

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Мальцевой Юлии Игоревны «**Оптоволоконный датчик потерь пучка на основе черенковского излучения для Инжекционного комплекса ВЭПП-5**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Актуальность темы исследования

Наличие диагностических систем потерь пучков заряженных частиц на ускорителях и накопителях является совершенно необходимым не только с точки зрения эффективности вывода и накопления частиц, но и для защиты рабочего персонала и оборудования установок от возникающей при потерях радиации.

Диссертационная работа Мальцевой Ю.И. посвящена разработке оптоволоконного датчика потерь пучка на основе черенковского излучения. Датчики потерь пучка заряженных частиц, в частности распределенные датчики, основанные на эффекте Черенкова, являются незаменимым инструментом для настройки и мониторинга потерь в ускорителях заряженных частиц. Создание таких систем диагностики потерь пучка заряженных частиц является актуальным исследованием в области современной физики ускорителей. Системы диагностики потерь позволяют осуществлять быструю первичную настройку ускорителей и обеспечивают надежную эксплуатацию ускорителей в режиме штатной работы. Такие системы получили широкое распространение в мире на разных типах ускорителей ввиду их важности для настройки и эксплуатации. Разработка и применение подобных систем для ускорителей Института ядерной физики имени Г.И. Будкера СО РАН является актуальной задачей, решение которой позволяет улучшить эффективность работы ускорителей ИЯФ и облегчит внедрение подобных систем на других ускорительных комплексах..

Оценка структуры и содержания работы

Содержание и структура диссертации Мальцевой Ю.И. соответствуют заявленной специальности и цели исследования. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, изложена на 122 страницах, включая 54 рисунка, 6 таблиц, и содержит 90 наименований библиографии.

Во **введении** автор обосновывает актуальность диссертации, формулирует цели и задачи работы, аргументирует новизну и представляет научные положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** обосновывается выбор типа системы диагностики потерь пучка для инжекционного комплекса ВЭПП-5. Приводится как обзор широко используемых типов датчиков потерь пучка, так и обзор развития оптоволоконной системы регистрации потерь за последние несколько десятилетий на примере мировых научных центров. Описываются требования, которым должна удовлетворять система диагностики потерь на конкретной установке – инжекционный комплекс ВЭПП-5. Описывается принцип работы оптоволоконного датчика потерь пучка.

Во **второй главе** автор подробно описывает эффекты и физические процессы, на которых основана работа датчика потерь, и как эти эффекты и процессы влияют на способность датчика локализовать области потерь пучка в ускорителе и определять величину этих потерь. Приводится описание наиболее подходящих для решения поставленных в диссертации задач

типов оптических волокон. Подробно рассматривается механизм генерации излучения Вавилова-Черенкова и его передачи по волоконным световодам.

Третья глава посвящена численному моделированию процессов потерь пучка в ускорителях заряженных частиц и процессов регистрации этих потерь датчиком. К таким процессам относятся электромагнитные ливни и излучение Вавилова-Черенкова. По результатам моделирования автор делает вывод об оптимальных параметрах датчика потерь.

Четвертая глава посвящена оптимизации конструкции датчика потерь пучка. Тщательно выбираются все элементы системы в отдельности: оптические волокна, фотодетектор и аналого-цифровой преобразователь. В качестве оптимальных выбираются кварцевое многомодовое оптическое волокно со ступенчатым профилем, длиной 40 метров и ФЭУ на микроканальных пластинах. Подробно описывается методика измерения потерь пучка с помощью как нескольких оптических волокон, так и при анализе сигналов с обоих торцов волокон. Приводится значение чувствительности датчика, полученное экспериментально, и делается вывод о возможном применении датчика на других современных ускорителях в России.

Пятая глава посвящена применению разработанной оптимальной системы диагностики потерь пучка на инжекционном комплексе ВЭПП-5. Приводится описание программного обеспечения, позволяющего локализовать и измерять потери пучка в режиме реального времени. Демонстрируются результаты работы оптоволоконной системы диагностики потерь, интегрированной в общую систему диагностики и настройки инжекционного комплекса ВЭПП-5.

В **заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Тема диссертации полностью соответствует ее содержанию. Текст диссертации структурирован и логично изложен. Представленные положения и выводы четко сформулированы и хорошо обоснованы в тексте диссертации. Текст автореферата правильно отражает содержание диссертации и содержание публикаций по теме диссертации.

