

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию  
*Курепина Александра Николаевича*

на тему «Автоматизированная система управления и контроля стартового детектора времяпролетной системы эксперимента ALICE на Большом Адронном Коллайдере»  
по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики – на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Одним из наиболее актуальных направлений развития релятивистской ядерной физики в настоящее время является поиск нового состояния ядерной материи – кварк-глюонной плазмы. В столкновениях тяжелых ионов при высоких энергиях устанавливаются экстремальные температуры и плотности, при которых ожидается формирование среды, обладающей киральной симметрией - фундаментальной симметрией сильных взаимодействий. Одним из крупнейших международных экспериментов, нацеленных на поиск и исследование свойств кварк-глюонной плазмы в столкновениях пучков тяжелых ионов при сверхвысоких энергиях, является эксперимент ALICE (A Large Ion Collider Experiment) на ускорителе LHC (Large Hadron Collider) – Большом адронном коллайдере в CERN (Швейцария).

Основополагающие экспериментальные методы на установке ALICE – идентификация частиц, образующихся в столкновениях протонов и ядер, определение их полных выходов с последующим изучением распределений по поперечному импульсу - исключительно важны для поиска указаний на существование нового состояния ядерной материи, дальнейшего развития физики столкновений ультрарелятивистских ядер.

Как известно, в таких крупных экспериментах, как ALICE, быстрые передние триггерные детекторы являются неотъемлемой и важной частью триггерной и времяпролетной систем, созданных с целью идентификации частиц, формирования триггеров, изучения множественности рождения заряженных частиц, измерения центральности взаимодействия и угла плоскости реакции.

Диссертация А.Н. Курепина посвящена разработке методики построения, созданию и испытанию распределенной автоматизированной системы управления и контроля для триггерного стартового времяпролетного детектора T0 эксперимента ALICE. Экстремально высокие требования эксперимента ALICE к временному разрешению детектора T0 на уровне 30-40 пс, необходимому для идентификации частиц времяпролетной системой и формирования быстрого триггера, определяют необходимость создания системы управления, автоматической настройки, калибровки и

установки параметров стартового детектора T0 (так называемой DCS-системы) в зависимости от условий проведения эксперимента. Предложенные автором и реализованные на практике новые методы построения такой автоматизированной DCS-системы, необходимой для стабильной работы всех подсистем детектора и достижения рекордного разрешения времяпролетной системы, и определяют **актуальность диссертации** А.Н. Курепина.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка цитируемой литературы, списка публикаций автора по теме диссертации. Работа изложена на 165 страницах машинописного текста, включая 69 рисунков и 3 таблицы.

**Во введении** автор даёт краткую информацию об уникальной системе ускорителей в CERN, которые обеспечивают работу Большого адронного коллайдера (БАК). Приведены описания четырёх основных и трёх дополнительных экспериментов, расположенных на встречных пучках БАК: ALICE, ATLAS, CMS, LHCb, TOTEM, LHCf и MoEDAL. Более подробно представлены данные по эксперименту ALICE: фундаментальные ядерно-физические задачи, решаемые в эксперименте, конструкция и основные характеристики всех основных детекторов, в частности триггерного стартового времяпролетного детектора T0, обладающего уникальными характеристиками, необходимыми для идентификации частиц. Для получения вышеуказанного высокого временного разрешения детектора T0 и формирования стабильных во времени триггерных сигналов **автор обосновывает актуальность** разработки и необходимость создания автоматизированной системы управления и контроля T0-детектора.

**Первая глава** посвящена описанию задач и функций детекторной системы - приводятся обзор и подробное описание триггерного стартового времяпролетного детектора T0 в эксперименте ALICE, состоящего из 2-х сборок черенковских счетчиков T0A и T0C на основе кварцевых радиаторов и фотоприемников ФЭУ-187, созданных коллективами ряда Российских институтов. Отдельно представлены конструкция и рабочие характеристики черенковских счетчиков. Подробно описаны управляемые модули быстрой и триггерной электроники, охарактеризованы системы сбора данных и формирования триггерных сигналов. Обсуждены вопросы интеграции детектора T0 в глобальную систему триггеров установки ALICE.

