

Отзыв

Официального оппонента Кима Виктора Тимофеевича на диссертацию Садыкова Жакыпбека Турлановича на тему: «Экспериментальные исследования на основе трековых детекторах в физике элементарных частиц», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

Диссертация Ж.Т. Садыкова посвящена проведению экспериментальных исследований на основе развития методики трековых детекторов в физике элементарных частиц, в частности, для обработки и анализа данных эмульсионного детектора эксперимента SND@LHC (Нейтринный детектор на Большом адронном коллайдере) в ЦЕРН, при разработке новых детекторных решений для поиска редких событий распада сверхтяжелых ядер и в прикладных работах по мюнографии крупных объектов.

Актуальность темы исследования В настоящее время, в связи с высокой сложностью и большими масштабами экспериментов физики элементарных частиц сильно возросли требования к используемым детекторам и методам. Несмотря на масштабное использование электронных детекторных систем, методика трековых детекторов, основанная на ядерных фотоэмульсиях, остается по-прежнему востребованной, благодаря высокому пространственному разрешению, достигающему величин порядка 0,2 мкм. Однако проблемным местом данной технологии традиционно являлась скорость считывания и цифровизации трековой информации. В связи с успешной реализацией эксперимента SND@LHC в ЦЕРН, требующего прецизионного анализа в фотоэмульсионной мишени этой установки нейтринных взаимодействий с псевдобыстроходами $7,2 < \eta < 8,4$, радикальная

модернизация измерительных микроскопических комплексов является задачей первостепенной важности. Поэтому, диссертация Ж.Т. Садыкова, направленная на модернизацию аппаратно-программной базы сканирующих комплексов ПАВИКОМ, на адаптацию трековых методик для регистрации тяжелых ионов в фосфатных стеклах и для использования в мюонографии, является весьма актуальной.

Научная новизна и практическая значимость представленной диссертации состоит в том, что разработаны и успешно используются для анализа эмульсионных слоев детектора SND@LHC в ЦЕРН новые аппаратные и программные модули, позволившие, в частности, более чем в два раза увеличить скорость сканирования; разработан и реализован новый метод идентификации треков тяжелых ионов в фосфатном стекле КНФС-3; предложена новая методика подтверждения состоятельности выбранных технических решений и достоверности полученных результатов в прикладных мюонографических работах.

Достоверность результатов подтверждается, в частности, перекрестным сканированием трековых детекторов на микроскопах других лабораторий и рецензированием при публикациях в высокорейтинговых журналах.

Результаты диссертации прошли апробацию на конференциях, совещаниях и семинарах, а также опубликованы в пяти статьях в научных журналах, входящих в Белый список ВАК. Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Представленная диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объём – 119 страниц, включая 61 рисунок и 5 таблиц. В списке литературы 155 наименований.

Во Введении обсуждается актуальность выбранной темы, формулируются цель работы и необходимые для её достижения задачи. Также приведены результаты, выносимые на защиту, описана их научная

новизна и значимость. Представлены обоснование достоверности результатов и их апробация, отмечен личный вклад диссертанта.

В **Главе 1** дано описание характеристик и свойств фотографической ядерной эмульсии, много десятилетий успешно используемой как трековый детектор. Сделан обзор истории развития технологии ядерной фотоэмульсии, начиная с 1896 года. Перечислены первые и современные эмульсионные эксперименты, включая их краткое описание и методики. Особое внимание уделено экспериментам, которые внесли определяющий вклад в развитие технологии. В хронологическом порядке изложены направления развития принципов методики автоматизированного сканирования эмульсии.

В **Главе 2** детально описана выполненная диссертантом реализация новых технологий сканирования трековых детекторов. Она включает в себя модернизацию сканирующего комплекса ПАВИКОМ-1 в Физическом институте им. П. Н. Лебедева РАН и сканирующего комплекса МІС1 в университете им. Федерико II в Неаполе. Была успешно реализована программная и аппаратная интеграция новых предметных столиков в общую систему сканирования. Для работы с новым объективом (позволившим существенно увеличить скорость сканирования) NICON 10x с числовой апертурой 0,5 и камерой Mikrotрон EoSens 4СХР с размером матрицы 21 мегапиксель и общим разрешением 5120 x 4096 пикселей был создан и успешно использован новый алгоритм кластеризации, на основе которого удалось преодолеть процессорное ограничение в 141000 кластеров на одно поле зрения.

