

ОТЗЫВ

официального оппонента, Лубсандоржиева Баярто Константиновича, д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН), на диссертацию Овчаренко Егора Владимировича “Разработка методов моделирования, сбора и анализа данных физических установок и их применение для детектора RICH эксперимента CBM, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Создание крупномасштабных физических установок, относящихся к категории международных мегапроектов, всегда сопровождаются активными разработками новых детекторных систем, методов проектирования, алгоритмов сбора и обработки данных и т.д. Эксперимент CBM на строящемся в Дармштадте комплексе FAIR, - один из таких мегапроектов. Уникально жесткие условия эксплуатации, большие потоки данных и строгие бюджетные ограничения требуют создания новых подходов к конструированию и оптимизации различных систем экспериментальной техники.

Диссертация Е.В. Овчаренко посвящена разработке детектора черенковских колец эксперимента CBM, однако созданные автором методы и средства и полученные результаты могут найти свое применение не только в указанном эксперименте, но и во многих других экспериментах в ядерной физики и физики элементарных частиц.

Работа охватывает два направления. Первое – развитие и применение методов и средств гибкого и точного геометрического описания сложных установок в средах Монте-Карло моделирования, что очень важно для нахождения оптимальных конструктивных и компоновочных решений. Второе - исследование прототипа бестриггерной системы считывания и сбора данных, генерируемых детектором черенковских колец. Причем, оба этих направления взаимосвязаны и образуют замкнутую и логически завершенную работу.

Созданный инструментарий «CATIA-GDML Geometry Builder» позволяет преодолеть достаточно оригинальным образом противоречие между невозможностью автоматического перевода конструкторских 3D-моделей в формат, воспринимаемый пакетами Монте Карло моделирования прохождения частиц через детекторы, и необходимостью осуществлять этот перевод быстро и многократно.

Исследуемая система считывания и сбора данных включает в себя популярные современные элементы, такие как многоанодный ФЭУ с диодной системой “metal channel”, основанный на программируемой полевом вентильной матрице (ППВМ, или FPGA в англоязычной литературе) предусилитель-дискриминатор, многоканальная плата формирования и передачи в сеть временных отметок и прямой ввод потока данных в компьютер через специализированную интерфейсную плату. Полученные результаты интересны не только для достижения

максимальной возможной эффективности регистрации черенковских фотонов в CBM RICH, но и для разработки других систем, использующих изученные элементы.

Таким образом, актуальность темы диссертации не вызывает никаких сомнений.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, включающего 109 наименований.

Во введении приводятся базовые сведения из физики столкновений тяжелых ионов, необходимые для понимания целей и задач эксперимента CBM на FAIR, рассматриваемые существующие и планируемые тяжелоионные эксперименты – STAR(RHIC), ALICE(LHC), MPD(NICA), обсуждаются отличительные особенности эксперимента CBM.

1-я глава имеет обзорный характер. Описан ускорительный комплекс FAIR, его основные компоненты и научные задачи. Рассмотрены задачи эксперимента CBM на FAIR, сделан акцент на условиях его эксплуатации. Охарактеризованы все системы экспериментальной установки CBM. Обсуждены некоторые ранее построенные детекторы черенковских колец, оказавшие влияние на разработку CBM RICH.

В конце первой главы сформулированы конкретные задачи, решаемые в диссертационной работе. Эти задачи можно отнести к двум направлениям.

Первое направление посвящено проблеме обмена геометрическими моделями между системами автоматизированного проектирования (САПР) и системами моделирования прохождения частиц через вещество GEANT4/ROOT. В этих двух классах программных инструментов применяются принципиально разные подходы для представления геометрических моделей. Автоматический перевод между представлениями ограничен, а в некоторых случаях совершенно невозможен.

Во 2-й главе диссертации предлагается новая методика построения геометрических моделей для систем GEANT4 и ROOT на основе конструкторской 3-мерной модели. Данная методика была реализована для САПР CATIA v5 и формата обменного файла GDML, воспринимаемого GEANT4 и ROOT, в виде пакета «CATIA-GDML Geometry Builder». Методика опирается на следующие идеи. Для каждого геометрического примитива разработана параметризованная модель в САПР CATIA. Реализации примитивов в обеих системах обладают эквивалентным набором параметров. Дерево построений модели в САПР CATIA спроектировано так, чтобы все сущности геометрической иерархии GEANT4/Root имели однозначное отображение в этом дереве. Для облегчения построения модели написано значительное количество макропрограмм, обеспечивающих позиционирование и множественное вхождение объемов и опреде-

ление параметров геометрических форм.

Разработанный инструментарий предоставляет широкие возможности по интеграции инженерного проекта с Монте-Карло расчетами. Данные возможности были применены для оптимизации конструкции и компоновки детектора черенковских колец RICH эксперимента CBM, описанной **в 3-й главе**. Найдены оптимальные форма зеркал фокусирующей системы, форма фоточувствительной камеры, конструкция механических опор детектора, магнитного экрана и RICH-секции ионопровода. Модель предоставляет возможность неидеального позиционирования сегментов зеркал, что важно для определения ожидаемых характеристик детектора.