**Вторая глава** диссертации посвящена системе диспетчерского контроля и управления детектором T0. Обоснованы задачи автоматизированной системы, представлены разработанные лично автором методика и алгоритм построения автоматизированной системы управления и контроля детектором T0. В главе приводятся основные сведения об используемой промышленной системе диспетчерского управления и контроля WinCC

Open Architecture, дано описание методов настройки аппаратных компонентов центральной системы управления DCS, системы управления быстрой электроники на основе клиент-серверного приложения, лично разработанного автором. Большую **практическую значимость** для подготовки операторов имеет предложенная А.Н. Курепиным разработка системы «оператор-компьютер-детектор» на основе комплекса компьютерных панелей управления детектора T0 и её интеграция в систему управления экспериментом ALICE в целом. Обсуждаются методы автоматической настройки и калибровки детектора T0, а также возможности использования детектора T0 для анализа состояния пучка.

**В третьей главе** диссертации автор подробно описывает методику калибровки детектора T0, основанную на применении пикосекундной оптической лазерной системы, обсуждаются условия функционирования детектора T0 в экспериментах на установке ALICE. Приведена структурная схема лазерной системы для калибровки детектора T0. В главе достаточно обоснованно выделен пункт «Подготовка детектора к измерениям», в котором обращается внимание на тот факт, что основная задача детектора T0 – точное определение времени взаимодействия частиц (T0), поэтому в период подготовки детектора к физическим измерениям во временных каналах возникает необходимость измерения, выравнивания и контроля задержек сигналов фронтальной электроники, а также измерения время-амплитудных характеристик, которые являются уникальными для каждого временного канала. В конце главы представлены результаты измерения физических характеристик детектора T0: приводятся зависимости коэффициента усиления ФЭУ-187 при отсутствии магнитного поля и при величине магнитного поля 0,5 Тл при одних и тех же значениях рабочего напряжения на ФЭУ-187 для различного энерговыделения частиц. В качестве результата показано, что наблюдается значительное уменьшение коэффициента усиления ФЭУ-187 при повышении магнитного поля до величины 0,5 Тл и, как следствие, изменение его задержки, которое необходимо табулировать и автоматически компенсировать между циклами калибровки детектора.

**Четвертая глава** диссертации посвящена обсуждению физических результатов о столкновениях протонов и ядер, полученных на установке T0: приведён краткий обзор метода идентификации частиц по времени пролета и подчеркнута роль стартового детектора T0 в обработке физических данных в эксперименте ALICE, проведено сравнение результатов идентификации заряженных частиц методом времени пролёта с участием детекторов TOF и T0 при столкновениях ядер свинца. Показано, что автоматизированная калибровка и контроль параметров детектора T0 средствами DCS позволяет поддерживать стабильно высокое временное разрешение (для взаимодействий

Pb-Pb  $\sim 25$  пс и p-Pb  $\sim 30$  пс) стартового детектора и времяпролетной системы в целом, определяющее порог идентификации частиц. В подтверждение эффективности контроля параметров детектора T0, автор приводит физические результаты, полученные с участием детектора T0: измерение зависимости распределения выхода заряженных частиц от псевдобыстроты в столкновениях ядер свинца при энергии 2,76 ТэВ/нуклон, множественности в p-p, p-Pb и Pb-Pb столкновениях и определение угла плоскости реакции в столкновениях ядер свинца.

**В заключении** приведены основные итоги диссертационной работы. Автор делает вывод, что «основной результат диссертации заключается в создании системы управления и контроля детектором T0, что обеспечило его стабильную работу в течение всего периода первых измерений на установке ALICE в 2009-2013 гг.»

**Научная новизна диссертации** А.Н. Курепина определяется как постановкой актуальной задачи при выборе темы научной работы, так и полученными результатами, среди которых наиболее значимым является создание новой автоматизированной DCS-системы управления и контроля детектором T0, предназначенной для работы в составе установки ALICE и обеспечивающей стабильность уникальных временных и триггерных характеристик детектора T0. Отладка и внедрение автоматизированной DCS-системы детектора T0 позволили достичь рекордно высокого и стабильного разрешения времяпролетной системы и, как следствие, получить новые научные данные в эксперименте ALICE.

