of Electron Antineutrino Oscillation Amplitude and Frequency via Neutron Capture on Hydrogen at Daya Bay"; e-Print: 2406.01007 [hep-ex]; Published in: Phys.Rev.Lett. 133 (2024) 15, 151801
6. JUNO Collaboration • Angel Abusleme et al. "Prediction of Energy Resolution in the JUNO Experiment"; e-Print: 2405.17860 [hep-ex]; Published in: Chin.Phys.C 49 (2025) 1, 013003
7. JUNO Collaboration • Angel Abusleme et al. "Potential to identify neutrino mass ordering with reactor antineutrinos at JUNO"; e-Print: 2405.18008 [hep-ex]; Published in: Chin.Phys.C 49 (2025) 3, 033104
8. Daya Bay Collaboration • F.P. An et al. "Search for a Sub-eV Sterile Neutrino using Daya Bay Full Dataset"; e-Print: 2404.01687 [hep-ex]; Published in: Phys.Rev.Lett. 133 (2024) 5, 051801
9. NOvA Collaboration • M.A. Acero et al. "Search for CP-Violating Neutrino Nonstandard Interactions with the NOvA Experiment"; e-Print: 2403.07266 [hep-ex]; Published in: Phys.Rev.Lett. 133 (2024) 20, 201802
10. NOvA Collaboration • M.A. Acero et al. "Expanding neutrino oscillation parameter measurements in NOvA using a Bayesian approach"; e-Print: 2311.07835 [hep-ex]; Published in: Phys.Rev.D 110 (2024) 1, 1