



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

Дубна, Московская область, Россия 141980 Dubna Moscow Region Russia 141980
Telefax: (7-495) 632-78-80 Tel.: (7-49621) 65-059 AT: 205493 WOLNA RU E-mail: post@jinr.ru http://www.jinr.ru

29 АПР 2021

№ 002 - 04 / 484

на № _____ от _____

Утверждаю:

Директор Международной
межправительственной организации
Объединенного института ядерных
исследований,
д.ф.-м.н., академик РАН
Трубников Г.В.



«27» 04. 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию

Дорохова Виктора Леонидовича

«Развитие методов оптической диагностики в циклических ускорителях
заряженных частиц»,

представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности

01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Актуальность темы исследования

Современные средства и методы определения параметров пучков являются необходимыми инструментами обеспечения эффективности эксплуатации ускорительных установок. Дальнейшее развитие ускорительной техники

неразрывно связано как с совершенствованием существующих средств наблюдения за параметрами пучка частиц в ускорителе, так и с разработкой новых средств диагностики.

Привлекательность использования в циклических ускорителях оптических методов диагностики вызывается естественной особенностью таких установок – синхротронным излучением (СИ) из элементов магнитной структуры ускорителя. При этом не оказывается никакого воздействия на пучок исследуемых заряженных частиц, что делает оптическую диагностику очень востребованным способом получения необходимой информации.

В случае невозможности использования СИ для наблюдения за параметрами пучка используются диагностики, в которых исследуемый пучок взаимодействует с телом датчика, такие как люминофор или черенковский радиатор.

Диссертационная работа В.Л. Дорохова посвящена: разработке новой оптической диагностики источника синхротронного излучения «КИСИ Курчатов» с целью создания современного инструмента для измерения параметров пучка;

исследованию параметров новой модели диссектора, использующегося для регистрации продольного распределения заряда в пучке частиц по СИ, и его применению на действующей установке;

исследованию временной структуры пучка линейного ускорителя инжекционного комплекса ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН с целью оптимизации количества захваченных частиц пучка в кольце накопителя-охладителя комплекса;

исследованию светового выхода ряда люминофорных экранов, на основе различных материалов, используемых для диагностики пучков заряженных частиц.

Оценка структуры и содержания работы

Кандидатская диссертация Дорохова В.Л. состоит из введения, трёх глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, списка иллюстративного материала, списка таблиц. Общий объем работы 129 страниц, из них 107 страниц текста, включая 67 рисунков и 11 таблиц. Библиография включает 89 наименований на 12 страницах.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, показана практическая значимость полученных результатов и представлены выносимые на защиту научные положения.

В первой главе, посвященной новой системе оптического наблюдения источника СИ «КИСИ Курчатов», рассматриваются основные свойства СИ, генерируемого в дипольном магните. Приводится описание нового комплекса оптической диагностики накопителя «Сибирь-2» и входящих в него приборов. Рассмотрены основные ограничения проекционной оптики, определяющие минимально видимый размер пучка при регистрации его изображения, связанные как с дифракционным пределом, так и с ненулевыми размерами области излучения, с которой собирается СИ. Обоснована необходимость использования интерферометра на основе двухщелевой схемы Юнга для определения вертикального размера пучка частиц, приводятся расчеты параметров щелевой диафрагмы, а также результаты измерений с его помощью.

Описывается новый быстрый профилометр, разработанный на основе линейки лавинных фотодиодов, приводится его сравнение с предыдущей версией прибора на основе многоанодного ФЭУ, используемого на коллайдере ВЭПП-4М (ИЯФ им. Г.И.Будкера СО РАН). Приводятся результаты регистрации сгустков пучка новым профилометром, полученные в процессе работы устройства на комплексе «КИСИ Курчатов».

Вторая глава диссертации посвящена новой модели диссектора – прибора для регистрации продольного распределения заряда в пучке. Необходимость разработки этого прибора обосновывается несоответствием временного разрешения ранее используемого прибора современным требованиям. В главе описаны принцип работы диссектора и установки, разработанной для определения временного разрешения нового прибора, приводятся результаты стендовых испытаний. *Параграф 2.3 второй главы* посвящен сравнению результатов измерений продольного размера сгустка пучка в кольце источника СИ Metrology Light Source (Национальный Институт Метрологии Германии), произведенных новым диссектором и стрик-камерой производства Hamamatsu Photonics.

