

## ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. Крянева Александра Витальевича  
о диссертации Чернова Василия Геннадьевича «Разработка  
распределенной системы сбора данных и анализ формы импульса событий  
на установке “Троицк ню-масс”», представленной на соискание ученой  
степени кандидата физико-математических наук по специальности  
01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики»

Диссертация В.Г. Чернова посвящена разработке распределенной системы сбора данных для установки “Троицк ню-масс”.

Работа поделена на два больших логических блока.

Первый блок работы посвящен разработке основы базы распределенной системы сбора с использованием современных паттернов разработки, таких как: разбиение системы на самостоятельные программы-сервисы, использование единого программно-независимого интерфейса для межсерверного взаимодействия, переход на стандартные транспортные интерфейсы при взаимодействии между сервисами. Разработанная система сбора данных. Описанные в диссертации примеры работы с системой сбора данных показывают ее гибкость и надежность а также преимущества, важные для экспериментальных установок: простоту модернизации и масштабирования.

Второй блок посвящен работе по улучшению качества собираемых данных. Одним из ключевых факторов, улучшающих качество, является уменьшение мертвого времени системы считывания сигнала детектора, которое было достигнуто заменой аппаратного выделения параметров сигнала на программную обработку осциллограммы.

В диссертации описывается разработанный алгоритм программного разделения наложений, излагаются этапы тестирования алгоритма, которые подтверждают его эффективность и дают точные значения метрик.

### **Актуальность диссертационной работы**

Актуальность диссертационной работы определяется успешным внедрением новой системы сбора данных эксперимента “Троицк ню-масс”. Распределённость новой системы обеспечивает необходимую гибкость, позволяя без изменения кода работать в разных режимах модулей установке в т.ч. использовать несколько типов считывающей электроники включая прототип детектора TRISTAN.

Разработанный алгоритм разделения наложений представляет интерес, т.к. имеет низкое мертвое время и не привязан к конкретной форме сигнала. В рамках эксперимента “Троицк ню-масс” его использование уменьшает мертвое время считывание сигнала в 7 раз, тем самым обеспечив необходимую для поиска стерильных нейтрино скорость счета.

## Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и двух приложений. Полный объем диссертации составляет 125 страниц, включая 49 рисунков и 13 таблиц. Список литературы содержит 56 наименований.

### **Краткое содержание диссертационной работы**

Во введении обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках данной диссертационной работы, формулируется цель, ставятся задачи работы, излагается научная новизна и практическая значимость представляемой работы.

В первой главе приведен обзор текущих экспериментов по поиску стерильных нейтрино. Кратко описываются основные их типы и способы работы.

Во второй главе приводится описание установки «Троицк ню-масс». Описываются основные компоненты установки.

Третья глава посвящена архитектуре новой системы сбора данных. В ней описываются основные компоненты системы, формат сообщений, модель хранения данных. Ключевой особенностью архитектуры новой системы является разбиение на независимые самостоятельные компоненты. К ним относятся: модуль высоковольтной стойки, отвечающий за напряжение спектрометра; модуль детектора, регистрирующий события и управляющий модуль, осуществляющий контроль над системой. Для каждого приведено описание алгоритма работы соответствующей подсистемы и приведен список используемых команд и ответов на них. Основными преимуществами используемого формата данных являются: хранение текстовых и бинарных данных в одном пакете (что приводит к возможности оценки содержимого пакета с помощью обычного текстового редактора), возможность использования одного формата, как для хранения, так и для передачи данных.

В четвертой главе описаны два примера расширения системы сбора данных: интеграция платы Лан10-12PCI и замена модуля считывания сигнала на прототип детектора TRISTAN. В первом случае Черновым В.Г. был написан дублирующий сервер на Python, во втором - программа, симулирующая человеческую работу со стандартным графическим интерфейсом устройства. Данные примеры расширений показывают гибкость архитектуры и возможность работы при практически любых условиях (отсутствует драйвер устройства, изменена модель набираемых данных и т.д.).

Пятая глава диссертации посвящена алгоритмам разделения наложений. В ней описываются: способ записи непрерывной оцифровки сигнала, основные разработанные алгоритмы наложений и метод и результаты тестирования алгоритмов. Наиболее эффективный алгоритм основан на композиции двух способов восстановления параметров события: простое параболическое фитирование пика (для одиночного события) и фитирование суммой двух полных форм события (для наложений). Условием применения второго способа является нарушение временной очередности при восстановлении событий. Такая комбинация дает наиболее точный и устойчивый результат. Тестирование алгоритмов проводилось с помощью написанного генератора сигналов детектора. Форма событий для генератора извлекалась из реальных данных с помощью группировки событий по амплитудам и вычисление

средней формы в каждой группе. Валидация генератора осуществлялась сопоставлением гистограмм хи-квадрат отклонений для реальных и сгенерированных данных.