Научная новизна результатов

1. Впервые были тщательно исследованы параметры потерь пучка электронов с энергией до 500 МэВ и способы их регистрации при помощи оптоволоконного датчика потерь на основе излучения Вавилова-Черенкова.

2. Впервые на основе моделирования методом Монте-Карло была выполнена калибровка оптоволоконного датчика потерь с учетом эффекта затухания света в оптических волокнах, параметров фотодетектора и тока пучка до момента его потери.

3. Был предложен способ локализации потерь пучка в азимутальной плоскости на основе использования конструкции из четырех одинаковых датчиков.

4. Впервые было проведено тщательное исследование временных и амплитудных характеристик датчика на основе волоконных световодов. На основе экспериментальных данных и численного моделирования была оптимизирована конструкция датчика. Пространственное разрешение такого датчика составляет менее 1 м, а его пороговая чувствительность около 1 пКл.

5. Разработанная система диагностики потерь пучка впервые была успешно применена на инжекционном комплексе ВЭПП-5.

Практическая и научная значимость полученных в диссертации результатов заключается в возможности их применения на действующих установках Института ядерной

физики имени Г.И. Будкера СО РАН: инжекционном комплексе ВЭПП-5, коллайдере ВЭПП-4, а также на других современных ускорительных комплексах, коллайдерах и источниках синхротронного излучения как в России, так и за рубежом.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность результатов работы по созданию оптоволоконного датчика потерь пучка на основе излучения Вавилова-Черенкова подтверждается успешным использованием данного датчика на действующем инжекционном комплексе ВЭПП-5. Достоверность экспериментальных данных обеспечивается использованием современных средств и методик проведения исследований. Полученные экспериментальные результаты согласуются с результатами численного моделирования, а последние – с полученными аналитически. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 8 статьях, из них 4 статьи в периодических изданиях, входящих в перечень ВАК, они неоднократно обсуждались на зарубежных и всероссийских конференциях, и получили одобрение ведущих специалистов.

Замечания по диссертационной работе

Следует сделать и ряд замечаний по тексту диссертации.

1. Несколько раз в тексте, например, на странице 5 в начале второго абзаца число накопленных частиц называется интенсивностью.
2. В начале страницы 9, видимо, для экономии слов написано: “Из эксперимента подсчитана радиационная стойкость....”.
3. На странице 12 в конце первого абзаца написано: “...сцинтилляционное или оптическое волокно“, хотя и сцинтилляционное является оптическим.
4. Страница 38, последний абзац. В реальных кварцевых и пластиковых волокнах волокнах с отражающей оболочкой ПВО на торцевых поверхностях не реализуется. Есть только Френелевское отражение (примерно 5%).
5. Страница 45, последний абзац. ФЭУ МКП не может дать линейный сигнал в 10 В амплитудой на 50-омной нагрузке, так как для этого необходим ток через МКП не менее 20 мА, что на порядки величины превышает реальный ток и соответствует даже при напряжении питания ФЭУ в 2 кВ выделяемой мощности в 40 Вт.

Перечисленные замечания не снижают общей крайне положительной оценки работы и квалификации ее автора. Все основные положения и выводы диссертации опубликованы в 8 публикациях в рецензируемых журналах и сборниках трудов конференций, 4 из которых в периодических изданиях, входящих в рекомендуемый перечень ВАК. Автореферат соискателя в полной степени отражает положения, выводы и рекомендации, содержащиеся в диссертации.

Диссертационная работа Мальцевой Юлии Игоревны «Оптоволоконный датчик потерь пучка на основе черенковского излучения для Инжекционного комплекса ВЭПП-5» выполнена на высоком научном уровне, является законченной научно-квалификационной работой и полностью соответствует требованиям действующего «Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор, Мальцева Юлия Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Официальный оппонент: Рыкалин Владимир Иванович - доктор физико-математических наук, Главный научный сотрудник, руководитель сектора Института физики высоких энергий имени А.А. Логунова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» - ИФВЭ (НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ).

142281, Московская область, г. Протвино, Площадь науки, д.1

vladimir.rykalin@ihep.ru

+7 (496) 713 20 15 +7 (915) 427 27 79,

«20» сентября 2021 г.



Рыкалин В.И.

Подпись Рыкалина В.И. заверяю: Учёный секретарь НИЦ

«Курчатовский институт»– ИФВЭ



Н.Н. Прокопенко

