

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.119.01
НА БАЗЕ Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН)
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от **08.09.2022 г. № 9/82**

О присуждении Финогееву Дмитрию Андреевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Разработка бестриггерной потоковой системы сбора данных переднего адронного калориметра эксперимента СВМ» по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики» принята к защите 09.06.2022 г., протокол № 5/78 диссертационным советом Д002.119.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН), 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 7а., приказ Министерства образования и науки России № 75/нк от 15 февраля 2013 года.

Соискатель Финогеев Дмитрий Андреевич 1986 года рождения. В 2010 году соискатель окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)». В 2014 году соискатель Д. А. Финогеев окончил аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН) по специальности 01.04.01 — Приборы и методы экспериментальной физики. В настоящее время соискатель работает в должности младшего научного сотрудника в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерных исследований Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте ядерных исследований Российской академии наук, в отделе экспериментальной физики.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Губер Фёдор Фридрихович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук, отдел экспериментальной физики, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Волков Алексей Анатольевич, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Отделение экспериментальной физики, лаборатория инклюзивных процессов, ведущий научный сотрудник, исполняющий обязанности начальника лаборатории.

Яшин Иван Васильевич, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына, лаборатория космической рентгеновской и гамма-астрономии, ведущий научный сотрудник.

- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет" (СПбГУ), г.Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанном Феофиловым Григорием Александровичем, кандидатом физико-математических наук, заведующим лабораторией физики сверхвысоких энергий СПбГУ, доцентом кафедры физики высоких энергий и элементарных частиц СПбГУ, и Иоффе Михаилом Вульфовичем, доктором физико-математических наук, профессором с возложением обязанностей заведующего кафедрой физики высоких энергий и элементарных частиц СПбГУ, и утвержденном Микушевым Сергеем

Владимировичем, кандидатом физико-математических наук, проректором по научной работе СПбГУ,

указала, что диссертационная работа Финогеева Д.А. отвечает всем требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики, а ее автор, Дмитрий Андреевич Финогеев, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Соискатель имеет 6 работ по теме диссертации, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. Представленные соискателем сведения об опубликованных им работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны. Текст опубликованных работ полностью соответствует тематике диссертации, они написаны либо при решающем участии соискателя, либо им самостоятельно. Список работ, по результатам диссертационного исследования:

1. *The Projectile Spectator Detector for measuring the geometry of heavy ion collisions at the CBM experiment on FAIR.*

N. Karpushkin , **D. Finogeev**, M. Golubeva, F. Guber, A. Ivashkin, A. Izvestnyy, V. Ladygin, S. Morozov, A. Kugler, V. Mikhaylov, A. Senger Nucl.Instrum.Meth. A936 (2019) 156-157 DOI: 10.1016/j.nima.2018.10.054

2. *The PSD CBM Supermodule Response Study for Hadrons in Momentum Range 2 – 6 GeV/c at CERN Test Beams.*

D. Finogeev (Moscow, INR), M. Golubeva, F. Guber, A. Ivashkin, A. Izvestnyy, N. Karpushkin, S. Morozov, A. Reshetin (Moscow, INR). 2018. 7 pp. Published in KnE Energ.Phys. (<https://knepublishing.com/index.php/KnE-Energy/article/view/1763>) 3 (2018) 333-339 DOI: 10.18502/ken.v3i1.1763 Conference: C17-10-02.2 Proceedings

3. *Transverse and longitudinal segmented forward hadron calorimeters with SiPMs light readout for future fixed target heavy ion experiments*

F.Guber, **D.Finogeev**, M.Golubevaa, A.Ivashkina, A.Izvestnyya, N.Karpushkinab, S.Morozovac, A.Kuglerd, V.Mikhaylovde, A.Sengerf for NA61/SHINE, CBM and BM@N collaborations Published in: Nucl.Instrum.Meth.A

958 (2020) 162728 Contribution to: VCI2019 Published: Apr 1, 2020 by Elsevier
DOI: 10.1016/j.nima.2019.162728

4. *Study of the hadron calorimeters response for CBM and BM@N experiments at hadron beams.*

N. Karpushkin (Moscow, INR), **D. Finogeev** (Moscow, INR), M. Golubeva (Moscow, INR), F. Guber (Moscow, INR), A. Ivashkin (Moscow, INR) Published in: J.Phys.Conf.Ser. 1667 (2020) 1, 012020

