

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата физико-математических наук
Прокошина Федора Валерьевича
на диссертационную работу
Ремнева Михаила Анатольевича
**«Разработка программного обеспечения для системы сбора данных
электромагнитного калориметра детектора Belle II»,**
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной
физики

Диссертационная работа М.А. Ремнева посвящена созданию программного обеспечения для системы сбора данных электромагнитного калориметра установки Belle II, в частности, систем медленного контроля и мониторинга. Как известно, установка Belle II создана в первую очередь для исследования свойств В-мезонов, полученных на ускорительном комплексе SuperKEKB, относящемся к классу В-фабрик. Задачей данной работы является, во-первых, разработка программного обеспечения для управления конфигурациями электроники электромагнитного калориметра, ее инициализации и диагностики, а также создание модулей системы медленного контроля. Помимо этого решаются задачи мониторинга качества данных в режиме реального времени и последующей более детальной их диагностики, для чего разрабатываются соответствующие программные средства. Отдельной задачей следует считать разработку системы DAQ для монитора светимости.

Несомненная **актуальность** темы определяется критической важностью программной части системы сбора данных для работы электромагнитного калориметра и установки Belle II в целом, а также высокой научной значимостью целей эксперимента, среди которых

особо следует отметить изучение нарушения CP-симметрии и поиски физики за пределами Стандартной Модели. Отдельно следует отметить важность описанной в диссертации работы для расширения и укрепления международного научного сотрудничества.

При разработке программного обеспечения использовался целый набор **новых программных технологий** и решений, что позволило обеспечить высокую производительность и надежность установки в условиях возросшего потока данных. Была успешно осуществлена интеграция гетерогенных компонент системы, использующих различные структуры данных. Разработанный комплекс программ соответствует современной парадигме построения программного обеспечения.

Важно отметить, что практическая значимость полученных в работе результатов не ограничивается конкретной экспериментальной установкой — разработанные методики могут быть применены в других экспериментах в данной области, а также за ее пределами.

Личный вклад автора является определяющим для получения изложенных в работе результатов. Помимо проведенной **лично автором** разработки программного обеспечения, автор принимал активное участие в проведении экспериментальных исследований и обеспечении работы установки.

Диссертация состоит из введения, 8 глав и заключения, а также списка литературы, включающего **117** наименований. Общий объем работы составляет **105** страниц, включая **1** таблицу и **42** рисунка.

Структура диссертации логически обоснована, используемые специфические термины и понятия разъяснены, текст снабжен необходимым количеством графического материала.

Во введении автор показывает актуальность темы, определяет цели и задачи исследования, представляет новизну и значимость работы, а также перечисляет положения, представленные на защиту.

В первой главе дано общее описание эксперимента Belle II и приведена детальная информация об электромагнитном калориметре и использующейся в эксперименте системе сбора данных.

Кратко описан коллайдер SuperKEKB и показано, что рост светимости и вызванный им рост фона приводит к необходимости модификации всех подсистем детектора Belle II. Дается подробное описание систем сбора данных электромагнитного калориметра, онлайн монитора светимости и стандартных калибровочных процедур, необходимых для эффективного функционирования калориметра и монитора светимости. Наконец, описывается программное обеспечение системы сбора данных, используемые базы данных, фреймворки медленного контроля и управления, а также инструменты для координации работы экспертов.

Во второй главе анализируются требования к разработке программного обеспечения в сети сбора данных. Описывается специфика разработки ПО в рамках эксперимента Belle II. Рассматривается процесс выбора программных средств, наиболее подходящих для поставленных задач.

Описываются основные задачи, которые должны осуществляться системами мониторинга и медленного контроля. Указана необходимость разработки отдельной системы для монитора светимости, позволяющей предоставлять информацию непрерывно. Рассматривается специфика разработки программного обеспечения для распределённых систем с быстро эволюционирующими требованиями,

а также архитектурные и организационные решения для наиболее оптимального процесса разработки проекта. Приводятся используемые программные средства, рассматривается использование прототипирования, а также построение процесса разработки ПО.

В третьей главе описывается программное обеспечение, управляющее конфигурациями электроники калориметра. Указывается, как реализованные программы далее увязываются с задачами инициализации и мониторинга калориметра.

Рассматриваются различные типы информации, содержащиеся в конфигурации калориметра. Детально рассматривается специфика работы двух основных баз данных в эксперименте, описывается синхронизация информации между ними. Представлена схема хранимых данных, позволяющая гибко настраивать конфигурацию отдельных модулей или секторов калориметра.

В четвёртой главе описан процесс инициализации электроники калориметра. Указаны все шаги процесса инициализации, сопутствующие сложности и выбранные пути их решения.