Глава 3 посвящена разработке методики поиска редких событий распада синтезированных сверхтяжелых ядер с помощью детекторов из фосфатного стекла. Было выполнено исследование химического состава используемых стекол, проведены калибровочные эксперименты для двух

видов стекол с последующим анализом полученных результатов. Опытным путем выбрано оптимальное травящее вещество для стекол. После разработки алгоритма определения геометрических размеров треков тяжелых ядер и с учетом динамических характеристик треков была создана методика идентификации тяжелых ионов в детекторах из фосфатного стекла КНФС-3.

В **Главе 4** описывается мюнографический эксперимент по изучению скрытой внутренней структуры зданий и территории Свято-Троицкого Данилова монастыря.

В **Заключении** приведены основные результаты диссертационной работы.

Диссертация написана хорошим языком, материал излагается последовательно и в достаточном для понимания объеме. Автореферат работы полностью отражает ее содержание.

Хотелось бы отметить следующие замечания по тексту представленной диссертации:

1. В Главе 1, в разделе 1.3 на с. 21 при обсуждении поиска очарованных частиц говорится «применена специальная топологическая выборка», но отсутствует поясняющее обсуждение или соответствующая ссылка.
2. В Главе 2, в разделе 2.2 на с. 50 на рис. 2.11 показан профиль движения сканирующей станции. На графике можно заметить так называемое «мертвое время», т. е., время простоя двигателей около 200 мс. В тексте отсутствует обсуждение этого эффекта.
3. В диссертационной работе есть небольшое количество опечаток и местами излишнее употребление сленга и кальки английских слов, например «имплементация» вместо «реализация» и др.

Однако, приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку работы, ее качества, новизны и актуальности.

Диссертация Садыкова Жакыпбека Турлановича является самостоятельным, логически завершенным научно-квалификационным трудом, решающим важную научно-техническую задачу обеспечения сверхбыстрой и высокоточной обработки данных трековых детекторов. Личный вклад автора в получение представленных результатов является определяющим и не вызывает сомнений. Работа выполнена на высоком уровне, полностью соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Официальный оппонент:

Ким Виктор Тимофеевич

доктор физико-математических наук,
заместитель руководителя отделения физики высоких энергий, Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт», мкн Орлова роща, д.1 Гатчина Ленинградской обл., 188300
тел.: 8(813)714-67-22
e-mail: kim_vt@pnpi.nrcki.ru



6.04.2026

Подпись Кима Виктора Тимофеевича заверяю

С.И. Воробьев,

Ученый секретарь НИЦ «Курчатовский институт - ПИЯФ» 6.04.2026



Список основных работ по теме защищаемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. V.T. Kim, *Higgs Boson and Naturalness Problem in the Standard Model*, Phys. Part.Nucl. 55 (2024) 1, 156-159
2. A.Iu. Egorov, V.T. Kim, *Next-to-leading BFKL evolution for dijets with large rapidity separation at different LHC energies*, Phys.Rev.D 108 (2023) 1, 014010
3. A.Iu. Egorov, V.T. Kim, *Next-to-Leading BFKL for Mueller Navelet Dijets with Large Rapidity Separation and Jet Veto*, Phys.Atom.Nucl. 86 (2023) 6, 1461-1466
4. A. Tumasyan, ..., V. Kim et al., *Study of dijet events with large rapidity separation in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 2.76$ TeV*, J. High Energy Phys. 03 (2022) 122
5. A. Baldin, ..., V. Kim et al., *FLAP Collaboration: Tasks and Perspectives. Study of Fundamentals and New Applications of Controllable Generation of Electromagnetic Radiation by Relativistic Electrons Using Functional Materials*, Phys.Part.Nucl. 18 (2021) 3, 358-36
6. V.V. Abramov, ..., V.T. Kim et al., *Possible Studies at the First Stage of the NICA Collider Operation with Polarized and Unpolarized Proton and Deuteron Beams*, Phys.Part.Nucl. 52 (2021) 6, 1044-1119
7. V.T. Kim, *QCD Asymptotics at Collider Energies*, Phys.Part.Nucl.Lett. 16 (2019) 5, 414-420
8. V.T. Kim, V.A. Matveev, G.B. Pivovarov, *Skewed Sudakov regime, harmonic numbers, and multiple polylogarithms*, Phys.Rev.D 99 (2019) 2, 025106