

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Баранова Григория Николаевича «Многополюсный гибридный вигглер для генерации жёсткого интенсивного синхротронного излучения на накопителе ВЭПП-4М», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

Актуальность

Актуальность диссертации Баранова Григория Николаевича «Многополюсный гибридный вигглер для генерации жёсткого интенсивного синхротронного излучения на накопителе ВЭПП-4М» не вызывает сомнения. Спроектированный и запущенный новый источник позволил увеличить жесткость и значительно увеличить интенсивность синхротронного излучения. В области энергий 60 кэВ поток возрос в десять раз. С учетом более мягкого источника на ВЭПП-3, пользователи Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения получили две машины, позволяющие проводить измерения с энергиями фотонов от 10 до 100 кэВ. Это принципиально расширило экспериментальные возможности центра.

Вторым важным моментом является отработка полного цикла изготовления вигглера: проектирование, оптимизация, изготовление и контроль критических параметров. Разработанные при этом аналитические и численные модели, а также экспериментальные стенды и методики для измерения и контроля магнитного поля востребованы при разработке новых подобных устройств.

Структура диссертации

Диссертация имеет традиционную структуру, состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и двух приложений.

В введении приведено обоснование работы, связанное разработкой нового источника синхротронного излучения для ускорительного комплекса ВЭПП-4. Сформулированы задачи, использованные методы. Приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе приводится описание магнитной системы ускорительного комплекса ВЭПП-4 и анализ ограничений на разрабатываемый вигглер. Необходимо было разместить вигглер в небольшом промежутке магнитных элементов и не вносить изменений в оборудование вывода синхротронного излучения из накопителя.

В второй главе приводится описание конструкции вигглера. Проведено детальное моделирование магнитного поля. При этом, согласованно использованы как аналитические, так численные современные методы и программные комплексы моделирования.

В третьей главе описана методика и приведены результаты измерений магнитного поля изготовленного вигглера. Подобраны токи в корректирующих

обмотках для минимизации влияния поля вигглера на траекторию электронов в ускорителе. Справедливость подбора корректирующих токов реальной измеренной конфигурации поля гибридного вигглера была проверена прямым моделированием орбиты пучка в вигглере.

В четвертой и пятой главах проведено моделирование и экспериментальное исследование влияния вигглера на характеристики пучка электронов. Внимание удалено устойчивости траектории и влиянию на эмиттанс. Показано, что использованные подходы проектирования, изготовления и настройки позволяют создать вигглер с запланированными параметрами.

В шестой главе приведен расчет параметров излучения из вигглера: спектр и угловое распределение. Полученные результаты важны для пользователей, проводящих измерения с использованием синхротронного излучения. Приведены ссылки на результаты использования вигглера для новых задач, недоступных на старом оборудовании.

В заключении приведены общие выводы и обоснования достижения поставленных в работе целей. Сформулированы положения, выносимые на защиту.

Список литературы содержит 65 работ и отражает необходимые ключевые работы по теме диссертации.

В приложение вынесены аналитические формулы для вычисления распределения магнитного поля в вигглере и радиационные интегралы, характеризующие влияние вставного устройства на орбиту пучка.

Научная новизна

В работе впервые был спроектирован и установлен на накопителе электронов гибридный вигглер. Используя постоянные магниты и индукцию магнитного поля, создаваемую токовыми обмотками, удалось увеличить амплитуду поля на орбите пучка. Продуманное использование постоянных магнитов позволило увеличить поток фотонов с энергией 100 кэВ приблизительно в 3 раза.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Сформулированные в работе положения, выносимые на защиту, представляют из себя полноценную, эффективную методику проектирования вигглера. Это комплекс теоретических и численных моделей, позволяющих проектировать устройство с необходимыми свойствами и оптимизировать его с учетом имеющихся ограничений магнитной системы ускорителя.

Выносимые на защиту положения ясно сформулированы. Использованные для этого модели имеют глубокое фундаментальное обоснование, это обеспечивает достоверность полученных результатов, и позволяют использовать разработанные методики для проектирования других устройств.

Достоверность положений и разработанных методик подтверждается контролем параметров на всех стадиях изготовления вигглера. Измеренная на стенде магнитная индукция хорошо была предсказана предварительными

расчетами. Изготовленный вигглер был установлен в систему ускорителя, полученное излучение обладает запланированными свойствами.

Изготовленное устройство корректно работает и активно используется сообществом пользователей синхротронного излучения. Полученный автором опыт используется для проектирования магнитных систем новых ускорителей. В частности строящегося специализированного источника синхротронного излучения «СКИФ».

Материалы диссертации прошли проверку специализированным научным сообществом. Результаты докладывались на международных и Российских конференциях, опубликованы в 7 печатных работах, из них 5 статьи в рецензируемых журналах, 2 статьи в сборниках трудов конференций.

Рекомендации и замечания

Не вызывает сомнения законченность работы в рамках поставленных задач. Важные моменты, влияющие на генерацию излучения, и влияние поля вигглера на орбиту ускорителя подробно рассмотрены.

За пределами работы остался важный вопрос влияния стабильности орбиты на свойства пучка излучения: его положение, спектр и колебание этих параметров в рамках одного накопления и при перенакоплении. Плохое итоговое «качество» пучка сильно усложняет работу пользователей, снижает точность измерений, сужает выбор методик.

При проектировании следующих устройств необходим анализ влияния нестабильности траектории на характеристики излучения в условиях нормальной работы. Отдельно необходим анализ влияния неточности позиционирования устройства при установке на предсказание направления излучения. Для страховки необходимо рассматривать варианты корректировки. Особенно это важно для станций, использующих излучение на больших расстояниях от вигглера, десятки метров и более.

Библиография к работе содержит ключевые публикации, хорошо оформлена. Ссылки на электронные ресурсы значительно облегчают восприятие работы. На фоне этого в ряде мест (работы: 10, 16, 17, 28) указана только ссылка на сайт библиографической базы www.scopus.com.

Указанные пожелания и недочеты не снижают высокого уровня работы. В целом работа выглядит уравновешенно: формулируются понятные цели, для их достижения используются современные адекватные подходы, формулируемые выводы, где возможно проверяются прямыми измерениями, где это сложно – контролируется конечный результат. Работа написана ясным языком и легко читается.

Заключение

Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему, выполненную автором на высоком научном уровне. Представленные в работе результаты исследований достоверны, выводы, заключения и рекомендации аргументированы и

обоснованы. Результаты работы опубликованы и апробированы. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертация Баранова Григория Николаевича «Многополосный гибридный вигглер для генерации жёсткого интенсивного синхротронного излучения на накопителе ВЭПП-4М», по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника, 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. Работа достойна положительной оценки, а ее автор – Баранов Григорий Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Я, Прууэл Эдуард Рейнович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Баранова Григория Николаевича, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
Прууэл Эдуард Рейнович
Кандидат физико-математических наук
Специальность 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества,
Адрес: 630090, Россия, г. Новосибирск, пр-кт Академика Лаврентьева, д. 15
Телефон: +7 (913) 911-72-70
Эл. почта: skalyga@ipfran.ru
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева
Сибирского отделения Российской академии наук
Заместитель директора по научной работе

28 марта 2022 г.


Э.Р. Прууэл

Подпись Э.Р. Прууэла заверяю
Ученый секретарь ИГИЛ СО РАН

28 марта 2022 г.


А.К. Хе

