

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 **24.09.2020 г. № 4/61**

О присуждении **Чернову Василию Геннадьевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата наук.

Диссертация «Разработка распределенной системы сбора данных и анализ формы импульса событий на установке «Троицк ню-масс» по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики, принята к защите 13 февраля 2020 года, протокол №1/58 диссертационным советом Д 002.119.01 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 Чернов Василий Геннадьевич 1992 года рождения. В 2014 году соискатель окончил Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ». С 2015 по 2019 год соискатель обучался в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук. В настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника Лаборатории обработки больших данных в физике частиц и астрофизике Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН).

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

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Нозик Александр Аркадьевич, Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)», Лаборатория методов ядерно-физических экспериментов, заместитель заведующего лабораторией; ИЯИ РАН, Отдел экспериментальной физики, старший научный сотрудник (по совместительству).

Официальные оппоненты:

**Крянев Александр Витальевич**, доктор физико-математических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», кафедра № 31 «Прикладная математика», профессор.

**Белов Владимир Александрович**, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение "Институт теоретической и экспериментальной физики имени А.И.Алиханова Национального исследовательского центра "Курчатовский институт", старший научный сотрудник.

- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ),

В своем положительном отзыве, составленном Петуховым Юрием Петровичем — кандидатом физико-математических наук (Лаборатория физики высоких энергий, ведущий научный сотрудник), подписанном Кекелидзе Владимиром Дмитриевичем – доктором физико-математических наук, профессором, членом-корреспондентом РАН, (Лаборатория физики высоких энергий, директор), и утвержденным Матвеевым Виктором Анатольевичем - доктором физико-математических наук, профессором, академиком РАН (директор ОИЯИ),

Указала, что работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук, а её автор Чернов Василий Геннадьевич заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики.

Соискатель имеет 6 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 6 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях. Наиболее важные работы представлены в начале следующего списка:

1. First measurements in search for keV sterile neutrino in tritium beta-decay in the Troitsk nu-mass experiment / J. N. Abdurashitov [et al.] // JETP Letters. — 2017. — June. — Vol. 105, no. 12. — P. 753—757.
2. The current status of "Troitsk nu-mass" experiment in search for sterile neutrino / D. N. Abdurashitov [et al.] // Journal of Instrumentation. — 2015. — Apr. — Vol. 10
3. Measurements with a TRISTAN prototype detector system at the "Troitsknu-mass" experiment in integral and differential mode / T. Brunst [et al.] // Journal of Instrumentation. — 2019. — Nov. — Vol. 14, no. 11. — P11013—P11013.
4. Silicon drift detector prototypes for the keV-scale sterile neutrino search with TRISTAN / K. Altenmüller [et al.] // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. — 2018. — Dec. — Vol. 912. — P. 333—337.
5. Abdurashitov, D. N. The Long-Term Stability of a Fused-Silica Proportional Counter / D. N. Abdurashitov, V. G. Chernov // Instruments and Experimental Techniques. — 2019. — Jan. — Vol. 62. — P. 5—9.
6. Chernov, V. Shape-based event pileup separation in Troitsk nu-mass experiment / V. Chernov, A. Nozik // Journal of Instrumentation. — 2019. — Aug. — Vol. 14. — T08001—T08001.

Соискатель внёс основной и определяющий вклад в подготовку работ [1-5] и непосредственный вклад в подготовку работы [6].

