

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И
НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный
исследовательский ядерный
университет «МИФИ»
(НИЯУ МИФИ)

Каширское шоссе, д.31, г. Москва, 115409
Тел. (499) 324-87-66, факс (499) 324-21-11
<http://www.mephi.ru>

14.03.2017г. № 014/3-23.02
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Ректор НИЯУ МИФИ

д.ф.-м.н., профессор



М.Н. Стриханов

2017г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ»

на диссертацию

Максимова Александра Васильевича

**«Разработка, создание и ввод в эксплуатацию магнитооптической
структуры и системы многооборотного быстрого вывода протонного
радиографического комплекса на энергию 50÷70 ГэВ на базе
синхротрона У-70»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.04.20 — физика пучков
заряженных частиц и ускорительная техника в диссертационный совет Д
201.004.01 при ФГБУ ГНЦ ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт»

Актуальность исследования

Диссертация Максимова А.В. посвящена важной проблеме
современной ускорительной техники и применения ускорителей – созданию

комплексов протонной радиографии объектов с большой оптической плотностью. Тематика, представленная в диссертации, представляется актуальной в связи с необходимостью развития в России протонной радиографии для анализа сложных оптически плотных объектов, процессов в физике экстремального состояния вещества и быстропротекающих процессов. Количество протонографических комплексов в мире в настоящее время на превышает десяти, а комплекс Института физики высоких энергий НИЦ «Курчатовский институт» является единственным в России (после выхода из эксплуатации комплекса в Институте теоретической и экспериментальной физики) и лучшим в мире по своим параметрам, таким как энергия пучка и максимальная оптическая плотность исследуемых образцов.

Содержание работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованных источников.

Первая глава является обзорной, в ней отражены общие вопросы протонной радиографии, кратко описывается состояние дел в данной области, рассматриваются общие принципы построения каналов для протонной радиографии. Анализ подтверждает, что для массовых толщин объектов более 200 г/см^2 протонная радиография дает значительные преимущества перед рентгенографией по качеству получаемых изображений.

Во второй главе описывается протонная радиографическая установка, разработанная и созданная при участии соискателя на базе синхротрона У-70 ИФВЭ. Приведена общая схема канала установки в двух вариантах: пилотном с упрощенной схемой магнитооптического канала, состоящего из одного квадруплета (запущена в 2005г.). В главе описаны также система регистрации изображений пилотной установки и результаты её настройки, в том числе результаты анализа разрешающей способности, поля обзора и

возможности анализа объектов различной оптической толщины, а также объектов, содержащих примеси.

Третья глава содержит описание полноценной установки протонной радиографии, включающей три квадруплета, что позволяет обеспечить полное трехмерное согласование пучка на мишени. В главе приведены: постановка задачи, которую должна решать установка (радиография объектов с оптической толщиной до 400 г/см^2 при поле обзора до 60 мм), основные характеристики комплекса ПРГК-100, описание системы коллимации пучка, краткий анализ хроматических aberrаций линз и их квартетов, оценка влияния параметров пучка и канала на качество получаемых изображений. Большое внимание уделено оценке пространственного разрешения установки и анализу влияния различных нелинейных эффектов, например многократного кулоновского рассеяния протона в исследуемом объекте и хроматических aberrаций линз, на характеристики изображения. Подробно рассматриваются контрастно-частотные характеристики (КЧХ) оптической системы установки ПРГК-100.

В четвертой главе рассматриваются особенности вывода пучка ускоренных протонов из синхротрона У-70 в канал радиографической установки ПРГК-100. Для работы установки использован многооборотный быстрый вывод. Рассмотрена динамика пучка в системе быстрого вывода и влияние этой системы на параметры выведенного пучка протонов.

Пятая глава посвящена краткому описанию некоторых основных результатов, полученных на протонографической установке ПРГК-100 после начала эксплуатации в 2014г. Описываются особенности работы систем однооборотного и многооборотного вывода, дано описание системы и результатов настройки резкости системы многокадровой регистрации, приведены оценки разрешающей способности системы.

В заключении приведены основные результаты работы.

В ходе работы автором получены следующие основные результаты:

1. Разработана методика построения и расчетов магнитооптической системы, которая использовалась при проектировании и создании прототипа и полномасштабного протонного радиографического комплекса.

2. Проведена оценка влияния параметров установки, пучка и исследуемых объектов на качество изображения. Сформулированы требования на точность поддержания параметров магнитооптической системы. Выполнены оценки контрастно-частотной характеристики (КХЧ) магнитооптической системы и системы регистрации изображений.

3. Рассмотрены особенности однообrotnого и многообrotnого вывода протонного пучка из синхротрона У-70 для нужд протонографического комплекса.

4. Проведены эксперименты на полномасштабном протонном радиографическом комплексе ПРГК-100, а также тесты для определения разрешающей способности и КХЧ установки.

