

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Лаборатории информационных технологий
Объединённого института ядерных исследований

д.т.н. _____ В.В. Кореньков

«___» февраля 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно-технического совета

Лаборатории информационных технологий

Объединённого института ядерных исследований

на диссертацию Овчаренко Егора Владимировича

«Разработка методов моделирования, сбора и анализа данных физических установок и их применение для детектора RICH эксперимента CBM», представляемую на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 — приборы и методы экспериментальной физики.

Диссертация «Разработка методов моделирования, сбора и анализа данных физических установок и их применение для детектора RICH эксперимента CBM» выполнена в Лаборатории информационных технологий ОИЯИ в рамках темы 1119.

В Лаборатории информационных технологий Е.В. Овчаренко работает с 2014 г. по настоящее время — с 2014 г. по 2016 г. в должности инженера-программиста, а с 2016 г. — в должности научного сотрудника.

В 2012 г. Е.В. Овчаренко окончил с отличием Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э. Баумана по специальности «Системы автоматизированного проектирования». Защитил дипломную работу «Разработка комплекса программных средств для интеграции САПР CATIA V5 с CAE-системами ROOT и GEANT4» с оценкой отлично.

В 2016 г. окончил аспирантуру ФГБУ «Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова» НИЦ «КИ» по направлению подготовки высшего образования 03.06.01 «Физика и астрономия» по специальности 01.04.01 — приборы и методы экспериментальной физики. Экзамены кандидатского минимума сданы, что подтверждается справкой об обучении, выданной на основании подлинных протоколов о сдаче кандидатских экзаменов, хранящихся в архиве Института по месту сдачи экзамена.

Является соавтором 16 статей в реферируемых журналах, из них 14 по теме диссертации. Работы были поддержаны грантами Исследовательского Центра Фаир-Россия (ИЦФР), HIC4FAIR и NTAS. Научный руководитель — Белогуров С.Г., кандидат физ.-мат. наук по специальности 01.04.01 — приборы и методы экспериментальной физики.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа посвящена совершенствованию методов моделирования детекторов, в первую очередь развитию методов описания геометрии с высоким уровнем детализации, а также развитию инструментов для быстрого модифицирования этого описания с целью выполнения итерационных расчетов прохождения частиц через вещество. Также обсуждается разработка новых систем сбора данных, адекватных современному аппаратному обеспечению и ожидаемым потокам данных с детектора, и методика исследования прототипов создаваемых детекторов.

Актуальность темы диссертационной работы:

Современные эксперименты в области физики высоких энергий и особенно столкновения релятивистских тяжелых ионов выдвигают жёсткие требования к принимаемым проектным решениям. Создаваемые установки должны быть способны измерять тонкие эффекты в присутствии высокого фона и предоставлять надёжные данные для подгонки сложных многопараметрических физических моделей. Особенно жёсткие требования предъявляют эксперименты с фиксированной мишенью, поскольку за счет релятивистского буста частицы сконцентрированы в переднем конусе, а большая плотность мишени позволяет достигать высоких частот взаимодействий.

В эксперименте CBM при работе на ускорителе SIS100 пучки тяжелых ионов, например золота, будут разгоняться до энергии 10 ГэВ/нуклон и взаимодействовать с золотой фиксированной мишенью с частотой до 10^7 ядерных взаимодействий в секунду. При этом в передний конус, ограниченный полярным углом 25° , будет лететь до 400 заряженных частиц в одной реакции, а максимальная угловая плотность частиц в центральной области детектора будет достигать 100 sr^{-1} .

Все эти факторы приводят к необходимости тщательной оптимизации конструкции установки. Для этого требуется совершенствование методов моделирования детекторов, включая реализацию высокого уровня детализации описания геометрии и развитие инструментов для быстрого модифицирования этого описания с целью выполнения итерационных расчетов. Также необходима разработка новых систем сбора данных, адекватных современному аппаратному обеспечению и ожидаемым потокам информации. Кроме того, необходимы интенсивные исследования прототипов создаваемых детекторов. В настоящей диссертации обсуждаются все три перечисленных аспекта в применении, в первую очередь, к детектору Черенковских колец (RICH) эксперимента CBM.

