

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора физико-математических наук Сыресина Евгения Михайловича на диссертацию Борина Владислава Михайловича “Исследование взаимодействия пучка заряженных частиц с электромагнитными полями в ускорителях методами оптической диагностики”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Актуальность темы исследований

Диссертация посвящена экспериментальным исследованиям взаимодействия заряженных частиц с электромагнитными полями в электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-4М и лазере на свободных электронах (ЛСЭ) ИЯФ СО РАН методами оптической диагностики. В диссертации исследуется влияние эффектов продольной динамики на поперечные и продольные размеры сгустков электронов пучка и их энергетический разброс. Работы по исследованию взаимодействия электронных пучков с электромагнитными полями на коллайдере ВЭПП-4М позволяют определить основные параметры этих пучков, что является определяющим при проведении фундаментальных исследований на детекторе КЕДР. В работе также представлены экспериментальные результаты по изучению параметров электронных пучков в условиях генерации излучения в ЛСЭ с оптическим резонатором. Оптимизация параметров пучков и ондуляторного излучения в ЛСЭ актуальна для проведения прикладных исследований.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Исследованное влияние коллективных эффектов на параметры пучков ВЭПП-4М находится в хорошем согласии с ранее проведенными экспериментами. При этом автор диссертации значительно расширил диапазон изменения энергий в проведенном исследовании, учел эффекты многократного рассеяния в сгустках и значительно сократил время, необходимое для данных измерений. Автору впервые удалось использовать методы оптической диагностики для ЛСЭ ИЯФ СО РАН, что позволило улучшить контроль за параметрами пучка. Результаты расчетов хорошо совпадают с экспериментальными результатами, научные положения, выводы и рекомендации хорошо обоснованы.

Научная новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций

Научная новизна в первую очередь связана реализацией методов оптической диагностики при исследовании взаимодействия электронных пучков с электромагнитными полями в коллайдере ВЭПП-4М и ЛСЭ с оптическим резонатором. Научная новизна включает в себя следующие положения.

Впервые измерен энергетический разброс электронов пучка ВЭПП-4М в широком диапазоне энергий от 1 ГэВ до 4,5 ГэВ.

На коллайдере ВЭПП-4М экспериментально подтверждено влияние эффектов потенциальной ямы на его продольный размер.

Разработана и протестирована оригинальная схема автокоррелятора для среднего инфракрасного диапазона с временным разрешением 1 пс.

Впервые экспериментально зарегистрировано когерентное ондуляторное излучение электронного пучка, сгруппированного в оптическом резонаторе лазера на свободных электронах.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Результаты, представленные в диссертации, позволили получить новые знания о влиянии коллективных эффектов на пучок коллайдера ВЭПП-4М, эти знания позволили применять наиболее быстрый и простой способ измерения энергетического разброса, а именно определять его значение из измеренного продольного размера сгустка, что востребовано для экспериментов по физике высоких энергий на детекторе КЕДР. Практическая и теоретическая значимость результатов диссертации заключается в том, что методом оптической диагностики удалось расширить возможности контроля параметров пучка и излучения третьей очереди Новосибирского ЛСЭ с оптическим резонатором.

На защиту автором выносятся следующие положения.

Эффекты искажения потенциальной ямы пространственного заряда пучка и продольной микроволновой неустойчивости влияют на продольный размер пучка ВЭПП-4М.

Энергетический разброс пучка ВЭПП-4М сильно зависит от параметров магнитной структуры, особенно при энергиях выше 3,5 ГэВ.

Оперативное измерение энергетического разброса пучка ВЭПП-4М возможно с помощью отработанной методики.

Лазерная генерация на третьем лазере Новосибирского ЛСЭ влияет на форму поперечного профиля пучка.

Разработанный автокоррелятор для среднего ИК диапазона позволяет производить измерение длительности импульсов излучения третьего лазера Новосибирского ЛСЭ с разрешением не хуже 1 пс.

Разработанный алгоритм измерения энергетического разброса электронного пучка по спектру спонтанного ондуляторного излучения с учетом влияния эмиттанса пучка и угловой расходимости излучения позволяет определить энергетический разброс пучка третьего лазера Новосибирского ЛСЭ.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, двух глав и заключения. Во введении автор представил актуальность работы, степень разработанности темы исследований, цели и задачи диссертации, научную новизну, определил практическую и теоретическую значимость работы и положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен обзор об основных эффектах, определяющих продольный профиль электронного сгустка на ВЭПП-4М, это прежде всего эффекты искажения потенциальной ямы, продольная микроволновая неустойчивость и многократное рассеяние электронов сгустка. Представлено два метода измерения энергетического разброса, один – по форме огибающей когерентных бетатронных колебаний, другой – на основе оптической диагностики с помощью стрик камеры. Проведены измерения продольных размеров сгустков пучка в широком диапазоне энергий от 1 ГэВ до 4,5 ГэВ, позволившие определить вклад эффектов искажения потенциальной ямы, продольной микроволновой неустойчивости и многократного рассеяния электронов внутри сгустка. На основе измерений продольного профиля пучка отработана методика по измерению энергетического разброса электронов пучка на ВЭПП-4М во всем диапазоне энергий. Особое внимание уделено диапазону энергий 1-1,5 ГэВ, где присутствует заметное влияние многократного рассеяния электронов сгустка.

