

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

_____ № _____
на № _____ от _____

Утверждаю:

Директор Международной
межправительственной организации
Объединенного института ядерных
исследований,

д. ф.-м. н., профессор, академик РАН

Матвеев В.А.



_____ «01» 12 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию
Гетманова Ярослава Владимировича

**«Физические процессы в многопроходном ускорителе - рекуператоре
для сверхъяркого источника СИ четвертого поколения»,**
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков
заряженных частиц и ускорительная техника.

Актуальность темы исследования

Одно из прогрессирующих направлений разработки и создания сверхъярких источников синхротронного излучения (СИ) четвертого поколения связано с развитием и оптимизацией ускорителей электронов гибридного типа, многопроходных ускорителей – рекуператоров, в которых для ускорения частиц и рекуперации полученной ими энергии используются

высокочастотные ускоряющие структуры линейных ускорителей, в том числе, сверхпроводящие, а с помощью поворотных магнитных арок обеспечивается многократное прохождение пучками частиц ускоряющих структур. В настоящее время в различных научных центрах во всём мире работает не более четырёх ускорителей – рекуператоров, а в Российской Федерации создание источников СИ, отвечающих самым высоким мировым требованиям к источникам четвёртого поколения только обсуждается, планируется или проектируется. Поэтому диссертационная работа Я.В. Гетманова, посвящённая исследованию электродинамических процессов в ускорителях – рекуператорах и физических пределов, ограничивающих средний ток пучка электронов и, следовательно, среднюю мощность излучения в таких установках, обладает высокой актуальностью, а её результаты чрезвычайной востребованностью.

Оценка структуры и содержания работы

Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве, соответствуют заявленной специальности и поставленной цели исследования.

Соответствие темы и содержания диссертации заявленной специальности

Диссертация структурно состоит из введения, трёх глав, заключения и списка литературы.

Во введении (стр. 5-10) сформулированы цели и задачи диссертационной работы, представлены положения, выносимые на защиту, обоснована актуальность исследования, научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

Первая глава (стр. 11-27) диссертации имеет обзорный характер. В ней представлены этапы возникновения и развития источников СИ, рассматриваются тенденции совершенствования источников и образования центров СИ коллективного пользования. В главе обсуждаются требования, предъявляемые к источникам синхротронного излучения четвёртого поколения. Рассматриваются специфика и возможности применимости различных типов ускорителей заряженных частиц для генерации излучения необходимых параметров. Кратко изложены принципы работы и особенности ускорителя - рекуператора и многооборотного ускорителя - рекуператора. Приведены основные физические ограничения на качество электронного пучка и параметры установки. Обозначены и обсуждаются

проблемы повышения устойчивости электронного пучка при взаимодействии со сверхпроводящими ускоряющими структурами ускорителей – рекуператоров.

В первой главе также рассматриваются требования, предъявляемые к источникам излучения для прикладных целей, в первую очередь – для использования в проекционной литографии. Приводится информация о проектах источников излучения для промышленной литографии.

Во второй главе (стр. 28-64) обсуждаются варианты структуры многооборотных ускорителей – рекуператоров. Представлены параметры установок, рассчитанных для рассматриваемых в ИЯФ СО РАН проектов: «MARS» - источника СИ четвёртого поколения на базе многооборотных ускорителей - рекуператоров и компактного лазера для промышленных целей. Рассматривается взаимодействие электронного пучка и поперечных мод ускоряющего ВЧ - поля сверхпроводящего резонатора. Обсуждаются способы подавления неустойчивости дипольных мод поля резонатора. Предложен алгоритм и проведена оптимизация электронно - оптической системы ускорителя – рекуператора для определения областей параметров, обеспечивающих возможность работы с пучками с максимальным пороговым током возбуждения неустойчивостей. Определены параметры ВЧ - резонаторов, необходимые для достижения высокого среднего тока ускорителя.

В третьей главе (стр. 65-97) рассматриваются вопросы устойчивости продольного движения пучка и проблемы взаимодействия электронного пучка с основной ускоряющей модой поля ускоряющей структуры. Аналитически определены условия устойчивости, из которых оценены пороговые ограничения тока электронного пучка для однооборотного ускорителя – рекуператора и для многооборотного ускорителя - рекуператора с разделённой ускоряющей структурой. Результаты аналитических выкладок хорошо согласуются с результатами выполненного автором численного моделирования на базе созданной соискателем программы расчёта наведённых полей с помощью «вэйк» - функций в приближении коротких сгустков.