5. *Development of readout chain for CBM Projectile Spectator Detector at FAIR*

D. Finogeev, F Guber, N Karpushkin, A Makhnev, S Morozov and D Serebryakov Journal of Physics: Conference Series 1690 (2020) 012059 doi:10.1088/1742-6596/1690/1/012059

6. The readout system of the CBM Projectile Spectator Detector at FAIR
CBM Collaboration, (**D. Finogeev** (Moscow, INR & Moscow Phys. Eng. Inst.) et al.). 2020. 8 pp. Published in JINST 15 (2020) no.09, C09015 DOI: 10.1088/1748-0221/15/09/C09015

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы оппонентов и ведущей организации, в которых отмечено, что работа представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне, и полностью отвечает всем требованиям к кандидатским диссертациям, предъявляемым Положением о порядке присуждения ученых степеней, утверждённым Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.

Отмечены следующие критические замечания:

- В данной работе, на радиационное повреждение испытывался фотодетектор модели S12572-3010 отличной модели от той, которую планируется использовать при эксплуатации калориметра S14160-3010P. Проводились ли сравнения деградации для этих двух моделей фотодетекторов?

- Также сказано, что при измерениях на облученном фотодетекторе выполнялась компенсация деградации увеличением темнового тока и

дополнительным отбором событий. На какую величину была произведена компенсация напряжения смещения фотодетектора? Как повлияет увеличение напряжения смещения на динамический диапазон детектора? Какова доля отброшенных событий при дополнительном отборе и как это повлияло на эффективность детектора? К сожалению, работа не дает подробного описания алгоритма компенсации для облученных фотодетекторов.

- Во время испытаний системы сбора данных на пучке mCBM использовался модуль WIENER «MPV 8016I» для питания MPPC. При испытании системы сбора данных, содержащей «все ключевые элементы полномасштабной системы сбора данных калориметра PSD» следует использовать разработанный модуль для питания фотодетекторов описанный в разделе 2.6, что подтвердит работоспособность системы сбора данных на эксперименте CBM.

- Какие фотодетекторы рассматривались для использования в детекторе PSD и по каким причинам был выбран HAMAMATSU S14160-3010P? В диссертационной работе отсутствует обоснование выбора HAMAMATSU MPPC S14160-3010P. Кроме того в разделе 2.1.1 Фотодетекторы калориметра PSD почему то приведены краткие характеристики другого MPPC S12572-010P. Обоснование выбора на основе требований физической установки хорошо бы дополнило представленную работу.

- Одним из результатов тестирования электроники являются амплитудные спектры от фрагментов ядер (рис. 2.16, стр. 52). Сказано, что «данные измерения продемонстрировали возможность оцифровки сигналов с кремниевых фотодетекторов платой ADC», однако качественный анализ спектров, такой как измерение энергии фрагментов ядер или сравнение спектров с симуляцией не приводится. Также, про данные спектры сказано, что «использование двух усилителей, приводит к «разрыву» энергетического спектра». Скорее всего, данный «провал» в амплитудных спектрах является несогласованностью коэффициентов усиления двух каналов и может быть скомпенсирован соответствующей настройкой.

- По результатам экспериментальных тестов принято решение в плате ADC использовать только один канал усиления и не использовать входной фильтр. Обоснованность данного решения в диссертации не приводится.

- В третьей главе дается подробное описание тактовых сигналов логической структуры ПЛИС для приема и обработки данных, однако отсутствует схема синхронизации ПЛИС с АЦП при использовании компонентов SERDES. Описание этой сложной части логической структуры ПЛИС хорошо бы дополнило материал третьей главы.

- На рисунке 2.14 показан спектр от космических мюонов «из которого видно разделение полезного сигнала от шума на уровне 2σ ». Однако, не приводятся ни значения, ни функция аппроксимации распределений амплитудного спектра и пьедестала из которых можно определить разделение в 2σ .

- В главе 3, на стр. 65 сказано, что для каждого канала выполняется «вычисление базовой линии сигнала и ее уровень шума.». В работе дается формула для вычисления уровня базовой линии сигнала, но отсутствует алгоритм вычисления уровня шума базовой линии. Неясно, каким образом выполнялась оценка шумов и как эти данные использовались или планируется использовать при эксплуатации детектора.