Во второй главе представлено описание Новосибирского ЛСЭ с оптическим резонатором, приведены расчеты спектра ондуляторного излучения и обсуждается методика измерения энергетического разброса электронов пучка на основе данного спектра излучения. Исследовано влияние параметров излучения на поперечный профиль пучка, представлены результаты измерений параметров Твисса и спектра излучения. Приведена схема оптической диагностики на основе автокоррелятора и обсуждаются результаты измерений временных и спектральных характеристик излучения ЛСЭ. Представлен алгоритм измерения энергетического разброса электронов пучка по спектру спонтанного ондуляторного излучения. Представлены первые результаты экспериментов по регистрации когерентного ондуляторного излучения электронного пучка.

Замечания и недостатки

1. Расчеты длины сгустка приведены в соответствии с хорошо известным обзором Chao (формула 1.13) для Гауссовского распределения частиц, однако, в эксперименте наблюдается отклонение продольного распределения от данной формы, насколько существенно такое отклонение для интерпретации экспериментальных результатов. Формула (1.13) применима, когда длина сгустка больше радиуса вакуумной камеры, в работе нет сравнения длины банча и радиуса вакуумной камеры. Чтобы подтвердить правильность применения формулы необходимо дать такое сравнение.
2. В работе измерены величины $\text{Im}[(Z_{//}/n)_{\text{eff}}]$ – мнимой части продольного импеданса связи и $[Z_{//}/n]_{\text{вв}}$ – модуля широкополосного импеданса связи, полезно было бы пояснить какие элементы оптической структуры ВЭПП-4М вносят определяющий вклад в измеренные величины.
3. В соответствии с рис. 2.12 $\text{FWHM}_x \approx 7$ мм, $\text{FWHM}_y \approx 2$ мм и $\beta_x = 2,83$ м, $\beta_y = 23,9$ м, приведенных в таблице 2.2, расчетное отношение горизонтального и вертикального эмиттансов $\epsilon_x/\epsilon_y \gg 3$, величины, приведенной в таблице 2.2. Пояснить с чем это связано.
4. На стр. 66 отмечено, что поперечный профиль пучка существенно меняется от одного сеанса работы к другому, с чем это связано и насколько при этом меняется поперечный размер пучка.
5. Судя по рис. 2.37 поперечные размеры ондуляторного излучения и его угловой разброс заметно превышают поперечный размер и угловой разброс пучка, в таблице 2.3 полезно было бы привести полную длину ондуляторов, поперечные размеры и угловые разбросы пучка и излучения и прокомментировать, чем определяется эти параметры излучения.
6. В таблице 2.4 для отношения $\sigma_y/\gamma_{\text{fit}} = 0,002$ ошибка моделирования составила 48,6%, не ясно как удалось по результатам моделирования только переднего фронта спектра уменьшить ошибку в 30 раз до уровня 1,6% (Таблица 2.5).

В диссертации присутствует заметное количество орфографических ошибок и стилистических неточностей.

Выводы и заключение

Диссертация Борина Владислава Михайловича является научно-квалификационной работой, в которой выполнены экспериментальные исследования взаимодействия электронных пучков с электромагнитными полями в коллайдере ВЭПП-4М и Новосибирском ЛСЭ с оптическим резонатором при использовании оптической диагностики. Работа выполнена на высоком экспериментальном и расчетном уровне,

замечания и недостатки, указанные выше, не являются определяющими и не умоляют достоинств диссертации. Работа, выполненная диссертантом, актуальна и полезна для развития ускорительной техники в электрон-позитронных коллайдерах и лазерах на свободных электронах. Приведенные методики измерения параметров пучков на основе оптической диагностики представляют большой интерес для экспериментаторов, занимающихся ускорительной техникой. Диссертация Борина В.М. полностью соответствует требованиям п. 9 “Положения о присуждении ученых степеней”, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Я, Сыресин Евгений Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Борина Владислава Михайловича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук (по специальности 01.04.20 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника), профессор,

главный инженер установки Ускорительный комплекс NICA,

Лаборатория физики высоких энергий им. В.И. Векслера и А.М. Балдина,

Международная межправительственная организация Объединенный Институт Ядерных Исследований (ОИЯИ)

Адрес: 141980, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6

Тел.: +7 (926) 177-06-81, e-mail: esyrsin@jinr.ru

7 сентября 2023 г.


Сыресин Евгений Михайлович

Подпись Сыресина Е.М. удостоверяю

Главный ученый секретарь ОИЯИ,

кандидат физико-математических наук




Неделько Сергей Николаевич