В заключении (стр. 98) приводятся результаты работы, предлагаемые к защите, наиболее важными из которых являются:

- Анализ электродинамических процессов взаимодействия электронных пучков ускорителей – рекуператоров с ускоряющими структурами, анализ

критериев устойчивости этого взаимодействия и механизмов возникновения различных неустойчивостей, ограничивающих средний ток пучка и, следовательно, среднюю мощность излучения, генерируемого в ускорителях – рекуператорах, оценка условий и способов их подавления.

- Анализ способов повышения пороговых токов пучков, взаимодействующих с ускоряющими структурами ускорителей – рекуператоров при развитии неустойчивостей и предложения по способам оптимизации режимов работы ускоряющих и магнитных систем целого класса ускорителей – рекуператоров.
- Определение областей оптимальных параметров электронно – оптической структуры многооборотного ускорителя – рекуператора для сверхъяркого источника СИ четвёртого поколения.

Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

В автореферате содержится информация о целях и задачах диссертационной работы (стр. 4-5), кратко изложено основное содержание работы (стр. 6-14), представлены результаты работы (стр. 5-6) и список публикаций, содержащих основные результаты работы (стр.15). Однако этот список отличается от списка публикаций, содержащих основные результаты, размещенного на стр. 99 диссертации.

Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Личный вклад соискателя включает участие в постановке и выборе методов решения задач исследования:

- соискателем предложен метод определения областей оптимальных параметров электронно-оптической системы ускорителя, обеспечивающих высокий средний электронный ток, ограниченный взаимодействием электронных пучков с поперечными (дипольными) модами электромагнитных колебаний сверхпроводящих ВЧ резонаторов.
- соискателем сформулированы критерии, позволяющие определять параметры устойчивости продольного движения электронных пучков в случае взаимодействия с фундаментальной модой электромагнитных колебаний ВЧ резонатора для случая многооборотного УР с разделённой ускоряющей структурой.

Соискателем проведены аналитические и численные расчёты, на основе которых подтверждены основные положения диссертационной работы.

Степень достоверности результатов исследования

Высокая степень достоверности результатов исследований подтверждается хорошей согласованностью результатов аналитических расчётов и численного моделирования динамики взаимодействия пучков с ВЧ- и магнито - оптическими системами ускорителей – рекуператоров, адекватностью результатов целям и задачам работы, использованием многолетнего опыта запуска и эксплуатации ускорительных установок и комплекса ЛСЭ ИЯФ СО РАН.

Основные результаты, полученные в диссертации, докладывались и обсуждались на научных семинарах ИЯФ СО РАН, международных конференциях: IPAC-2011, IPAC-2013, RuPAC-2012, ERL-2011, ERL-2013, Международном семинаре по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти профессора Саранцева (Алушта, 2015г.).

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

В диссертации формулируются и решаются задачи устойчивости динамики электронных пучков, при взаимодействии с электромагнитным полем сверхпроводящих ВЧ резонаторов многопроходного УР с разделённой ускоряющей структурой, имеющие существенную значимость для проектирования и разработки источников СИ нового поколения для центров коллективного пользования излучения и промышленных литографических комплексов.

Предложенные соискателем методологические положения, а также предлагаемые к защите результаты исследования обладают признаками творческой новизны, так как, во - первых, не имеют прямых аналогов и заимствований, а во - вторых, в отдельных разделах предметом этих исследований является устройство, приоритетная новизна которого подтверждена патентом, соавтором которого является соискатель.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при проектировании установок на базе многооборотных ускорителей – рекуператоров с разделённой ускоряющей структурой. В частности, объектом применения методических положений, предложенных в диссертации, может быть проект ускорителя – рекуператора с энергией электронов до 1 ГэВ для генерации рентгеновского излучения,

используемого в литографии для производства интегральных микросхем нового поколения

Новизна и научная ценность полученных результатов

В диссертации формулируются и решаются задачи устойчивости динамики электронных пучков, при взаимодействии с электромагнитным полем сверхпроводящих ВЧ резонаторов многопроходного УР с разделённой ускоряющей структурой, имеющие существенную значимость для проектирования и разработки источников СИ нового поколения для центров коллективного пользования излучения и промышленных литографических комплексов.

Предложенные соискателем методологические положения, а также предлагаемые к защите результаты исследования обладают признаками творческой новизны, так как, во-первых, не имеют прямых аналогов и заимствований, а во-вторых, в отдельных разделах предметом этих исследований является устройство, приоритетная новизна которого подтверждена патентом, соавтором которого является соискатель.