В заключении приведены основные результаты и выводы работы. Приводятся ссылки на код алгоритмов. Все приведенные в заключении положения являются полностью обоснованными и подтвержденными.

#### **Научная новизна**

- Разработана новая система сбора данных для установки “Троицк ню-масс”. В основе архитектуры лежат современный подход к созданию программных комплексов - использование независимых сервисов. Аппаратно новая система сбора данных опирается на использование ПК-контроллеров крейтов КАМАК, в которые устанавливаются программы сервисов.
- Разработан оригинальный алгоритм разделения наложений сигналов, использующий форму отдельного события. При этом сам алгоритм не привязан к конкретной форме сигнала и может быть автоматически подстроен под любую форму, используя набранные осциллограммы. В рамках эксперимента “Троицк ню-масс” было достигнуто мертвое время порядка 0.9 мкс при длине сигнала 6 мкс и одного канала оцифровки 320 нс.

#### **Практическая значимость и рекомендации к использованию**

- Модульность новой системы сбора значительно упростила работу по модернизации системы считывания сигнала, обеспечив возможность независимой разработки и тестирования. Также модульность легко производить временные замены компонент системы, что было использовано при работе с прототипом детектора TRISTAN.
- Использование разработанных алгоритмов по разделению наложений в рамках эксперимента «Троицк ню-масс» уменьшило мертвое время считывания в 7 раз и обеспечило возможность работы на скоростях счета вплоть до 50-60 кГц, что позволило проводить измерения бета-спектра в широком диапазоне и с большой статистикой.

#### **Достоверность полученных результатов**

- Правильность выбора сервисной архитектуры для системы сбора данных продемонстрирована Черновым В.Г. на примере описанных в работе расширений системы. Они показывают простоту замены модулей. Также по примерам видно, что выбранная архитектура позволяет писать разные модули на разных языках программирования, в разных операционных системах, проводить независимое тестирование и независимую разработку. Такие действия практически невыполнимы в классической монолитной архитектуре.
- Разработанные алгоритмы разделения наложений были всесторонне протестированы в работе с помощью созданного генератора сигнала детектора. Генератор, в свою очередь, был протестирован на реальных данных по сопоставлению гистограмм хи-квадрат отклонений. Использование генератора также позволило получить точные метрики качества работы алгоритмов.

## **Апробация результатов диссертационной работы**

Результаты диссертационной работы докладывались на VII и VIII межинститутских молодежных конференциях «Физика элементарных частиц и космология», международной конференции «The XXI International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists» и ряде научных семинаров в ИЯИ и в КИТ (Карлсруэ).

### **Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации.**

- Разработка и тестирование всех программных компонентов, а также подготовка к публикации материалов по разделению событий проводилась непосредственно В.Г. Черновым.
- В.Г. Чернов принял активное участие в 6 сеансах работы установки «Троицк ню-масс» и внес существенный вклад в полученные на установке результаты

### **Замечания по диссертационной работе**

1. 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.
2. API детектора и высоковольтной стойки написаны не полностью в одном стиле (в модуле высоковольтной стойки нет функции init, хотя ее можно было бы добавить для единообразия или убрать ее из сервиса детектора).
3. Bash скрипты для синхронизации БД можно заменить более надежными средствами.
4. В работе не до конца ясно - как рассчитывается эффективное мертвое время алгоритма.
5. Можно было бы протестировать алгоритм при более высоких частотах дискретизации (поскольку есть обобщенный генератор и можно было набрать данные с более высокой частотой дискретизации и настроить генератор по ним).
6. Не предусмотрена работа обобщенного генератора шума, если в исходных данных будет изменяться значение базовой линии.

Считаю, однако, что указанные выше замечания не влияют на высокую оценку диссертационной работы, а в основном направлены на дальнейшие усовершенствования алгоритмов и программ, разработанных в рамках диссертационной работы.

### **Заключение**

В диссертационной работе Чернова В.Г. решены актуальные научные проблемы: разработка новой высокоэффективной системы сбора данных для установки «Троицк ню-масс»; разработка универсального алгоритма разделения наложений сигналов, позволивших сократить мертвое время на порядок и обеспечивающего высокую степень дифференциации отдельных сигналов при их наложении.

Диссертационное исследование соответствует следующим разделам паспорта специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики»:

2. Разработка и создание научной аппаратуры и приборов для экспериментальных исследований в различных областях физики.

7. Разработка и создание средств автоматизации физического эксперимента.
8. Разработка методов математической обработки экспериментальных результатов.

Полученные автором результаты достоверны, основные выводы и заключения обоснованы.