Описаны дополнительные требования к программным средствам для инициализации калориметра связанные с необходимостью поддержки нескольких режимов работы. Представлена структура фреймворка для инициализации модулей системы сбора данных, показано, как возможности фреймворка удовлетворяют ранее поставленным требованиям. Представлены различные способы реализации пользовательского интерфейса.

В пятой главе описывается система медленного контроля и управления набором данных для ЭМ калориметра детектора Belle II. Детально представлены различные модули системы. Также

описывается процесс организации деятельности дежурных экспертов по калориметру и средства автоматизации, которые позволяют упростить их работу, а также структура документации для экспертов по калориметру. Приведены шаги, выполненные для автоматизации процедуры калибровки по тестовому сигналу.

В шестой главе описываются средства мониторинга данных с электромагнитного калориметра, средства оповещения об ошибках, интеграция с центральным репозиторием Belle II для более детального мониторинга и оперативного информирования о качестве данных.

Перечисляются гистограммы, которые отображаются в мониторе качества данных, а также особенности веб-интерфейса. Описаны средства интеграции монитора качества данных с системой медленного контроля EPICS, инструменты архивации данных мониторинга и средства для автоматического информирования дежурных о возможных проблемах с качеством данных.

В седьмой главе описано программное обеспечение для считывания данных с монитора светимости. Описаны используемые программные средства и сетевая диаграмма процессов, отвечающих за чтение данных с монитора светимости, а также инструменты мониторинга качества данных с монитора светимости на основе фреймворка Qt 5. Указаны средства для экспорта данных в системы медленного контроля и дополнительные требования, повлиявшие на формирование архитектуры ПО. Описана процедура энергетической калибровки.

В восьмой главе описано программное обеспечение для обработки сохранённых данных с калориметра. Приводится описание ПО, призванного упростить обработку записанных файлов для

детальной проверки качества данных. Описана временная калибровка калориметра. В рамках работы были реализованы начальные версии двух процедур: временная калибровка по космическим событиям и по Баба-событиям.

В заключении перечислены основные результаты, полученные в диссертационной работе.

По материалам диссертации опубликовано 5 научных работ, все - в изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации, содержит необходимые формулировки цели и задач исследования, выносимых на защиту положений, научной новизны и практической значимости.

Можно сделать ряд **замечаний** по содержанию и оформлению диссертационной работы:

1. Во введении в разделе «Личный вклад соискателя» первое и последнее предложение фактически повторяются
2. Термин «заход», используемый для обозначения периода набора данных с практически неизменными параметрами детектора и ускорителя, не является общеупотребительным, вместо него обычно используют англоязычный термин «Run» без перевода. Термин «заход» определяется в разделе 1.7, при этом используется в одном из предыдущих разделов (1.5).
3. В разделе 1.6 говорится что детекторов LHC используется система сбора данных без триггера, причем это определяется большими объемами входных данных. Это не так, большие объемы данных как раз требуют сложных триггерных систем. Например,

установка ATLAS на LHC изначально имела трехуровневую триггерную систему, позволявшую получать на выходе приемлемую частоту событий в 1 кГц при частоте пересечений пучков 40 МГц. Примером бестриггерной системы может служить строящийся детектор SPD на коллайдере NICA, имеющий с существенно меньшим количеством каналов и соответственно меньшим потоком входных данных.

4. В разделе посвященном используемым базам данных упомянуто что ConditionsDB может быть представлена как документоориентированная БД, а конфигурации в DAQ DB организованы в хранилища вида «ключ-значение». Возникает вопрос, почему в качестве платформы была выбрана реляционная СУБД PostgreSQL, а не NoSQL СУБД соответствующего типа?

Данные замечания не сказываются на качестве проведенных работ и не влияют на общую высокую оценку диссертации. Ценность изложенные в работе методик и подходов к решению проблем автоматизации эксперимента несомненна.

Диссертационная работа Ремнева М. А. «Разработка программного обеспечения для системы сбора данных электромагнитного калориметра детектора Belle II» полностью соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Ремнев Михаил Анатольевич, заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики.

Я, Прокошин Федор Валерьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук (01.04.16 - Физика атомного ядра и элементарных частиц)

старший научный сотрудник,

Лаборатория ядерных проблем им. В. П. Джеллепова,

Объединенный институт ядерных исследований Международная межправительственная организация (ОИЯИ)

адрес: 141980, Московская область, город Дубна, ул. Жолио Кюри, д. 6

тел: +7 496 216 57 58

эл. почта: prof@jinr.ru



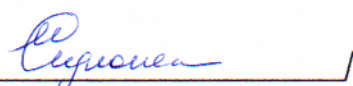
Прокошин Федор

Валерьевич /

«24» ноября 2023 г.

Подпись Прокошина Ф.В. удостоверяю

ур. секретарь №17



Серюженко И.В.

«23» *ноября* 2023 г.

