ОТЗЫВ

официального оппонента Лубсандоржиева Баярто Константиновича, доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН), на диссертационную работу Мальцевой Юлии Игоревны на тему «Оптоволоконный датчик потерь пучка на основе черенковского излучения для Инжекционного комплекса ВЭПП-5», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Диссертация Мальцевой Юлии Игоревны выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт ядерной физики теоретической и экспериментальной физики имени Г.И. Будкера Сибирского Отделения Российской академии наук. Диссертационная работа посвящена исследованию **чрезвычайно важной** и **актуальной** проблемы современной экспериментальной физики – разработке оптоволоконного датчика потерь пучка на основе черенковского излучения.

Разработка и создание эффективных методов и средств измерения и контроля потерь пучков исключительно важны для увеличения эффективности работы и увеличения светимости ускорителей заряженных частиц.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 90 наименований.

Во введении автор обосновывает актуальность темы исследований, формулирует цели и задачи диссертационной работы и обсуждает их новизну.

В первой главе описывается выбор системы диагностики потерь пучка для Инжекционного Комплекса ВЭПП-5. Дается подробный обзор существующих систем диагностики потерь пучка, разработанных в других ускорительных центрах в мире. Формулируются требования к системам диагностики для конкретного случая инжекционного комплекса ВЭПП-5. Обосновывается выбор оптоволоконного датчика потерь пучка. Подробно описывается принцип работы такого датчика.

Вторая глава диссертации посвящена тщательному анализу процессов, на которых основывается работа датчика потерь. Рассматриваются факторы, влияющие на эффективность работы системы по нахождению координат областей, в которых происходят потери пучка, а также масштаб этих потерь. Описываются различные типы оптоволокон. Особый акцент делается на зарождении и распространении черенковского излучения в оптоволокнах.

Третья глава диссертации посвящена моделированию методом Монте-Карло процессов потерь пучка с помощью пакета программного обеспечения FLUKA. Моделирование выполнено довольно тщательным образом на достаточно высоком квалификационном уровне с учетом параметров электромагнитных ливней, рождающихся в стенках вакуумной камеры. Моделируется и рождение, и распространение черенковского излучения в оптоволоконных кабелях. Результаты моделирования позволяют оптимизировать конструкцию системы датчика потерь пучка.

В четвертой главе автор подробно описывает процедуру выбора отдельных элементов датчика потерь пучка – типов оптоволокна и фотодетектора. Приводятся результаты измерений ослабления и дисперсии света в оптоволокнах различных типов – пластиковых, кварцевых, одномодовых и многомодовых. Делается вывод о том, что оптимальным выбором является кварцевое многомодовое оптоволокно со ступенчатым изменением показателя преломления и сердцевиной диаметром 0,55 мм. Оптимальная для данной задачи длина такого оптоволокна составляет 40 м.

В качестве фотодетекторов рассматриваются вакуумные фотоумножители –

классические фотоумножители ФЭУ-87 и фотоумножители с микроканальными пластинами для умножения электронов ФЭУ-МКП. При сравнении характеристик фотоумножителей отдается предпочтение ФЭУ-МКП. Основным фактором для такого выбора является то, что длительность выходного импульса у ФЭУ-МКП в два раза меньше, чем у ФЭУ-87. Как потенциально перспективный фотодетектор, видимо, для дальнейшей модернизации системы описываются и кремниевые фотоумножители (SiPMs).

Практическое применение разработанной системы диагностики потерь пучка в Инжекционном Комплексе ВЭПП-5 представлено в пятой главе диссертации. Показаны результаты успешной работы разработанной системы в Инжекционном Комплексе. Даются описания программного обеспечения, разработанного для работы с системой датчика потерь пучка и встроенной в общую систему управления и контроля работы ускорителя. Продемонстрировано перспективность использования такой системы для повышения эффективности работы ускорителя.

В заключении кратко сформулированы основные результаты, полученные в диссертационной работе.

Следует подчеркнуть большое количество печатных работ (четыре публикации в реферируемых журналах из списка, рекомендованного ВАК) в научных журналах, в которых автор внес решающий вклад. Текст диссертации хорошо структурирован и ясно изложен хорошим русским языком.

