



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

ул. Жолио-Кюри 6, г. Дубна, Московская область, Россия, 141980 6, Joliot-Curie St, Dubna, Moscow Region, Russia, 141980
Tel.: +7 (496) 216-50-59 Fax: +7 (495) 632-78-80 AT: 205493 WOLNA RU E-mail: post@jinr.ru http://www.jinr.ru

№ _____
на № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Объединенного института ядерных
исследований



8 сентября 2023 г.

Г.В. Трубников

ведущей организации на диссертацию

Балакина Виталия Витальевича

**«Создание системы диагностики и управления параметрами пучка и изучение
коллективных эффектов в накопителе-охладителе 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 диссертации

В настоящее время в ИЯФ СО РАН ведутся работы по развитию
инжекционного комплекса ВЭПП-5, являющегося источником высокоэнергетических
электронов и позитронов для двух коллиайдеров. Для повышения эффективности
работы инжекционного комплекса требуется оптимизировать динамику частиц в
накопителе-охладителе в существующей конфигурации, и оценить возможности
установки нового оборудования, необходимого для реализации будущих
перспективных проектов, например, так называемого «Мюонитрона». Создание
эффективных инструментов управления пучками в электронных синхротронах
необходимо и для источников синхротронного света, активно создаваемых в
настоящее время в Российской Федерации.

Оценка структуры и содержания диссертации

Диссертация Балакина В.В. состоит из введения, четырех глав, заключения,
списка литературы и двух приложений. Полный объем диссертации составляет 91
страницу, включая 50 рисунков и 4 таблицы. Список литературы содержит 43
наименования.

Во введении представлен общий обзор Обсуждена актуальность диссертационного исследования и сформулированы ее цели. Описаны структура и объем диссертации.

Первая глава посвящена описанию инжекционного комплекса ВЭПП-5 и магнитной структуры накопителя-охладителя.

Во второй главе приведено теоретическое описание изучаемых в работе процессов. При рассмотрении кильватерных полей сгустка особое внимание уделено их влиянию на форму сгустка.

Третья глава содержит описание результатов экспериментов по исследованию влияния собственных полей пучка на динамику продольного движения частиц в накопителе-охладителе. Установлено, что причиной быстрой перегруппировки пучка после инжекции является микроволновая неустойчивость. На основе значения импеданса связи, измеренного двумя независимыми методами, была построена модель, использованная для оценки влияния на пучок дополнительного элемента, установка которого планируется в ближайшее время.

Четвертая глава содержит описание созданного программного обеспечения для оптимизации динамики пучка. Его использование позволило, в том числе, при работе на коллайдер ВЭПП-2000 увеличить ток пучка в накопителе-охладителе с 15 до 18 мА.

В заключении диссертации представлены итоги диссертационной работы, сформулированы результаты выполненного исследования и перспективы дальнейшей разработки темы.

В приложениях приведены параметры датчиков положения пучка и значения коэффициентов многочленов для вычисления координат пучка по измеренным значениям напряжений на пластинах датчиков.

Основные результаты, представленные к защите, заключаются в следующем:

1. Искажение потенциальной ямы ВЧ-системы приводит к искажению продольного распределения частиц пучка.
2. Эффект "быстрой" перегруппировки пучка связан с появлением микроволновой неустойчивости.
3. С помощью измерений удлинения пучка была определена мнимая часть продольного импеданса связи: 5.71 ± 0.50 Ом (диссектор), 6.15 ± 0.18 Ом (стрик-камера).
4. Была определена активная часть импеданса связи на низких частотах: 247 ± 7 Ом (диссектор).
5. С помощью разработанных программных инструментов можно измерять параметры пучка и управлять ими.

Сформулированные в заключении результаты соответствуют положениям, представленным для защиты во введении диссертации.

Научная новизна диссертационной работы

1. Проведено изучение перегруппировки и захвата интенсивного пучка частиц из линейного ускорителя S-диапазона в резонатор 1-й гармоники накопителя-охладителя.
2. На базе проведенных экспериментов по измерению продольного профиля пучка построена модель импеданса связи накопителя-охладителя в виде эквивалентной RLC-цепи, проведено моделирование инжекции пучка и его перегруппировки при модификации эквивалентного импеданса, вызванного добавлением дополнительного резонатора.
3. Для инжекционного комплекса были разработаны программные инструменты контроля и управления параметрами пучка на языке Python, которые, при необходимости, можно внедрить и на другие ускорительные установки.

