

ОТЗЫВ
научного руководителя
на диссертацию Синяткина Сергея Викторовича
«Магнитная система бустерного синхротрона с энергией 3 ГэВ для источника
синхротронного излучения NSLS-II»

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

Диссертационная работа Синяткина Сергея Викторовича посвящена разработке бустерного синхротрона и его ключевых магнитных элементов для источника синхротронного излучения (СИ) NSLS-II (Брукхейвенская национальная лаборатория BNL, США). Бустер ускоряет электроны от 170 МэВ до 3.15 ГэВ со средним током пучка 30 мА и частотой повторения импульсов инжекции до 2 Гц. Особенностью синхротрона является его относительно малый горизонтальный эмиттанс пучка 37 нм-рад в сочетании с компактностью установки. Работа по созданию бустерного синхротрона для BNL началась в ИЯФ СО РАН в мае 2010 г. и была завершена за три года. Полученное высокое качество магнитных элементов позволило в короткие сроки собрать магнитную систему кольца, инжектировать пучок и получить проектные параметры синхротрона-бустера. Результаты запуска бустера подтвердили высокое качество расчетов, моделирования, проектирования, изготовления и измерения магнитных элементов ускорителя. В настоящее время бустер стablyно работает в стандартном цикле ускорения при проектном токе пучка 30 мА.

Полученные в работе результаты и наработки по конструированию, моделированию, измерению магнитов и их производству имеют большое значение для создания магнитных систем современных ускорительных комплексов, коллайдеров и источников СИ.

Синяткин С.В. начал свою деятельность в Институте ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (ИЯФ СО РАН) в 1998 году в должности старшего лаборанта, будучи студентом физико-технического факультета Новосибирского государственного технического университета. В 2000 году он с отличием защитил квалификационную работу на соискание степени бакалавра, а в 2002 г. – магистерскую диссертацию. После защиты диссертации Синяткин С.В. продолжил обучение в аспирантуре ИЯФ СО РАН. В 2005 г. был переведен на должность младшего научного сотрудника ИЯФ СО РАН, а в 2015 г. – на должность научного сотрудника.

Изначально Сергей Синяткин занимался моделированием магнитных полей элементов оптики и расчетом оптических структур колец. Принимал участие в международных проектах по созданию современных ускорительных машин. Наиболее полно научный потенциал, в том числе способность достижения поставленной цели, Сергей раскрыл при проведении работ по теме

диссертации. С 2010 года основной темой его работ стала разработка магнитной системы бустерного синхротрона для источника СИ NSLS-II.

В первой главе диссертации С.В. Синяткина проведен подробный анализ магнитной структуры и оптики синхротрона NSLS-II. Отдельно исследованы факторы, задающие требования на параметры и точность изготовления магнитных элементов. В конце главы приводятся требования к магнитам с совмещенными функциями, определивших особенности их проектирования, изготовления, измерений и оптимизации.

Во второй главе обосновывается выбор конструкции сложных поворотных магнитов с совмещенными функциями BF и BD. Приводятся и обсуждаются результаты двух- и трехмерного моделирования магнитных полей. На основании результатов моделирования формулируются требования к точности изготовления сердечников магнитов.

Третья глава посвящена процессу производства поворотных магнитов, анализу результатов измерения механических параметров сердечников и их влиянию на характеристики магнитов.

В четвертой главе диссертации обсуждается методика прецизионного измерения магнитного поля элементов синхротрона с помощью датчиков Холла и описывается разработанное в ИЯФ для этих целей измерительное оборудование. Для учета влияния наведенных токов в стенках вакуумной камеры на параметры диполей был разработан и создан стенд для измерений импульсных магнитных полей. Описаны результаты измерения магнитных параметров 32 дефокусирующих и 28 фокусирующих поворотных магнитов, других магнитных элементов, проводится анализ результатов измерений, и их сравнение с моделированием магнитных полей.

В пятой главе представлены основные результаты по запуску бустерного синхротрона для источника синхротронного излучения NSLS-II. Выполнено сравнение измеренных с помощью пучка параметров кольца с ожидаемыми значениями, полученными из моделирования ошибок магнитных элементов кольца.

Разработанные диссидентом методы моделирования магнитных полей позволили спроектировать диполи синхротрона с высокой степенью достоверности и точности, и помогли учесть ключевые эффекты при работе синхротронного кольца. Применяемая технология изготовления сердечника и торцевых фасок сложной формы магнитов позволили изготовить дипольные магниты с требуемыми магнитными характеристиками. Разработанные методика и инструментарий для магнитных измерений с использованием лазерной системы геодезической выставки обеспечили высокоточные измерения магнитных характеристик поворотных магнитов. Полученное высокое качество магнитных элементов и их соответствие требованиям позволили в короткие сроки собрать магнитную систему кольца, инжектировать пучок и получить проектные

параметры пучка в синхротроне-бустере. Результаты запуска бустера подтвердили качество расчетов, моделирования, проектирования, изготовления и измерения магнитных элементов ускорителя. В настоящее время бустер стабильно работает в стандартном цикле ускорения при проектном токе пучка.

Полученные в рамках диссертационного исследования результаты и наработки по конструированию, моделированию, измерению магнитных параметров магнитов и производству магнитных элементов имеют большое значение для создания магнитных систем современных ускорительных комплексов, коллайдеров и источников СИ.

По теме диссертационной работы диссидентом в соавторстве опубликовано 16 статей, в том числе 4 статьи в периодических изданиях, входящих в рекомендуемый перечень ВАК.

Работы, составляющие материалы диссертации, неоднократно докладывались и обсуждались на научных семинарах ИЯФ СО РАН. Материалы диссертации были представлены на международных конференциях по ускорителям частиц: PAC'13 (г. Пасадена, США, 2013), IPAC'13 (г. Шанхай, Китай, 2013), IPAC'14 (г. Дрезден, Германия, 2014), IPAC'15 (г. Ричмонд, США, 2015), "Synchrotron and Free Electron Laser Radiation: Generation and Application" (г. Новосибирск, Россия, 2016). Достоверность диссертационной работы подтверждена опытом запуска и эксплуатации бустерного синхротрона для источника СИ NSLS-II.

Вклад соискателя в работы по теме диссертации является определяющим.

Считаю, что диссертация С.В. Синяткина удовлетворяет требованиям ВАК, а диссидент заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.20 - физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Научный руководитель, д.ф.-м. н.

Е.Б. Левичев

Ученый секретарь
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Институт ядерной физики
им. Г.И. Будкера
Сибирского отделения
Российской академии наук
к.ф.-м.н.



А.С. Аракчеев

Дата: 15 июня 2020 г.