**Практическая значимость диссертации** А.Н. Курепина заключается в том, что разработанная автоматизированная DCS-система детектора T0 является частью действующей установки ALICE, обладающей уникальными характеристиками в области идентификации частиц. Как отмечено в диссертации, созданная система позволила обеспечить бесперебойную работу детектора T0 во время измерительных сеансов 2009-2013 гг. на установке ALICE. Без сомнения, содержащаяся в диссертации информация будет полезна экспертам по автоматизации установок и операторам систем управления крупных экспериментально-технических и научных комплексов.

**Достоверность** результатов создания автоматизированной DCS-системы детектора T0 определяется уникальной физической информацией, полученной в эксперименте ALICE в течение измерительных сеансов 2009-2013 гг. Материалы, имеющие отношение к проведенной диссертационной работе, опубликованы А.Н. Курепиным в 18 научных трудах. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне. Вклад автора в представленные исследования является значимым, приведенные результаты получены либо самим автором, либо при его непосредственном участии.

Работа прошла достаточную **апробацию**. Результаты диссертации были представлены в виде докладов на: научной сессии МИФИ-2005 (Россия, г. Москва, 2005 г.), Конференции «13-th ISTC SAC Seminar "New Perspectives of High Energy Physics" 1-5 September, 2010, Novosibirsk, Russia» и Рабочих международных совещаниях коллаборации ALICE (2008 – 2014 гг.)

Результаты диссертационной работы А.Н. Курепина могут быть использованы при разработке новых систем детекторов с высоким временным разрешением для нового эксперимента MPD/NICA в ЛФВЭ (ОИЯИ, г. Дубна), также они могут найти применение в учреждениях и институтах, занимающихся исследованиями в области релятивистской ядерной физики: НИЯУ "МИФИ", НИИЯФ МГУ и др.

По содержанию и тексту диссертации А.Н. Курепина необходимо сделать следующие замечания:

1. В диссертации отсутствует современная информация, т.е. в каком состоянии находится DCS-система нынешнего детектора T0 (степени его готовности к физическому сеансу RUN2 в 2015-2016 гг). Проведена ли модернизация DCS-системы? Если да, то в чём модернизация состояла? По-видимому, основные параметры детектора T0 должны соответствовать новым требованиям проведения экспериментов после реконструкции коллайдера в 2013-2014 гг;
2. Объем текста введения и первых двух вводных глав диссертации составляет около  $\frac{3}{4}$  полного объема, что несколько нарушает структуру изложения: часть текста с демонстрацией многочисленных панелей управления, вероятно, можно бы было оформить отдельным приложением;
3. В тексте диссертации автором допущены определённые небрежности и орфографические ошибки, среди которых можно выделить следующие:
  - на стр.7 диссертации написано: «...при центральных Pb-Pb-столкновений». Надо писать: «...при центральных Pb-Pb-столкновениях»;
  - на стр. 30 (строка 3 снизу) диссертации написано: «...также от OR TVDC MPD MeanTimer и генератора точки отсчета.» Отсутствуют запятые – это 4 или 5 различных электронных модуля?;
  - на стр. 32 (строка 4 сверху) диссертации написано: «Сигналы ФЭУ с обеих сторон...» Надо писать «Сигналы ФЭУ с обеих сторон...»;
  - на стр. 41 (строка 12 снизу) диссертации написано: «...время прилета частиц на каждое ФЭУ.» Надо писать «...время прилета частиц на каждый ФЭУ»;

- на стр. 41 (строка 2 снизу) диссертации написано: «Временное разрешение детектора составляет порядка 50 нс». Надо писать «50 пс»;

- на стр. 72 также допущены две орфографические ошибки: подпись рис.22 «...с длинной светового импульса» и (строка 4 снизу) написано: «...для внешнего триггерно сигнала».

Сделанные замечания и выделенные отдельные небрежности в тексте, тем не менее, не снижают научную значимость диссертации А.Н. Курепина и не влияют на основные защищаемые положения диссертации.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, представляет из себя законченную научно-квалификационную работу и удовлетворяет всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук в части касающейся диссертаций на соискание степени кандидата наук, а ее автор, Курепин Александр Николаевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 — Приборы и методы экспериментальной физики.