Научная и практическая значимость полученных результатов

Исследование влияния коллективных эффектов позволило определить механизм искажения формы и удлинения сгустка при накоплении тока в нем и объяснить гораздо более быструю перегруппировку 16 сгустков, полученных из линейного ускорителя, в один длинный, соответствующий потенциальной яме резонатора первой гармоники накопителя-охладителя (пучок теряет свою структуру из 16 сгустков примерно за 3 000 оборотов, вместо ожидаемых 160 000, определяемых временем радиационного затухания).

Построенная модель импеданса связи в виде эквивалентной RLC-цепи позволяет проводить моделирование инжекции и перегруппировки пучка при добавлении в вакуумную камеру накопителя новых элементов, имеющих значительный импеданс и влияющих на динамику пучка, что помогает заранее понять, будут ли эти элементы приводить к возникновению нежелательных неустойчивостей, приводящих к гибели пучка или уменьшению темпов накопления частиц.

Разработанные инструменты контроля и управления параметрами пучка позволяют отслеживать положение пучка внутри вакуумной камеры накопителя-охладителя и следить за частотами бетатронных колебаний, измерять матрицу отклика положения пучка и его бетатронных частот, бета-функции и хроматизм, определять оптимальные бетатронные частоты для наибольшего темпа накопления частиц в накопителе, создавать комбинации элементов системы управления ускорителем, выполняющих изолированное смещение одного выбранного параметра (т.н. "ручки").

Замечания по диссертационной работе

1. В тексте диссертации и докладе соискателя часто используется понятие «ток пучка» без точного указания, являются ли его значения пиковыми или средними значениями импульсного тока пучка.
2. Мало внимания уделено анализу стабильности работы программного обеспечения в условиях длительной рутинной работы инжекционного комплекса.

Данные замечания нисколько не снижают качества данной работы и значимости полученных результатов.

Заключение Секции физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники Общеинститутского семинара

1. Содержание диссертационной работы Балакина Виталия Витальевича «Создание системы диагностики и управления параметрами пучка и изучение коллективных эффектов в накопителе-охладителе инжекционного комплекса ВЭПП-5» соответствует паспорту научной специальности 1.3.18 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника. Диссертация представляет собой выполненную на высоком научном уровне законченную научно-исследовательскую работу.

Разработанные автором инструменты контроля и управления параметрами пучка могут быть использованы при создании источников синхротронного излучения и других синхротронов.

2. Представленные в работе результаты исследований актуальны, убедительны, обладают признаками новизны и оригинальности, выводы и заключения аргументированы и обоснованы.

3. Судя по публикациям и по докладу соискателя на семинаре, вклад автора в результаты представленной работы является определяющим. Выносимые на защиту положения подтверждают персональный вклад автора в представленную работу.

4. Автореферат оформлен в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии и в достаточной мере отражает содержание диссертации.

5. Диссертация Балакина В.В. «Создание системы диагностики и управления параметрами пучка и изучение коллективных эффектов в накопителе-охладителе инжекционного комплекса ВЭПП-5» соответствует требованиям и критериям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным в п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Балакин Виталий Витальевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Отзыв составил:

Начальник Научно-экспериментального отдела инжекции и кольца Нуклotronа,
кандидат физико-математических наук,
специальность 1.3.18 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника
Тузиков Алексей Васильевич
Тел.: +7 (496) 216-47-63, e-mail: tuzikov@jinr.ru

Подпись _____ _____

Дата 05.09.2023

Материалы диссертации Балакина Виталия Витальевича «Создание системы диагностики и управления параметрами пучка и изучение коллективных эффектов в накопителе-охладителе инжекционного комплекса ВЭПП-5», а также отзыв на диссертацию рассмотрены и одобрены на заседании секции физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники общееинститутского семинара

Международной межправительственной организации Объединенного института ядерных исследований 04 сентября 2023 г.

Председатель Секции физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники Общепринятого семинара, специальный представитель директора Института по сотрудничеству с международными и российскими научными организациями, Академик РАН, д. ф.-м. н.,

Борис Юрьевич Шарков

Специальность 01.04.20 (1.3.18) – физика пучков

заряженных частиц и ускорительная техника

E-mail: sharkov@jinr.ru; тел. +7 (496) 216-50-60

Подпись 

Дата 06.09.2023

Подпись Шаркова Б.Ю. заверяю:

Главный ученый секретарь ОИЯИ,

кандидат физико-математических наук

Неделько Сергей Николаевич

Подпись 

Дата 08.09.2023 г.

Международная межправительственная организация

Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ)

Почтовый адрес:

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

Тел.: +7 (496) 216-50-59, факс: +7 (496) 216-51-46

E-mail: post@jinr.ru Сайт организации: <http://www.jinr.ru/>