

УТВЕРЖДАЮ

Проректор МГУ имени М.В.Ломоносова

доктор физико-математических наук, профессор



А.А.Федянин

2015 г.

#### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова" (Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобельцына) о диссертации Соловьянова Олега Владимировича "Система калибровки и мониторинга сцинтилляционного адронного калориметра установки ATLAS радиоактивными источниками", представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – "Физика высоких энергий"

#### Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертация О.В.Соловьянова посвящена проблеме калибровки и непрерывного контроля работы (мониторинга) адронного калориметра – одного из базовых элементов экспериментальной установки ATLAS на Большом адронном коллайдере (БАК). Решение подобной проблемы является ключевым условием успешного проведения современного эксперимента в области физики высоких энергий. Стабильность параметров измерительной аппаратуры, точность и надёжность измерения характеристик многочисленных частиц, возникающих при взаимодействии протонов и ядер с энергиями порядка ТэВ, определяет возможность достаточно однозначной интерпретации данных измерений, необходимой для реконструкции и последующего анализа каждого исследуемого события. От эффективности и надёжности системы калибровки и мониторинга комплекса детекторов таких масштабных экспериментов, как ATLAS, CMS, LHCb на БАК, в конечном счёте зависит качество и достоверность полученных физических результатов. С этой точки зрения, актуальность разработки представленной в диссертации системы калибровки и мониторинга сцинтилляционного адронного калориметра установки ATLAS очевидна и несомненна.

**Научная новизна.** Уникальность базовых установок БАК, в частности, установки ATLAS, определяют уникальность и новизну созданной калибровочной системы. В данной работе, при определяющем участии О.В.Соловьянова, для калибровки и мониторинга адронного ка-

лориметра TaliCal детектора ATLAS была создана оригинальная система Cs MonSys, которая позволяет практически непрерывно следить за состоянием калориметрических детекторов с помощью источника, передвигающегося с потоком жидкости по системе каналов внутри калориметра, включая программное обеспечение для контроля работы, управления и сбора данных применительно к этой системе. Кроме того, проведены методические измерения свойств сцинтиляционных пластин калориметра стандартной и нестандартной конфигурации. В 2010-2013 годах данная система осуществляла контроль и калибровку адронного калориметра детектора ATLAS в ходе физических измерений на БАК.

**Практическая значимость.** Помимо непосредственного применения системы Cs MonSys в ходе проведения эксперимента ATLAS, на основании данных, полученных с помощью этой системы, удалось при создании установки эффективно скорректировать технологию производства фотоумножителей для адронного калориметра. Применённые методы, технические решения и опыт создания системы Cs MonSys использованы также для аналогичной системы калибровки адронного калориметра, задействованной в эксперименте LHCb в CERN. Полученные результаты могут и в дальнейшем найти применение при разработке новых подобных систем для будущих ускорительных экспериментов.

**Достоверность полученных результатов** обеспечивается соблюдением принятых правил планирования и проведения экспериментальных исследований. На стадии обработки используются методы статистического анализа. Кроме этого, параллельно выполнены аналогичные измерения с помощью других дополняющих методик, таких как калибровка с помощью лазера и светодиодов, а также на основе известных физических процессов, которые проверяют и дополняют измерения с источником.

**Общая характеристика работы.** Диссертация состоит из введения, обзора литературы, четырех глав, заключения и библиографии. Общий объем диссертации — 126 страниц, из них 117 страниц текста, 77 рисунков и 6 таблиц. Библиография содержит 58 наименований на 6 страницах.

**В первой главе** автор описывает проблемы современной калориметрии, в частности калибровочные измерения с источником, и способы решения этих проблем в различных экспериментах в области физики высоких энергий. В этой главе сформулированы также основные требования, которые были предложены для эксперимента ATLAS и впоследствии реализованы с помощью разработанной автором системы калибровки.