**10.03.2015 г.**

Кандидат физико-математических наук,

Доцент кафедры № 11 "Экспериментальные методы ядерной физики" Национального исследовательского ядерного университета «НИЯУ МИФИ»

П.Ю. Наумов

Россия, 115409, Москва, Каширское шоссе, д. 31

Тел.8(495) 788-56-99\*8217, E-mail: PUNaumov@mephi.ru

Наумов Петр Юрьевич

доцент кафедры № 11 "Экспериментальные методы ядерной физики"  
Национального исследовательского ядерного университета «НИЯУ МИФИ»

Список научных трудов за 2011-2014гг.

1. В.В. Кушин, П.Ю. Наумов, С.Н. Федотов, Современные сцинтилляционные трековые камеры для регистрации космического излучения, Ядерная физика и инжиниринг. 2011, т.2, № 6, с.494-501.
2. И.В.Архангельская, А.И.Архангельский, А.Г.Батищев, Н.В.Кондратьева, П.Ю. Наумов, Быстродействующий детектор нейтральных частиц для спутниковых космофизических экспериментов, Ядерная физика и инжиниринг. 2011, т.2, № 5, с.395-401.
3. А.Г. Батищев, А.М. Гальпер, П.Ю. Наумов и др., Применение многослойных пленочных электромагнитных экранов в бортовых космофизических спектрометрах, Ядерная физика и инжиниринг. 2012, т.3, № 5, с.445-454.
4. А.М. Гальпер, О. Адриани, П.Ю. Наумов и др., Характеристики гамма-телескопа ГАММА-400 для поиска следов темной материи, Известия РАН, Сер.физ., 2013, т.77, №11, с.1605.
5. А.Г. Батищев, А.М. Гальпер, С.А. Гришин, П.Ю. Наумов, Н.С. Недвецкий, Аппаратно-программные средства для наземной отработки бортовых спектрометров заряженных частиц, Ядерная физика и инжиниринг. 2014, т.5,
6. № 3, с.247.
7. А.М. Гальпер, В.А. Каплин, А.А. Леонов, П.П. Наумов, П.Ю. Наумов и др., Методика регистрации гамма-излучения с энергией более 50 ГэВ космическим гамма-телескопом, Ядерная физика и инжиниринг. 2014, т.5,
8. № 3, с.257.
9. А.М. Galper, O. Adriani, R.L. Aptekar, P.Y. Naumov et al., Status of the GAMMA-400 Project, Adv. In Space Res., 2012, P.P. 297-300
10. А.М. Galper, Y.V. Gusakov, P.Y. Naumov et al., Characteristics of the GAMMA-400 Gamma-Ray Telescope for Searching for Dark Matter Signatures, Bulletin of RAS: Physics, 2013, T.77, N.11, P.P. 1339-1342
11. А.М. Galper, O. Adriani, R.L. Aptekar, P.Y. Naumov et al., Design and Performance of the GAMMA-400 Gamma-Ray Telescope for the Dark

- Matter Searches, AIP Conf. Proc., Centenary Symp. 2012: Discovery of the Cosmic Rays, 2013, P.P. 288-292
- 12.E. Mocchiutti, A. M. Galper, O. Adriani, P.Y. Naumov et al., The GAMMA-400 Space Experiment: Gammas, Electrons and Nuclei Measurements, Nuclear Physics B Proc. Suppl., 2013, P.P. 201-209
  - 13.A.M. Galper, O. Adriani, R.L. Aptekar, P.Y. Naumov et al., The Space-Based Gamma-Ray Telescope GAMMA-400 and Its Scientific Goals, Впечати 2014г.
  - 14.A.A. Moiseev, A.M. Galper, O. Adriani, P.Y. Naumov, Dark Matter Search Perspectives with GAMMA-400, Впечати 2014г.
  - 15.A.M. Galper, O. Adriani, et al., The GAMMA-400 Space Observation: Status and Perspectives, arXiv:1412.4239v1 13dec 2014