Научная новизна заключается в следующем:

1. Разработаны принципы функционирования, шаблоны и программные инструменты, составляющие пакет “CATIA-GDML geometry builder” для полуавтоматического построения детальной МК-геометрии на основе САПР-модели и быстрого обмена геометрией между САПР CATIA v5 и пакетами МК-моделирования GEANT и ROOT.
2. С применением разработанного инструментария получено беспрецедентно точное параметризованное описание геометрии CBM RICH, с помощью которого выполнена оптимизация компоновки и конструкции ряда систем детектора. Получены высокоточные модели ряда установок на FAIR.
3. Разработано программное обеспечение для: приема и передачи бестриггерного потока данных с прототипа системы считывания и сбора данных с частотой до 20 МГц; калибровки точного времени и относительных задержек каналов в потоке данных с детектора CBM RICH; для построения событий из потока данных с детектора в среде CbmRoot.
4. Собран и успешно протестирован прототип системы считывания и сбора данных на основе многоанодного ФЭУ H12700 с системой динодов “metal channel”, специально разработанных передней электроники типа предусилитель-дискриминатор и высокоточного ВЦП с последующим прямым вводом данных в единую среду моделирования, сбора и анализа данных CbmRoot. Тесты проводились как в составе полнофункционального прототипа детектора CBM RICH на пучке в CERN, так и на лабораторном стенде.
5. Для прототипа системы считывания и сбора данных исследованы: стабильность калибровок задержек и счетчика точного времени ВЦП; точность взаимной временной привязки на различных множествах каналов; временные свойства нанесенного на окно МА ФЭУ сместителя спектра при возбуждении черенковскими фотонами; возможности работы канала считывания при пониженных порогах. Проведен сравнительный ана-

лиз особенностей считывания многоанодного ФЭУ временным и аналоговым трактами. Продемонстрировано полное соответствие исследованных характеристик требованиям, предъявляемым со стороны детектора CBM RICH.

Практическая ценность работы:

Полученные в работе результаты могут быть использованы при создании экспериментальных установок в области релятивистской ядерной физики и физики частиц, как в проводимых в настоящее время экспериментах на ускорителях U70, SPS, RHIC, LHC, так и в планируемых исследованиях на ускорительных комплексах NICA и FAIR.

Научно-технический совет ЛИТ ОИЯИ отмечает следующие, наиболее важные, результаты диссертационной работы, в получение которых Е.В. Овчаренко внёс определяющий вклад:

1. разработка концепции и реализация пакета “CATIA-GDML geometry builder”, предназначенного для создания детальных геометрических моделей для Монте-Карло моделирования детекторов в GEANT и ROOT, а также для обмена геометрической информацией между этими средами и САПР CATIA v5;
2. создание гибкого и точного описания детектора CBM RICH в среде CbmRoot, на основе которого при участии автора осуществлена оптимизация конструкции и компоновки данного детектора;
3. разработка программного обеспечения для испытания прототипа системы считывания и сбора данных детектора CBM RICH в составе полнофункционального прототипа указанного детектора на пучковых тестах, проведённых при участии автора;
4. проведение исследований свойств прототипа системы считывания и сбора данных детектора CBM RICH на основе результатов пучковых тестов и измерений на специально подготовленном лабораторном стенде.

Достоверность полученных в диссертации результатов подтверждена результатами тщательного сравнения построенных МК-моделей с инженерными моделями, разработанными с применением САПР CATIA v5, многочисленными проверками правдоподобности результатов моделирования и их соответствия результатам пучковых тестов. В пользу достоверности полученных результатов говорит также непротиворечивое взаимодополнение результатов исследований прототипа CBM RICH и результатов, полученных с другими аналогичными приборами.

Основные результаты диссертации многократно докладывались и обсуждались на международных конференциях и семинарах и опубликованы в реферируемых журналах, в том числе из списка журналов, рекомендованного ВАК. Всё вышеперечисленное в совокупности свидетельствует о достоверности полученных в диссертации результатов и сделанных на их основании выводов.

Диссертационная работа представляет собой законченное научное исследование, содержащее новые результаты. Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения. В опубликованных автором работах достаточно полно отражены основные результаты и положения диссертации.

Основные результаты диссертации и отдельные положения диссертации докладывались на следующих международных конференциях и коллаборационных собраниях:

1. Международная конференция “The XXI International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS-2017)”, ОИЯИ, Дубна, Россия, 04.10.2017, устный доклад “Geometric modeling in particle physics community”;
2. Международная конференция “The 9th International Workshop on Ring Imaging Cherenkov Detectors (RICH 2016)”, Блед, Словения, 05-09.09.2016, представлен постер “Development of the CBM RICH readout electronics and DAQ”;
3. Международная конференция “The 20th IEEE-NPSS Real Time Conference (IEEE-NPSS RT2016)”, Падуя, Италия, 05-10.06.2016, представлен постер “Development of the CBM RICH readout and DAQ”;
4. Международная конференция “The XX International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists (AYSS-2016)”, ОИЯИ, Дубна, Россия, 14-18.03.2016, устный доклад “Development and characterization of CBM RICH readout and DAQ”;
5. Международная конференция “20th International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics (CHEP)”, Амстердам, Нидерланды, 14-18.10.2013, представлен постер “Development and application of CATIA-GDML geometry builder”;
6. Международное совещание “26th CBM Collaboration Meeting”, Прага, Чехия, 14-18.09.2015, устный доклад “PADIWA test measurements, beamtime analysis (TOT, WLS time resolution)”;
7. Международное совещание “25th CBM Collaboration Meeting”, ГСИ, Дармштадт, Германия, 20-24.04.2015, устный доклад “Beamtime analysis: FLIB readout, TOT, timing”.