**Во второй главе** представлена разработанная автором система калибровки калориметра TaliCal детектора ATLAS с источником. Описание включает выбор источника, архитектуру системы, управление системой с дополнительными счетчиками, используемыми для

детектирования положения источника, а также программное обеспечение, разработанное для этой системы.

**В третьей главе** описаны процесс калибровки и процедура обработки калибровочных данных при сборке калориметра (пре-калибровка); также рассматриваются методические эффекты, связанные с загрузкой детекторов и наличием магнитного поля во время работы ускорителя. В результате этих исследований обнаружено кратковременное ухудшение чувствительности фотокатода используемых ФЭУ, вызванное накопленным зарядом (поглощённым светом) первоначально выбранной модели фотоумножителя. Эти данные позволили скорректировать конструкцию и улучшить характеристики ФЭУ. Была также определена оптимальная частота проведения калибровки во время работы ускорителя.

**В четвертой главе** приводятся результаты ряда методических исследований – таких, как выбор характеристик источника, особенности калибровки калориметрических модулей стандартной и нестандартной конфигурации, сертификация дополнительных (триггерных) сцинтилляционных счетчиков.

**В Заключении** суммируются полученные автором результаты, из которых основным является создание системы Cs MonSys для калибровки с источником, обеспечившей как начальную калибровку калориметрических модулей, так и калибровку и мониторинг адронного калориметра установки ATLAS в ходе физических измерений на БАК в 2009-2013 годах. Достигнутая точность 0,2–0,3% для стандартных ячеек калориметра и на уровне лучше чем 2% для отклика индивидуальных сцинтилляционных пластин удовлетворяет задачам калориметрического детектора TaliCal в рамках всей установки ATLAS. В процессе проектирования и создания системы проведены методические исследования и получены важные дополнительные результаты – такие, как сравнение стандартных и нестандартных (“обрезанных”) ячеек калориметра, мониторинг и взаимная калибровка радиоактивных источников и сертификация триггерных сцинтилляционных счетчиков.

По данной диссертации можно высказать следующие замечания и пожелания:

1. Некоторые термины вводятся раньше их расшифровки, что несколько затрудняет чтение. Например, “датчик типа SIN” впервые вводится на странице 37 без соответствующей ссылки, тогда как детальное описание датчиков этого типа приведено на странице 47.
2. Используются выражения типа “сырой спектр” (рис.2.25) или “суб-скан” – по-видимому, следствие небрежного перевода с английского, на котором написаны основные публикации.
3. Поскольку система Cs MonSys представляет собой довольно сложную гидромеханическую систему с удаленным управлением и включалась достаточно часто, следовало бы ука-

зять частоту отказов в процессе эксплуатации как гидромеханической части, так и программного управления.

Данные замечания не снижают общей экспериментальной и прикладной ценности работы. Выводы и положения диссертации соответствуют изложенным результатам. Созданная система является важным вкладом в методику развития экспериментов в физике высоких энергий – в частности, её использование обеспечило возможность получения большей части результатов эксперимента ATLAS.

Диссертация Соловьянова Олега Владимировича “Система калибровки и мониторинга сцинтилляционного адронного калориметра установки ATLAS радиоактивными источниками” соответствует предъявляемым к кандидатским диссертациям требованиям “Положения о присуждении ученых степеней”, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842,, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 – “Физика высоких энергий”. Автореферат отражает содержание диссертации.

Отзыв составлен ведущим научным сотрудником Научно-исследовательского института ядерной физики имени Д.В.Скобельцына Московского Государственного Университета имени М.В.Ломоносова Ольгой Леонидовной Кодоловой. Отзыв обсужден и утвержден на семинаре Отдела экспериментальной физики высоких энергий НИИЯФ МГУ 23 ноября 2015 года.

Директор НИИЯФ МГУ,  
доктор физико-математических наук,  
профессор

Заведующий ОЭФВЭ НИИЯФ МГУ,  
доктор физико-математических наук,  
профессор



М.И.Панасюк

Э.Э.Боос