К сожалению, в диссертационной работе есть незначительные недостатки:

1. В диссертации, посвященной, по сути, разработке детектора черенковского излучения, нет ни одной ссылки на работы человека, открывшего это явление – Павла Алексеевича Черенкова.

2. Не все формулы, приведенные в диссертации, пронумерованы. Формула для среднего числа фотоэлектронов на странице 75 дана без учета коэффициента сбора фотоэлектронов и дисперсии коэффициента усиления фотоумножителя. На этой же странице говорится: “амплитуда может достигать минус 10 В (при нагрузке 50 Ом), при меньших значениях амплитуды линейность работы ФЭУ нарушена”. Это не совсем так. Возможно, здесь опечатка.

3. На странице 76 говорится: “Временное разрешение ФЭУ характеризуется разбросом времени пролета вторично-эмиссионных электронов в ФЭУ …… ”. В случае ФЭУ с динодными системами основной вклад во временное разрешение вносит, так называемая, катодная камера – область между фотокатодом и первым динодом. Тип фотокатода ФЭУ-87 должен быть бищелочным, а не мультищелочным, как указано в таблице №5. К тому же, не совсем понятно, почему рассматривался только один тип классического фотоумножителя – ФЭУ-87, надо отметить, довольно устаревший. Современные быстродействующие малогабаритные фотоумножители, например, ET9116B длительностью импульса <1 нс (FWHM) и разбросом времени пролета ~100 пс, вполне могли бы конкурировать с ФЭУ-МКП для решения данной задачи. Существуют компактные быстродействующие фотоумножители с динодной системой “Metal-Channel”, которые также могут работать и сильных магнитных полях.

4. Если посмотреть на рисунок 4.19, то появляются вопросы о целесообразности использования коллиматора. При длине коллиматора всего 1 мм интенсивность излучения увеличивается почти в 4 раза, а длительность импульса практически не меняется. Это, если судить по фиттированным кривым. Экспериментальных точек совсем немного и их разброс довольно большой. К сожалению, в диссертации не приведены значения χ^2 для этих кривых.

5. Есть в диссертации не совсем удачные выражения, например, “доставляет пучки ….. до потребителей”, “транспортировка до потребителей” (страница 5); “минимальные временные характеристики” (страница 93); “постоянные высвечивания черенковского сигнала” (страница 76). Довольно много сокращений (ЭЛ, ИК, ИВП и т.д.), что несколько затрудняет чтение диссертационной работы.

Указанные выше замечания **не носят принципиального характера и никоим образом не снижают** высокой научной ценности представленной диссертации. Материалы работы свидетельствуют **о самой высокой квалификации** соискателя. Диссертация Мальцевой Юлии Игоревны является итогом большой по объему и высокой по качеству работы, в которой автором продемонстрированы хорошие знания и опыт уже сложившегося высококвалифицированного, самостоятельного исследователя. Сформулированные в диссертации выводы и положения **достоверны**, **обоснованы** и обладают **высокой научной ценностью**. Основные результаты своевременно опубликованы в высоко рейтинговых научных журналах и докладывались лично диссертантом на международных и всероссийских конференциях и совещаниях. Диссертация является **законченной** научно-исследовательской работой на актуальную тему. Полученные в диссертации результаты, несомненно, найдут применение в различных мировых научных центрах.

Автореферат правильно и полностью отражает содержание диссертации. Работа соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мальцева Юлия Игоревна, **безусловно**, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Официальный оппонент
Баярто Константинович Лубсандоржиев,
доктор физико-математических наук,
ведущий научный сотрудник Отдела экспериментальной физики
Лаборатории гамма-астрономии и реакторных нейтрино
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт ядерных исследований Российской академии наук.
адрес: 117312 г. Москва, В-312, проспект 60-летия Октября, 7а
тел.: 8 (499) 135-40-63
e-mail: lubsand@rambler.ru

«10» 09 2021 г. Лубсандоржиев Б.К.

Подпись Б.К. Лубсандоржиева удостоверяю.

Заместитель директора ИЯИ РАН А.Г. Панин