Третья глава посвящена контактным оптическим датчикам. Первый параграф главы посвящён люминофорным датчикам как средству наблюдения поперечного распределения заряда в пучке. Во втором параграфе описываются наблюдения продольного распределения заряда в пучке по излучению Вавилова-Черенкова, генерируемого в кварцевом радиаторе.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Продемонстрировано, что разработанная и введенная в строй система оптической диагностики источника СИ «КИСИ-Курчатов», способна обеспечивать комплекс информацией о требуемых параметрах пучка с необходимой точностью.
2. Показана возможность достижения временного разрешения в пределах единиц пикосекунд с помощью диссектора, созданного на основе разработанного в ИОФ РАН электронно-оптического преобразователя ПИФ-01, что подтверждено прямыми измерениями на специально подготовленном

стенде в ИОФ. Продемонстрирована функциональность новой модели диссектора на источнике СИ Metrology Light Source (MLS, Берлин).

3. Проведено исследование зависимости светового выхода от плотности заряда в пучке для ряда люминофорных экранов, изготовленных из различных люминесцентных материалов. Показано, что эти характеристики линейны в области плотностей заряда вплоть до $1.5 \cdot 10^{10} n_e/\text{см}^2$ для энергии электронов 354 МэВ и до плотностей заряда $10^{11} n_e/\text{см}^2$ при энергии электронов 1825 МэВ.

4. Показано, что стрик-камера в комплексе с датчиком на основе излучения Вавилова-Черенкова является эффективным средством исследования структуры пучка в линейном ускорителе.

Соответствие темы и содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации

Содержание диссертации, её завершенность в целом соответствуют требованиям, предъявляемым ВАК. Тема исследования соответствует заявленной научной специальности.

Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Автореферат оформлен в соответствии с требованиями ВАК, правильно и достаточно полно отражает основное содержание диссертации.

Личный вклад соискателя в получение результатов исследования

Личный вклад Дорохова В.Л. в результаты работ, представленных в диссертации, является определяющим и заключается в проведении экспериментальных измерений, разработке теоретических подходов к получению данных и осуществлению исследований, разработке программного обеспечения, используемого для получения экспериментальных данных.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность полученных в диссертации результатов не вызывает сомнений. Ограничения и допущения, указанные в работе обоснованы в полном объеме и апробированы на аналогичных системах. Представленные в работе исследования научно обоснованы и продиктованы требованиями к приборам регистрации параметров пучков заряженных частиц современных установок.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Успешно введен в эксплуатацию и предоставляет необходимый арсенал современных диагностических инструментов новый комплекс оптической диагностики источника синхротронного излучения «КИСИ-Курчатов».

Уникальный прибор пооборотной регистрации поперечного профиля пучка (профилометр на основе массива лавинных фотодиодов) включен в состав оптической диагностики ускорительного комплекса «КИСИ-Курчатов». Опыт использования этого прибора был учтен при разработке аналогичной диагностики, вошедшей в комплекс оптического наблюдения коллайдера ВЭПП-2000 (ИЯФ СО РАН).

Новая модель диссектора испытана и применена на действующей установке, временное разрешение этого прибора было значительно улучшено по сравнению с предыдущей моделью ЛИ-602, и отвечает современным требованиям, предъявляемым к этой диагностике, что позволяет использовать его в составе модернизированных или новых систем наблюдения за пучком.

Результаты измерений светового выхода люминофоров, приведенные в работе, могут быть учтены при модификации подобной диагностики на действующих установках и при проектировании будущих как в России, так и за рубежом.