Результаты, представленные в диссертации, обсуждались на научных семинарах ЛИТ ОИЯИ и ИЦФР:

1. Семинар ЛИТ ОИЯИ, Дубна, Россия, 16.11.2017, устный доклад “Разработка методов моделирования, сбора и анализа данных физических установок и их применение для детектора RICH эксперимента CBM”;
2. Семинар НОВФ ЛИТ ОИЯИ, Дубна, Россия, 22.12.2016, устный доклад “Development of the readout and DAQ system for CBM RICH and EXPERT. ‘CATIA-GDML geometry builder’ and Monte-Carlo geometry of CBM RICH”;
3. Семинар “Contribution of the young Russian scientists into the project FAIR”, ИЦФР, Москва, Россия, 14-15.12.2016, устный доклад “Detailed study of the stability and uniformity of the CBM RICH readout and DAQ prototype characteristics. Development and application of the Monte Carlo geometry package”;
4. Семинар “Contribution of the young Russian scientists into the project FAIR”, ИЦФР, Москва, Россия, 15-17.12.2015, устный доклад “Development of ‘CATIA-GDML geometry builder’ and CBM RICH software”;
5. Семинар “Contribution of the young Russian scientists into the project FAIR”, ИЦФР, Москва, Россия, 12-13.11.2013, устный доклад “Modernization of simulation and data acquisition packages of CBM experiment”.

По теме исследования автором опубликованы следующие работы в ведущих реферируемых научных журналах и изданиях:

1. *J. Adamczewski-Musch et al.* // Разработка системы считывания и приёма данных детектора RICH эксперимента CBM, Приборы и техника эксперимента (2018)
2. *J. Adamczewski-Musch et al.* // Tests of the CBM RICH readout and DAQ prototype, Phys. Part. Nuclei Lett. **14**, no. 6, pp. 904–912 (2017)
3. *J. Adamczewski-Musch et al.* // Development of the CBM RICH readout electronics and DAQ, NIM **A876**, pp. 246–248 (2017)
4. *J. Adamczewski-Musch et al.* // The RICH detector of the CBM experiment, NIM **A876**, pp. 65–68 (2017)
5. *J. Adamczewski-Musch et al.* // Conception and design of a control and monitoring system for the mirror alignment of the CBM RICH detector, NIM **A876**, pp. 119–122 (2017)
6. *J. Adamczewski-Musch et al.* // The CBM RICH project, NIM **A845**, pp. 434–438 (2017)
7. *J. Adamczewski-Musch et al.* // The CBM RICH detector, JINST **11**, no. 05 C05016 (2016)
8. *J. Adamczewski-Musch et al.* // Influence of wavelength-shifting films on multianode PMTs with UV-extended windows, NIM **A783**, pp. 43–50 (2015)
9. *S. Belogurov, Yu. Berchun, A. Chernogorov, P. Malzacher, E. Ovcharenko, V. Schetinin* // Development and application of CATIA-GDML geometry builder, J. Phys.: Conf. Ser. **513**, 022003 (2014)
10. *J. Adamczewski-Musch et al.* // Wavelength shifting films on multianode PMTs with UV-extended window for the CBM RICH detector, NIM **A766**, pp. 180–182 (2014)
11. *J. Adamczewski-Musch et al.* // The CBM RICH project, NIM **A766**, pp. 101–106 (2014)
12. *J. Adamczewski-Musch et al.* // Event reconstruction in the RICH detector of the CBM experiment at FAIR, NIM **A766**, pp. 250–254 (2014)
13. *J. Adamczewski et al.* // The CBM RICH detector, JINST **9**, C06002 (2014)
14. *S. Belogurov, Yu. Berchun, A. Chernogorov, P. Malzacher, E. Ovcharenko, A. Semennikov* // CATIA-GDML geometry builder, J. Phys.: Conf. Ser. **331**, 032035 (2011)

Диссертация «Разработка методов моделирования, сбора и анализа данных физических установок и их применение для детектора RICH эксперимента CBM» Овчаренко Егора Владимировича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 — приборы и методы экспериментальной физики.

Заключение принято на заседании Научно-технического совета Лаборатории информационных технологий Объединенного института ядерных исследований. Присутствовало на заседании ___ членов НТС ЛИТ из полного состава численностью 31 человек.

Результаты голосования: «за» — ___ чел., «против» — ___ чел., «воздержалось» — ___ чел., протокол № ___ от «___» февраля 2018 г.

Председатель НТС ЛИТ,
кандидат физ.-мат. наук

Айрян Э.А.

Секретарь НТС ЛИТ,
кандидат физ.-мат. наук

Стрельцова О.И.

Учёный секретарь ЛИТ,
кандидат физ.-мат. наук

Подгайный Д.В.