Второе направление диссертации посвящено исследованию прототипа системы считывания и сбора данных (сссд) CBM RICH. **В 4-й главе** описаны архитектура и особенности этой системы: для регистрации черенковских фотонов применяется многоанодный (МА) ФЭУ, на поверхность фотокатода которого, с целью повышения эффективности регистрации черенковских фотонов, наносится сместитель спектра – паратерфенил. МА ФЭУ имеет динодную систему “metal-channel”. Сигналы от МА ФЭУ поступают на плату усилителя-дискриминатора. Время появления черенковских фотонов измеряется с помощью времяцифрового преобразователя (ВЦП), выполненного на базе FPGA. Для максимально точной регистрации временной отметки используется счётчик на основе цифровой линии задержки с отводами. В потоке данных присутствуют только временные отметки. Информация об амплитуде сигнала может быть получена косвенно методом “время-над-порогом”. Оценка амплитуды производится из зарегистрированных временных отметок. Далее рассмотрены необходимые для настройки и эксплуатации системы алгоритмы и модули программного обеспечения, разработанные в рамках принятого в эксперименте программного комплекса CbmRoot при значительном участии автора.

Глава 5 посвящена исследованиям, направленным на более глубокое понимание работы системы считывания и сбора данных CBM RICH и выявление факторов, влияющих на эффективность регистрации черенковских колец. Получены следующие основные результаты: продемонстрирована работоспособность концепции ввода данных через FLIB; исследовано влияние метода калибровки счетчика точного времени на достижимое временное разрешение; исследовано временное разрешение, ссдд и различные вклады в него, а также зависимость временного разрешения от количества каналов, участвующих в определении этой величины; исследован профиль высвечивания сместителя спектра при возбуждении черенковскими фотонами; выявлены недостатки тракта для измерения времени-над-порогом и оценено влияние этих недостатков на работу ссдд с учетом перспективы деградации прибора; проведено оригинальное сравнение амплитудных спектров одиночных фотоэлектронов при регистрации двумя способами – с записью амплитуд и временных отметок, что позволило прийти к необходимому для успешного создания CBM RICH пониманию зави-

симости эффективности регистрации фотонов от порога.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации подтверждается следующим. На основе выполненных автором работ и при его участии были проведены пучковые тесты полнофункционального прототипа СВМ RICH, продемонстрировавшие соответствие полученных характеристик ожидаемым. Были внесены серьезные изменения в конструкцию и компоновку проектируемого детектора СВМ RICH. Целесообразность этих изменений подтверждается расчетами в общепринятых и признанных в научном сообществе программных пакетах GEANT4 и ROOT. В тексте диссертации дается весьма подробное описание новых подходов и методов и их тщательное сравнение с традиционными подходами и методами.

Автор выполнил большой объем работ на высоком квалификационном уровне. Были разработаны новые методы и получены новые оригинальные результаты. Работа написана хорошим, ясным языком, хорошо иллюстрирована и имеет прозрачную структуру, облегчающую восприятие материала.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

1. К сожалению, автору не совсем удалось сбалансировать в диссертации часть, связанную с разработками программных средств и методов, с экспериментальной частью, которая заметно уступает первой части.
2. На стр.34 диссертации говорится об эффективности регистрации фотоэлектронов на уровне 95% для фотоумножителя R7600-03-M16. Интересно было бы узнать более подробно об этом замечательном факте. Ведь это один из фундаментальнейших параметров в детектировании фотонов. Как это было измерено? С какой точностью?
3. Есть некая вольница в определениях. Так на стр. 20 говорится о “самозапускающейся” электронике, а уже на следующей странице, стр.21, упоминается “самотриггерующаяся” электроника.

Однако, указанные недостатки не влияют на общую положительную высокую оценку данной работы. Диссертация Овчаренко Егора Владимировича “Разработка методов моделирования, сбора и анализа данных физических установок и их применение для детектора RICH эксперимента СВМ” выполнена на весьма высоком научном уровне, заслуживает самой высокой оценки и является несомненным вкладом в развитие методов экспериментальной физики.

Полученные в диссертации результаты несомненно найдут применение при планировании и разработке экспериментов в различных научных центрах, таких, как ОИЯИ, ИЯИ РАН, ИТЭФ, ИФВЭ, КЕК, DESY, CERN, и т.д.

Все научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, являются актуальными, обоснованными и достоверными. Результаты работы докладыва-

лись на международных и российских конференциях; основные результаты работы опубликованы в 12 статьях в рецензируемых журналах из перечня, рекомендованного ВАК.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа “ Разработка методов моделирования, сбора и анализа данных физических установок и их применение для детектора RICH эксперимента СВМ” отвечает всем требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Овчаренко Егор Владимирович, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент

Лубсандоржиев Баярто Константинович,
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник Отдела экспериментальной физики
Лаборатории гамма-астрономии и
реакторных нейтрино.

Б.К. Лубсандоржиев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт ядерных исследований Российской академии наук.
117312, Москва, В-312, проспект 60-летия октября, 7а
Тел.: Моб.: 8 (916) 148-38-48, раб.: 8 (499)135-40-63
Email: lubsand@rambler.ru

Подпись Б.К. Лубсандоржиева удостоверяю.

Заместитель директора ИЯИ РАН

Г.И.Рубцов