Исследована продольная структура пучка электронов в линейном ускорителе инжекционного комплекса ИЯФ СО РАН. Наблюдения, проведённые с помощью черенковского радиатора, помогли оптимизировать режим работы линейного ускорителя. Продемонстрирована универсальность и высокая надежность стрик-камер, производимых ИОФ им. А.М. Прохорова РАН, при работе в условиях высокого уровня электромагнитных помех и радиационного фона, что показало широкие возможности для их использования на ускорительных установках.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты и выводы диссертации могут быть использованы в исследовательских центрах РФ: ОИЯИ, ИАЭ им. И.В. Курчатова, ИЯФ им. Г.И. Будкера СО РАН, а также зарубежных стран, где разрабатываются, создаются и эксплуатируются ускорительно-накопительные комплексы.

Новизна и научная ценность полученных результатов

Научная новизна диссертации заключается в разработке новых, уникальных методик и приборов, позволяющих осуществлять наблюдение параметров пучков заряженных частиц и исследовать различные эффекты в современных циклических ускорителях заряженных частиц.

Замечания по диссертационной работе

На заседании Секции физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники Общеинститутского семинара при обсуждении доклада диссертанта ему были заданы вопросы и высказаны конкретные замечания по теме диссертации. В частности, участниками семинара было высказано замечание, что в разделе "Пункты, выносимые на защиту" не следует ограничиваться общими утверждениями, а необходимо привести численные характеристики разработанных приборов. Так, в п.1 желательно указать точность работы системы оптической диагностики; в п.2 – какое временное разрешение может быть достигнуто; в п.3 необходимо указать уровни светового выхода

люминофорных экранов, о которых идет речь; в п.4 необходимо пояснить, в чем заключается эффективность применения стрик-камеры.

В докладе, представляя характеристики порошковых люминофоров, полезно было бы указать длительность после свечения такого люминофора, а в описании датчика на основе излучения Вавилова-Черенкова – какую пиковую и среднюю мощность выдерживает «мишень» формирования излучения («конус»). Там же полезно было бы отметить применимость такого датчика для протонов и ионов релятивистских энергий.

Интересно было бы также привести сравнение разработанной системы диагностики с зарубежными аналогами, а также отметить возможность применения.

В целом критические замечания не уменьшают значение работы, как диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Заключение по диссертации о соответствии её требованиям

Диссертация является полноценным научным исследованием, имеющим целью решение актуальной научно-технической задачи. По результатам диссертации опубликовано 15 работ в рецензируемых журналах и сборниках трудов конференций, 7 из которых в периодических изданиях, входящих в рекомендуемый перечень ВАК.

Диссертация Дорохова Виктора Леонидовича «Развитие методов оптической диагностики в циклических ускорителях заряженных частиц» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, соответствующую требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, установленным в п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, а её автор, Дорохов Виктор Леонидович, заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности
01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Отзыв составил:

Специальный представитель директора Института по сотрудничеству с
международными и российскими научными организациями

Академик РАН, д.ф.м.н.,

Б.Ю. Шарков

Специальность 01.04.20 – физика пучков
заряженных частиц и ускорительной техники

e-mail sharkov@jinr.ru ; тел. 8 496-2165060

Подпись 

Дата 27.04.2021

Материалы диссертации Дорохова В.Л. "Развитие методов оптической диагностики в циклических ускорителях заряженных частиц" рассмотрены и утверждёны на видеоконференции научного семинара Секции физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники Общеинститутского семинара Международной межправительственной организации Объединённый институт ядерных исследований ОИЯИ, протокол № 79 от 27 апреля 2021 г.

Председатель Секции физики пучков
заряженных частиц и ускорительной
техники Общеинститутского семинара

Специальный представитель директора Института по сотрудничеству с
международными и российскими научными организациями

Академик РАН, д.ф.м.н.,

Б.Ю. Шарков

Специальность 01.04.20 – физика пучков
заряженных частиц и ускорительной техники

e-mail sharkov@jinr.ru ; тел.496-2165060

Подпись 

Дата 27.04.2021

Подпись Шаркова Б.Ю. заверяю:

Главный ученый секретарь ОИЯИ,
Кандидат физико-математических наук,
С.Н. Неделько

Почтовый адрес
141980 Московская область, г. Дубна

ул. Жолио-Кюри, 6.

Тел. 8 496-2165353.

e-mail main@jinr.ru

Подпись 

Дата 27.04.2021