Научная и практическая значимость результатов

Выносимые на защиту положения и результаты являются новыми, тематика исследований, представленных в диссертации, имеет большую научную и практическую значимость в связи с актуальностью развития в России протонной радиографии для анализа сложных оптически плотных объектов, процессов в физике экстремального состояния вещества и быстротекающих процессов. Комплекс Института физики высоких энергий НИЦ «Курчатовский институт» является единственным действующим в России в настоящее время, а из всех действующих в мире комплексов в диапазоне энергий протонов 50-70 ГэВ может работать только ПРГК-100 ИФВЭ. Научная и практическая значимость работы также подтверждается большим количеством проведенных на протонографическом комплексе прикладных работ.

Достоверность результатов и обоснованность результатов

Достоверность и обоснованность полученных в работе результатов подтверждается корректным использованием методов математического моделирования, а также сравнением результатов расчета и моделирования с экспериментальными данными, полученными в ходе настройки и эксплуатации комплекса ПРГК-100. Также работа прошла апробацию на различных научных конференциях и семинарах, результаты опубликованы в ведущих российских научных журналах.

Работа не лишена некоторых недостатков:

1. В диссертации отсутствует сводная таблица с параметрами протонографического комплекса, это затрудняет оценку возможностей установки. Например, в различных разделах диссертации энергия, используемая для протонографии, указана как 50 или 70 ГэВ, но нигде нет комментариев о необходимости, а также возможности или невозможности регулировки энергии пучка.

2. В разделе «3.3 Оценка влияния параметров пучка и характеристик установки на качество изображения объекта» на с. 66 утверждается, что итоговая дисперсия определяется суммой всех процессов и параметров, которые могут внести ошибку в изображение $\sigma^2 = \sum \sigma_i^2$. При этом никакого аналитического или экспериментального обоснования этого утверждения в тексте диссертации нет. Также в данном разделе была бы полезна сводная таблица, которая позволила бы быстро оценить вклад различных эффектов в качество получаемого изображения.

3. В подразделе «Динамика пучка под действием быстрых магнитов» главы 4 на рисунках 4.1-4.3 приведено несколько изображений поперечных сечений пучка в процессе быстрого вывода. При этом не приведено ни одной функции распределения частиц по координате или поперечному импульсу, хотя из рисунков можно сделать вывод о том, что эти распределения отличны от Гауссова (см. рис. 4.6-4.7). Никаких пояснений о том, проводится ли

коррекция этих функций распределений в магнитооптическом канале, в диссертации нет. В случае если рис. 4.6 и 4.7 верны, а коррекция не проводится (а такой вывод можно сделать, так как упор в 1 и 2 главах сделан на построение магнитооптического канала, в котором матрица передачи будет единичной), то возникает вопрос о влиянии функции распределения на изображение, который в диссертации также не проанализирован.

4. Целый раздел посвящен влиянию хроматических aberrаций на изображения, однако нигде в диссертации не приведены численные оценки этого влияния для конкретного комплекса ПРГК-100. Также нигде не рассматривается вопрос о влиянии краевых полей квадрупольных линз.

Отмеченные замечания не снижают научной значимости и практической ценности работы.

Заключение

Диссертация А.В. Максимова представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новые научные и практические результаты в актуальной области ускорительной техники, проведенную с целью решения важных научных и практических задач.

Результаты, полученные в диссертации, могут быть рекомендованы для использования в институтах НИЦ «Курчатовский институт», РФЭЦ ВНИИЭФ и других организациях ГК «Росатом», НИЯУ МИФИ, ОИЯИ и других организациях.

В целом по актуальности, новизне и практической значимости диссертация Максимова А.В. соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.20 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры Электрофизических установок Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (115409, г. Москва, Каширское шоссе д.31, +7-495-7885699, info@mephi.ru) « 27 » февраля 2017г., Отзыв утвержден Протоколом № 2 от « 27 » февраля 2017г.


Отзыв составили
доцент кафедры Электрофизических установок
НИЯУ МИФИ, руководитель научно-исследовательской
лаборатории «Динус» кандидат физико-математических
наук, доцент
+7-495-7885699*9940, smpolozov@mephi.ru


С.М. Полозов

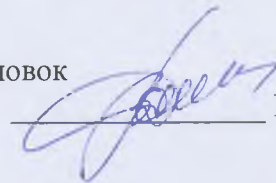
доцент кафедры Электрофизических установок
НИЯУ МИФИ, кандидат физико-математических
наук, доцент
+7-495-7885699*9940, vsdyubkov@mephi.ru


В.С. Дюбков


Секретарь Учебно-методического и научного совета
кафедры Электрофизических установок НИЯУ МИФИ
доктор технических наук, профессор
+7-499-3242995, aeshikanov14@mail.ru


А.Е. Шиканов

Зам. заведующего кафедрой Электрофизических установок
НИЯУ МИФИ, кандидат технических наук
+7-495-7885699*8226, vvdmitriyeva@mephi.ru


В.В. Дмитриева

Председатель Совета по аттестации и подготовке
научно-педагогических кадров НИЯУ МИФИ
доктор физико-математических наук, профессор
+7-495-7885699*9991, nakudryashov@mephi.ru


Н.А. Кудряшов