Результаты, выносимые на защиту, опубликованы в открытой печати в ведущих зарубежных и отечественных журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, в том числе индексируемых Web of Science и/или Scopus. Данные результаты апробированы на нескольких международных, всероссийских научных конференциях и семинарах. Диссертация адекватно отражает полученные соискателем результаты, оформление диссертации соответствует требованиям ВАК. Содержание автореферата полностью в кратком виде отражает содержание диссертации.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Разработка распределенной системы сбора данных и анализ формы импульса событий на установке «Троицк ню-масс»» полностью соответствует требованиям "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденных постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор Чернов Василий Геннадьевич несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики».

Официальный оппонент:

Профессор кафедры прикладной математики  
Национального исследовательского ядерного  
университета «МИФИ»,

115409, Российская Федерация, г. Москва,  
Каширское ш., 31,

доктор физико-математических наук  
по специальности 05.13.16 – применение  
вычислительной техники, математического  
моделирования и математических методов  
в научных исследованиях,

профессор, Крянев Александр Витальевич  
тел.: 8 (495) 788-56-99; 8 (909) 977-09-47

e-mail: avkryanov@mephi.ru

01.09.2020 г.

Подпись профессора Крянева А. В. заверяю

Заместитель начальника отдела документационного обеспечения НИЯУ МИФИ

А.А. Свиная

**Сведения об оппоненте**  
 по диссертационной работе Чернова Василия Геннадиевича  
 на тему «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  
 на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Фамилия Имя Отчество	Крянев Александр Витальевич
Ученая степень	Доктор физико-математических наук
Ученое звание	Профессор
Шифр и наименование специальности, по которой защищена диссертация	05.13.18- Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. (Стар.- 05.13.16 – Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях).
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы оппонента	Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Структурное подразделение	Кафедра прикладной математики
Занимаемая должность	Профессор
Почтовый индекс, адрес	115409, г. Москва, Каширское ш., 31
Телефон	8-495-788-56-99, доб. 99-72
Адрес электронной почты	avkryanev@mephi.ru
Веб-сайт	<a href="http://www.avkryanev.ru/">http://www.avkryanev.ru/</a>
Список основных публикаций официального оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 публикаций)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. С.С. Семенов, Е.М. Воронов, А.В. Полтавский, А.В. Крянев. Методы принятия решений в задачах оценки качества и технического уровня сложных технических систем.- М.: URSS, 2015.</li> <li>2. Ablyazimov T. et al. Challenges in QCD matter physics--The scientific programme of the Compressed Baryonic Matter experiment at FAIR //The European Physical Journal A, 2017.</li> <li>3. Kryanev A., Lukin, G., Udumyan D. Metric Analysis as a Tool for Interpolating Multivariate Functions in the Case of an Information Lack //International Conference on Distributed Computer and Communication Networks. — 2016. — Vol. 678. — P. 553-564.</li> <li>4. Borog. V.V. et al. Identification of solar coronal mass ejections in cosmic ray flux using flicker noise spectroscopy //Physics Procedia. — 2015. — Vol. 74. — P. 336-339.</li> <li>5. Ivanov V. V. et al. Prediction of chaotic dynamical processes based on detection of regular component //Computational</li> </ol>

- Mathematics and Mathematical Physics. — 2015. — Vol. 55. — №. 2. — P. 340.
6. Kryanev, A., Lukin, G., Udumyan, D. Metric analysis as a tool for interpolating multivariate functions in the case of an information lack. *Communications in Computer and Information Science*, 678, pp. 553-564, 2016.
7. V.V. Ivanov, A.V. Kryanev, E.S. Osetrov. Forecasting the Daily Electricity consumption in the Moscow Region Using Artificial Neural Networks. *Physics of Particles and Nuclear Letters*, 2017, v. 14, p. 647-657.
8. Ivanov I.O., Kryanev A. V. et al. Comparison of abilities of two trend definition techniques for experimental data time series processing // *Journal of Physics: Conference Series*. — 2017. — Vol. 778. — №
9. Kryanev, A.V., Ivanov, V.V., Sevastianov, L.A., Udumyan, D.K. A review of metric analysis applications to the problems of interpolating, filtering and predicting the values of onevariable and multivariable functions. *Communications in Computer and Information Science*, v. 919, pp. 457-462, 2018.
10. Kryanev, A., Ivanov, V., Romanova, A., Sevastianov, L., Udumyan, D. Extrapolation of Functions of Many Variables by Means of Metric Analysis. *EPJ Web of Conferences* 173, 2018.
11. Kryanev, A.V., Ivanov, V.V., Romanova, A.O., Sevastyanov, L.A., Udumyan, D.K. Separation of Trend and Chaotic Components of Time Series and Estimation of Their Characteristics by Linear Splines. *Physics of Particles and Nuclei Letters*, 15(2), pp. 194-197, 2018.
12. Bochkarev, V.V., Kryanev, A.V., Smirnov, D.S. Mathematical Decision Support Model for the Decommissioning of Nuclear Power Facilities. *International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops*, 2019.