Замечания по диссертационной работе

1. Основные результаты работы сформулированы декларативно со ссылкой на рисунки, которые не обеспечены полноценными комментариями.
2. Отсутствует сравнительный анализ результатов, полученных в диссертации и в работах других авторов в других проектах, на других установках.
3. Отсутствует подтверждение результатов, полученных расчётным путём (аналитикой и численными симуляциями), результатами, полученными в реальной машине или в ином эксперименте.

Следует отметить очень небрежный стиль оформления диссертации, в том числе:

1. В официальном экземпляре диссертации (отпечатанном и подписанном автором) отсутствует стр. 98 с разделом «Заключение», хотя электронная версия диссертации, доступная на сайте ИЯФ СО РАН им. Г.И. Будкера, эту страницу и этот раздел содержит.
2. В тексте диссертации часто использованы жаргоны типа: “фаза пучка“, “устойчивость ускорителя - рекуператора“, “излучение поворотных магнитов“, “приравнивая накачку к потерям” и т.д.

3. Некоторые таблицы и иллюстрации приведены без комментариев.
4. Многие иллюстрации (в первую очередь, надписи на них) невозможно рассмотреть «невооружённым глазом».
5. На отдельных графиках, представленных на рисунках, не указано, что отложено по осям.
6. В тексте диссертации содержится большое количество некорректно поставленных запятых, а также отсутствует большое количество необходимых запятых.

Заключение по диссертации о соответствии её требованиям

Указанные в замечаниях недостатки не являются принципиальными.

Представленная к защите диссертация Я.В. Гетманова подводит итог большой по объёму научно - исследовательской работы, обладающей высокой актуальностью, и реальной практической значимостью, так как её результаты использованы при разработке и оптимизации ускорительных проектов ИЯФ СО РАН.

Диссертационная работа представляет собой полноценную научную работу, в которой содержатся все этапы научного исследования от постановки задач до выбора способов исследования, представления и аргументирования результатов их решения. Автор высокопрофессионально владеет как аналитическим аппаратом, так и компьютерным инструментарием для проведения расчётов, связанных с решением задач, определённых тематикой диссертационной работы.

Соискатель широко эрудирован в смежных областях ускорительной физики и физики ЛСЭ.

Диссертация Я.В. Гетманова соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а автор диссертации заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико - математических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Отзыв рассмотрен и утверждён на открытом научном семинаре Секции физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники Общеинститутского семинара Международной межправительственной организации Объединённый институт ядерных исследований ОИЯИ, протокол № 66 от 17 ноября 2016 г.

Отзыв подготовили:

Сумбаев Анатолий Павлович,

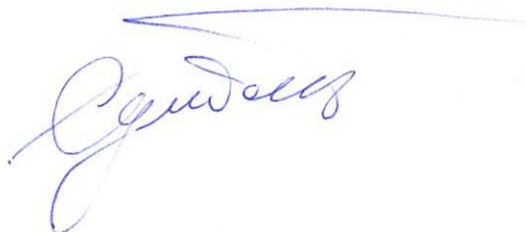
кандидат физико – математических наук,

начальник отдела НЭОУС Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ

специальность 01.04.20-физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

sumbaev@nf.jinr.ru

тел. 8-496-21-650-71



подпись

Сумбаев А.П.

Дата 17.11.2016

Каминский Алим Константинович,

доктор физико – математических наук,

ведущий научный сотрудник отдела НЭОИФПУ

Лаборатории физики высоких энергий ОИЯИ

специальность 01.04.20-физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

alim_kaminskiy@mail.ru

тел. 8-496-21-65-433



подпись

Каминский А.К.

Дата 17.11.2016

Председатель Секции физики пучков заряженных частиц и ускорительной
техники Общеинститутского семинара
Мешков Игорь Николаевич,
член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук,
профессор,
советник дирекции ОИЯИ, главный научный сотрудник СЭО ЛЯП
специальность 01.04.20-физика пучков заряженных частиц и ускорительная
техника.

meshkov@jinr.ru

тел. 8-496-21-65-193



подпись

Дата 29.11.2016

Мешков И.Н.

Главный учёный секретарь ОИЯИ
Русакович Николай Артемьевич
доктор физико-математических наук,
профессор
почтовый адрес:
Московская обл., г.Дубна
ул.Жолио-Кюри 6,
тел.: (49621) 6-59-40, 6-22-21
адрес электронной почты
main@jinr.ru



подпись

Дата 01.12.2016

Русакович Н.А.