

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор НИЦ «Курчатовский институт» - ИВФЭ

Доктор физико-математических наук, академик

С.В. Иванов

20 г.



## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Симоненко Александра Валерьевича

**«Создание системы контроля и изучение характеристик мюонных счетчиков  
установки CDF II для экспериментов на Тэватроне»,**

представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности

01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики

Коллайдерные эксперименты играют исключительно важную роль в изучении современных аспектов физики высоких энергий. Одним из выдающихся экспериментов современности по праву можно считать эксперимент CDF на коллайдере Тэватрон. Именно в экспериментах CDF и D0 в 1995 году был обнаружен последний недостающий кварк Стандартной модели - топ кварк. Эксперимент CDF стартовал в 1988 году, претерпел модернизацию с 1996 по 2000 гг. и завершился в 2011 году. За это время была выполнена большая физическая программа, включающая изучение свойств тяжелых кварков, электро-слабых взаимодействий, поиск новых явлений за пределами Стандартной модели и поиск бозона Хиггса.

Принципиально важной составной частью современных спектрометрических комплексов являются сцинтилляционные детекторы, которые благодаря своему быстродействию используются для восстановления треков в дрейфовых камерах. В эксперименте CDF совокупность сцинтилляционных детекторов и дрейфовых камер образует мюонный триггер. Обеспечение высокой эффективности работы мюонного триггера является актуальной и важной задачей, ей и посвящена основная часть работы представленной диссертантом.

Кроме того, в диссертации А.В. Симоненко, рассмотрена интересная физическая задача, направленная на поиск явлений за пределами Стандартной модели. Смысл данного анализа заключается в определении заряда топ кварка на данных CDF с целью



подтверждения или опровержения гипотезы Чанга, которая предсказывает существование экзотического топ кварка с отрицательным зарядом  $-4/3$  и массой в области  $170 \text{ ГэВ}/c^2$ .

Таким образом, в рамках данной диссертации представлена совокупность методических и научных исследований, показывающая полноценность и завершенность выполненной работы и доказывающая высокий профессиональный уровень диссертанта.

### Структура работы.

Диссертация Симоненко А.В. состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы.

Во Введении сформулирована актуальность, приведены цели диссертационной работы, отмечена научная новизна и практическая значимость полученных результатов. Представлен личный вклад диссертанта и перечислены выносимые на защиту положения. Приведены данные апробации работы и даны ссылки на опубликованные статьи. В конце кратко изложена структура диссертации.

В главе 1 дано описание ускорительного комплекса Фермилаба, коллайдера Тэватрон и экспериментальной установки CDF. Описывается совокупность линейных и кольцевых ускорителей, источников протонов и антипротонов. Приводятся основные параметры Тэватрона. Кратко описывается модернизация эксперимента CDF и полученные физические результаты. Завершает главу подробное описание детектора CDF.

Глава 2 посвящена созданию новой системы контроля над сцинтилляционными детекторами установки CDF. Работы по созданию велись с 2007 по 2009 гг., система прослужила до окончания эксперимента в 2011 г. Кратко описываются подсистемы мюонного триггера, деление мюонных счетчиков на старые и новые типы. К старому типу относятся счетчики, эксплуатируемые с 1992 года. Детекторы периода RUN II (с 2002 года) представляют новый тип. Затем следует подробное описание аппаратной части и программного обеспечения счетчиков обеих типов для экспертного терминала. Отдельный раздел главы рассматривает аппаратные средства, впервые примененные в рамках новой системы контроля. Далее приводится описание глобальной среды мониторинга за всей установкой CDF, в основе которой лежит SCADA система iFIX и объясняется принцип ее работы. Подробно описывается новое программное обеспечение, позволившее интегрировать систему контроля над сцинтилляционными детекторами мюонного триггера в глобальную среду мониторинга и осуществлять контроль над системой операторами смен.

В главе 3 отражено исследование старения сцинтилляционных счетчиков установки CDF на протяжении длительного периода (1999-2009 гг.). Данное исследование имеет



большое значение для создания долгосрочного прогноза их эффективности. Дается подробное описание экспериментального стенда и методики измерений, описывается состав выборки тестируемых образцов, задействованных на установке CDF. Приведены результаты измерения постоянной старения и дана оценка текущей эффективности регистрации мюонов детекторами и прогноз их эффективности до 2014 года. Рекомендована замена части счетчиков из-за значительного снижения эффективности регистрации. Отдельным пунктом рассматривается поведение технической длины ослабления (с англ. TAL) в течение 7 лет (2002-2009 гг.) для более полного понимания процесса старения пластиковых сцинтилляторов со спектрсмещающими волокнами в качестве световода.