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 силу большого объёма представленного материала автору не всегда удаётся полностью раскрыть особенности системы.
- Использование слишком узкой терминологии.
- Автор уделяет мало внимания обоснованию выбора языков программирования и программных решений.
- Применённый метод получения функции пересчёта измерений приборов «ЛАН10-12РСІ» и «MADC» хоть и опирается на сигнал с генератора, но использует одну-единственную амплитуду. Даже в предположении о линейности шкал обоих приборов это должно привести к существенно большим ошибкам, чем при использовании нескольких амплитуд.
- С методологической точки зрения существенным недостатком является полное отсутствие вычисления ошибок к получаемым значениям, в том числе относящихся к защищаемым результатам
- Выбранный формат dataforge-envelope не оптимален, поскольку:
  - Усложнена процедура его открытия.
  - Сложно создавать пакет вручную.
  - Формат не до конца описан т.к. для парсинга бинарного содержимого требуется информация извне о ее структуре.
- Не строгая стилистика API сервисов.
- Bash скрипты для синхронизации БД можно заменить более надежными средствами.
- В работе не до конца ясно - как рассчитывается и что представляет эффективное мертвое время алгоритма.
- Алгоритмы выделения событий и тестирования не полностью обобщены (не предусмотрено изменение базовой линии, не протестированы более высокие частоты дискретизации).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организацией обосновывается высокой квалификацией ученых по сходной тематике.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Проведена общая модернизация сбора данных установки «Троицк ню-масс». Выполнен переход от монолитной архитектуры исходной системы на использование микросервисов. Основной код обработки был переписан на C++/Qt. Модернизированная система разбита на три независимых модуля, отвечающие за: считывание сигнала с детектора, управление напряжением спектрометра и проведение набора по сценарию. Модули имеют единообразный программный интерфейс и взаимодействуют через стек TCP/IP. В основе аппаратной модернизации лежит использование ПК-контроллеров крейтов КАМАК ССРС7 для управления подсистемами установки. Каждый модуль представляет собой программный сервер, который устанавливается в ССРС7 и осуществляет контроль аппаратуры через магистраль крейта, RS-232, RS-485 интерфейсы и другие специфические соединения.
- Проведен переход на непрерывную запись формы сигнала. Для модернизированной системы сбора разработан модуль записи данных непрерывной оцифровки с помощью АЦП Лан10-12PCI. В процессе записи плата последовательно сбрасывает кадры максимальной длины по программному триггеру. Каждый следующий кадр сбрасывается сразу после сохранения предыдущего. Таким образом сохраняется непрерывная оцифровка сигнала с пропусками на время сбросов. Подход позволяет обойти проблему аппаратного мертвого времени, возникающую при стандартном наборе по триггеру и проводить более сложную обработку сигнала в оффлайн режиме.
- В рамках сотрудничества с группой TRISTAN из института физики имени Макса Планка в Мюнхене, к системе сбора данных «Троицк ню-масс» проведено подключение разрабатываемого для «КАTRIN» прототипа детектора. Управление детектором осуществлялось через устройство обработки сигнала DANTE производства XGLab, Италия. Для него разработан эмулятор сигналов, работающий по предоставленной спецификации. При помощи эмулятора создан программный пакет, обеспечивающий взаимодействие с DANTE, управление считыванием, а также хранение событий вместе со

специфическими для этой системы метаданными. При помощи этой системы проведены два сеанса измерений на установки с использованием детектора TRISTAN, по результатам которых была подготовлена совместная статья.

- Разработаны алгоритмы выделения параметров событий (амплитуды и положения по времени) из оцифровки непрерывного сигнала, снятого платой Лан10-12PCI. Для данных «Троицк ню-масс» при выделении параметров событий удалось добиться эффективного мертвого времени порядка 0.9 мкс для средней длины сигнала 6 мкс при шаге оцифровки 320 нс. Ранее, мертвое время при аппаратной обработке событий составляло около 7 мкс. Также обработка формы импульса позволила исключить систематическую ошибку восстановления амплитуд, вызванную наложением на «хвосты» предыдущих событий. Проведено обобщение алгоритмов на произвольную форму импульса. Производительность алгоритма оптимизирована до уровня, когда он может быть использован в режиме реального времени. Исходный код с инструкциями по воспроизведению результатов выложен в открытый доступ.

Научное и практическое значение полученных соискателем результатов исследования состоит в создании рабочей распределенной системы сбора данных для установки «Троик ню-масс». Применение разработанных алгоритмов разделения наложенных событий, обеспечило уменьшение эффективного мертвого времени в 7 раз и возможность работы на скорости счета вплоть до 50-60 кГц на канал, позволив измерять бета-спектры в широком диапазоне и с большой статистикой. Большим достижением является еще и то, что алгоритм не привязан к конкретной форме сигнала и может быть адаптирован для использования в других экспериментах.

Оценка достоверности результатов выявила:

- Оптимальность выбранной архитектуры, продемонстрированную при «горячей» замене отдельных подсистем и отдельных компьютеров.
- Достоверность и эффективность алгоритмов разделения наложений наглядно продемонстрированную в диссертации как при помощи всестороннего моделирования сигналов, так и при помощи амплитудного и временного анализа результатов обработки реальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в: разработке и тестировании всех программных компонентов, проведенных непосредственно автором, внесению определяющего вклада в уменьшение систематических ошибок, связанных с мертвым временем детектора, внесению определяющего вклада в интеграцию прототипа детектора для KATRIN. Также автор принял активное участие в 6 сеансах работы «Троицк ню-масс» и внес существенный вклад в полученные на установке результаты.

На заседании, проведенном 24 сентября 2020 года в удаленном интерактивном режиме в соответствии с Приказом Минобрнауки № 734 от 22 июня 2020 года, диссертационный совет принял решение присудить Чернову В.Г. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве **21** человека, (в т.ч. участвующих в удаленном интерактивном режиме - **3**) из них **8** докторов наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики, участвовавших в заседании, из **30** человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту **0** человек, проголосовали: за - **21**, 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.

24.09.2020 г.

м.п.