- В работе не сказано, какова зависимость определения времени сигнала от его амплитуды и необходима ли амплитудно-временная коррекция, и как она будет реализована.

- В работе также присутствуют незначительные поправки: непоследовательно приводятся сокращения: сокращение «SFP» (стр. 44) не расшифровано в тексте; сокращение «CPLL» (стр. 61) не расшифровано ни в тексте, ни в списке сокращений; Лишний символ в названии разъемов «TRG_OUT£», «BC_IN£» ... (стр. 82). Присутствуют опечатки и описки, что, впрочем, естественно для текста такого большого объёма.

Практическая значимость полученных соискателем результатов исследования подтверждается следующими аргументами. Была разработана и испытана система сбора данных переднего адронного калориметра PSD

(Projectile Spectator Detector) для эксперимента CBM (Compressed Baryonic Matter) на ускорительном комплексе FAIR (г. Дармштадт, Германия). В детекторе PSD применяется прямая оцифровка сигналов с помощью "блока цифровой обработки" и обработка событий с применением фильтра FIR (Finite Impulse Response). Прямая оцифровка малых сигналов без использования активной электроники на стороне детектора, является новым подходом для проектирования систем сбора данных с детекторов в ядерной физике, позволяющим реализовать максимально возможный динамический диапазон детектора. Разработанная система сбора данных детектора PSD обеспечит работу и управление детектором при высоких нагрузках, что является важной и актуальной задачей необходимой для изучения редких процессов в эксперименте CBM. Научные результаты диссертационной работы могут быть использованы на современных установках класса мега-сайенс, включая подготовку экспериментов на коллайдере НИКА в ОИЯИ.

Личный вклад соискателя состоит в получении основных результатов диссертации, выносимых на защиту. Автором был собран стенд на базе блока TRB (Trigger and Readout Board), позволяющий набирать данные платой ADC. Также автор принимал активное участие в тестах по «оцифровке» платой ADC аналоговых сигналов фотодетекторов MPPC при регистрации сцинтилляционных сигналов от космических мюонов и фрагментов ядер на пучках установки mCBM. Автор исследовал характеристики и особенности функционирования платы ADC и принимал активное участие в разработке технических требований для периферийной электроники PSD. Для синхронизации тактовых сигналов, временной синхронизации и передачи данных с детектора PSD, протокол GBT используемый в CBM, был интегрирован автором в плату ADC. Автор провел испытания синхронизации по протоколу GBT между платой ADC и платой DPB” (Data processing board), которая являлась прототипом платы CRI - основного элемента системы сбора данных детектора CBM в 2019 г. Автор разработал логическую структуру ПЛИС для платы ADC для обнаружения событий и измерения заряда с детектора PSD в бестриггерном режиме, сортировку и передачу данных с

переднего адронного калориметра в общую систему сбора данных эксперимента CBM. Разработанная логическая структура ПЛИС отвечает всем требованиям эксперимента CBM и позволяет бестриггерную передачу данных по протоколу GBT при загрузке детектора до 1 МГц. Автор разработал часть логической структуры ПЛИС “Detector Specific Part” платы “CRI” (Common Readout Interface), которая является основным элементом системы сбора данных эксперимента CBM. Разработанная часть логики ПЛИС обеспечивает сортировку данных детектора PSD и управление платой ADC. Автор принимал активное участие в тестировании разработанной системы сбора данных PSD на пучковых сеансах установки mCBM в ходе которых, данные модуля PSD набирались в общей системе сбора данных установки синхронно с другими детекторами.

На заседании 08 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Финогееву Д. А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования, с использованием информационно-коммуникационных технологий, диссертационный совет в количестве **19** человек (в т. ч. **5** - в удаленном интерактивном режиме), из них 7 докторов наук по специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики, участвовавших в заседании, из **27** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: **за- 19, против -0.**

Председатель заседания,
заместитель председателя
диссертационного совета Д 002.119.01
доктор физ.-мат. наук

_____ Безруков Л.Б.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 002.119.01
кандидат физ.-мат. наук

_____ Демидов С.В.

08.09.2022 г.

М.П.