В главе 4 описывается процедура проверки гипотезы существования экзотического топ кварка с зарядом  $-4/3$  (модель Чанга) на данных эксперимента CDF. Данная гипотеза выходит за рамки Стандартной модели, что, несомненно, представляет научный интерес. В анализе использовались события распада  $t\bar{t}$  в моде «лептон-струи». Описываются критерии отбора событий для последующего анализа, процедура реконструкции  $t\bar{t}$  события, алгоритм определения заряда струи, кратко описаны фоновые процессы. Далее подробно описывается статистическая обработка с использованием метода максимального правдоподобия. В результате проведенной работы существование экзотического топ кварка с зарядом  $-4/3$  было исключено с 99% уровнем достоверности.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы.

**Личный вклад автора** включает разработку всего программного обеспечения для системы контроля сцинтилляционными счетчиками мюонного триггера (2007-2011 гг.), включая программы для экспертного терминала и программы в среде iFIX 5.0 в рамках Глобальной Системы Контроля установки CDF. Диссертант, являясь экспертом мюонной системы, проводил серии измерений контрольной группы мюонных счетчиков в 2007 и 2009 годах для изучения процесса старения. Он участвовал также в статистическом анализе гипотезы существования экзотического топ кварка с зарядом  $-4/3$ .

**Научная и практическая ценность работы** напрямую вытекает из основных выводов диссертации. Работа по созданию системы контроля позволила непрерывно мониторировать работу детекторов мюонного триггера, минимизировать время восстановления после сбоев, и тем самым, повысить эффективность регистрации частиц установкой в целом. Было определено, что полистирол – более стойкая к деградации основа для сцинтиллятора чем поливинилтолуол, что подтверждается полученными значениями постоянной старения (10,7 и 5.3 лет соответственно) за период наблюдений 10



лет. Также полистирольные сцинтилляторы со спектрсмещающими волокнами в качестве световода продемонстрировали хороший результат по стабильности TAL во времени. За 7 лет наблюдений падение TAL не превысило 25%. Анализ старения сцинтилляционных детекторов позволяет спрогнозировать значение их эффективности регистрации в будущем и тем самым заранее запланировать конкретные шаги по их возможной модернизации или замене. И наконец, опровержение гипотезы о существовании экзотического топ кварка с зарядом  $-4/3$  очередной раз показывает основательность постулатов Стандартной модели.

**Замечания:**

1. Автору стоило бы привести сравнение полученных им данных по старению пластических сцинтилляторов с другими мировыми данными.
2. Автору следовало бы привести в диссертации эффективность работы сцинтилляционных счетчиков во время набора данных CDF, измеренную на реальных мюонных треках.
3. На стр.77 упоминается  $t'$ -кварк, который нигде больше в тексте не встречается. Из приведенного текста сразу не ясно входит ли этот кварк в модель Чанга. Судя по приведенному значению массы, ссылке и упоминанию RUN I это не так. Возможно, упоминание этого кварка в тексте лишнее.
4. Хотелось бы видеть в диссертации соответствующие ссылки и/или краткое сравнение результатов проверки гипотезы существования экзотического  $t'$ -кварка с другими экспериментами, где эта проверка проводилась.

Кроме того, имеется небольшое количество неточностей и опечаток, не искажающих содержание работы. В целом, диссертационная работа оставляет хорошее впечатление. Выводы глав опираются на соответствующие публикации в реферируемых международных изданиях. Достоверность результатов и обоснованность выводов не вызывают сомнений. Автореферат корректно отражает содержание диссертации. Диссертация доложена автором, заслушана и обсуждена на семинаре Отделения экспериментальной физики НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ 4 апреля 2018 года.

Работа выполнена на высоком уровне, удовлетворяет всем требованиям ВАК к кандидатским диссертациям. Ее автор Симоненко Александр Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики.

Отзыв составил

главный научный сотрудник

Отделения экспериментальной физики

доктор физико-математических наук

Телефон: +7 496 713026,

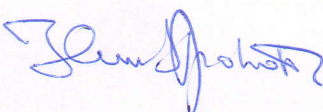
E-mail: Vladimir.rykalin@ihep.ru

 В.И. Рыкалин

Подпись В.И. Рыкалина заверяю,

Ученый секретарь

НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ

 Н.Н. Прокопенко

Федеральное государственное бюджетное учреждение

Институт физики высоких энергий имени А.А. ЛОГУНОВА

Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

(НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ)

142281, Московская область, город Протвино, площадь Науки, дом 1

Тел.: (4967) 71-36-23

Email: fgbu@ihep.ru