

УТВЕРЖДАЮ

Директор

ФГБУ ГНЦ ИФВЭ

академик
С.В. Иванов



2016 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт"

Федеральное государственное бюджетное учреждение

Государственный научный центр Российской Федерации -

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

на диссертационную работу **ВЛАДИМИРОВА Ивана Юрьевича «Источники электронов с высокой яркостью пучка: динамика, диагностика, магнитные системы»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.20 – «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника».

Актуальность темы диссертации обусловлена востребованностью пучков электронов с малым эмиттансом и большим зарядом сгустков во многих направлениях развития современной физики пучков заряженных частиц, а также растущим использованием магнитных систем на основе редкоземельных постоянных магнитов в ускорительной технике.

Достоверность и обоснованность научных положений, результатов и выводов, представленных в диссертации, подтверждается сопоставлением результатов расчетов динамики пучка, выполненных с использованием различных программных комплексов, в частности, CST, PARMELA, ASTRA, тщательной калибровкой оборудования для магнитных измерений, детальным сравнением расчетных и измеренных магнитных полей.

Основные научные результаты, полученные автором диссертации, можно разделить на три группы:

- расчеты и оптимизация системы формирования и ускорения сгустков электронов с большим зарядом и регулируемой энергией;

- разработка методики измерения продольного эмиттанса пучка электронов;
- разработка и реализация методики настройки прецизионных многополюсных магнитов на основе редкоземельного магнитного материала.

Научная новизна полученных результатов заключается, в частности, в методике и результатах расчета и оптимизации динамики пучка электронов с зарядом сгустков 1 нКл и нормализованным эмиттансом менее 4 мм·мрад в СВЧ пушке с фотокатодом и двухсекционном линейном ускорителе со стоячей волной с учетом различных факторов, ведущих к росту эмиттанса, таких, например, как пространственного заряда и мультипольных полей устройств ввода СВЧ энергии. Предложены два метода регулирования энергии ускоренного пучка в диапазоне 35 – 50 МэВ, приводящих к близким результатам с точки зрения эмиттанса пучка и энергетического разброса, но основанных на различных реализациях системы СВЧ питания.

Впервые детально изучен ряд эффектов в методе измерения продольного эмиттанса пучка на основе отклоняющего ВЧ резонатора и магнитного спектрометра. В том числе показано влияние отклоняющего резонатора на энергию и энергетический разброс измеряемых сгустков; предложена, основанная на аналитических выражениях, методика восстановления продольного эмиттанса пучка по его изображению на экране, расположенном на выходе магнитного спектрометра.

Впервые разработана и апробирована методика настройки многополюсного поворотного магнита на основе редкоземельного магнитного материала, включающая, как этап настройки, численное моделирование траекторий пучка в измеренных магнитных полях.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов заключается в том, что разработанные методики расчетов, измерений и настройки могут быть использованы при разработке аналогичных систем. Полученные результаты будут использованы при создании инжектора электронов лазерно-электронного генератора монохроматического источника рентгеновского излучения, и уже используются при создании линии диагностики пучка проекта bERLinPro, (центр имени Гельмгольца, Берлин), а также при создании разрезного микротрона комплекса интраоперационной лучевой терапии (Политехнический университет Каталонии).

Результаты и выводы диссертации могут быть востребованы в МИФИ, ФИ РАН, ИЯИ РАН и других родственных организациях.

В качестве **замечаний** по диссертации можно отметить следующее.

1. При расчете динамики пучка в линейном ускорителе наряду с вариантом размещения первого резонатора ускоряющей структуры в области кроссовера пучка СВЧ пушки следовало рассмотреть и вариант размещения первого резонатора в области минимума эмиттанса, что, возможно, могло бы позволить снизить величину эмиттанса ускоренного пучка.

2. Диапазон перестройки уровня магнитного поля с помощью рассмотренного автором метода плунжеров не превышает нескольких процентов вследствие насыщения материала плунжеров. Это предъявляет достаточно жесткие требования к точности и однородности намагничивания редкоземельных магнитов. В этой связи следовало бы обсудить и другие возможные методы настройки магнитных систем на основе редкоземельных поворотных магнитов.

Отмеченные недостатки не подвергают сомнению достоверность защищаемых положений и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

Диссертация И.Ю. Владимирова представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, содержащую новые оригинальные результаты. Работа имеет практическое значение для разработки новых ускорительных комплексов. Полученные в работе результаты и сформулированные выводы являются достоверными и обоснованными. Апробация диссертационной работы является достаточной, основные результаты опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Тематика выполненных И.Ю. Владимировым исследований соответствует паспорту специальности 01.04.20 – «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника» по пп. 1 – 5 раздела «физико-математические науки».

Диссертация И.Ю. Владимирова «Источники электронов с высокой яркостью пучка: динамика, диагностика, магнитные системы» по форме и содержанию соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней (утверждено постановлениями Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. и № 335 от 21 апреля 2016 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.20 – «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника».

Отзыв ведущей организации на диссертационную работу подготовлен Александром Дмитриевичем Рябовым, кандидатом физико-математических наук,

начальником сектора прикладной математики ОМВТ ФГБУ ГНЦ ИФВЭ на основании изучения текста диссертации и автореферата, а также доклада И.Ю. Владимирова на научном семинаре ФГБУ ГНЦ ИФВЭ, состоявшегося 06 декабря 2016 г.

Отзыв рассмотрен, обсужден и утвержден на расширенном научном семинаре Отделения ускорительного комплекса ФГБУ ГНЦ ИФВЭ, протокол № 2016-2 от 15 декабря 2016 г.

Начальник Отделения ускорительного комплекса

ФГБУ ГНЦ ИФВЭ

кандидат технических наук

Олег Павлович Лебедев

Подпись О.П.Лебедева заверяю

Ученый секретарь ФГБУ ГНЦ ИФВЭ



Н.Н. Прокопенко

Адрес организации: 142281, Московская область, город Протвино, площадь Науки, дом 1.

Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт"

Федеральное государственное бюджетное учреждение

Государственный научный центр Российской Федерации -

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

тел. 8 (4967) 71-36-23; Email: fgbu@ihep.ru