

УТВЕРЖДАЮ
Директор ОИЯИ
Трубников Г.В.

«10» июня 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
Международная межправительственная организация
Объединенный институт ядерных исследований

на диссертационную работу Титова Александра Ивановича
«Развитие аппаратно-программных средств управления и диагностики
пучка для ускорительного комплекса ИЯИ РАН»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.3.2 – Приборы и методы
экспериментальной физики

Актуальность темы диссертации.

Автоматизированная система управления (АСУ) любого современного ускорительного комплекса является сложной многоуровневой системой, состоящей из множества различных аппаратных и программных элементов.

Работа посвящена решению нескольких поставленных задач по модернизации различных узлов АСУ линейного ускорителя (ЛУ) ионов водорода ИЯИ РАН. Автором работы была проделана работа по разработке программного обеспечения (ПО) для усовершенствования старого функционала, а также для добавления новых диагностических процедур. Также в рамках данной работы были исследованы различные параметры пучков ионов водорода с применением реализованных методик и процедур. Приводятся экспериментальные результаты измерения параметров пучков.

Объем и структура работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы. Полный объем диссертации составляет 113 страниц, включая 63 рисунка и 9 таблиц. Список литературы содержит 101 наименование.

Во **введении** излагаются актуальность и степень разработанности темы исследования, цель, научная новизна и практическая ценность работы;

раскрывается личный вклад автора и степень достоверности, перечисляются положения, выносимые на защиту, и указываются данные о публикациях и апробации работы.

В первой главе проводится обзор систем управления современных ускорительных комплексов со всего мира. Предложена классификация основных типов систем управления, указаны их основные характеристики, особенности использования. Основное внимание уделяется программной составляющей таких систем.

Во второй главе описывается АСУ ЛУ ИЯИ РАН. Описываются основные составляющие элементы, их принципы работы. В последних разделах главы раскрывается информация о программной составляющей системы управления. **Третья глава** посвящена модернизации АСУ как в целом, так и отдельных узлов, связанных с различными технологическими системами ускорительного комплекса.

Четвёртая глава посвящена программному обеспечению для датчиков пучка, использующих оптические методы в своей работе. Описывается базовый функционал ПО, дополнительные функции для отдельных датчиков. В конце главы приведены результаты применения данного ПО при работе с различными датчиками.

В пятой главе описывается реализация процедуры томографической реконструкции поперечных фазовых портретов пучка. Обсуждаются различные особенности реализованного алгоритма, погрешности измерения. Проводится анализ результатов разработанного метода на основе сравнения с другим методом и расчетными данными.

В заключении приведены результаты диссертационной работы.

Основные положения диссертационной работы состоят в следующем:

1. Разработано многофункциональное программное обеспечение для оптических методов диагностики поперечного профиля пучка.
2. Проведены измерения параметров пучков ионов водорода с использованием оптических методов диагностики в различных точках ускорительного комплекса ИЯИ РАН.
3. Разработано программное обеспечение для проведения томографической реконструкции поперечного фазового пучка протонов, в том числе с возможностью автоматизированных измерений.
4. Предложен и реализован математический алгоритм коррекции артефактов томографической реконструкции.

5. Проведена томографическая реконструкция распределений частиц пучков протонов в поперечных фазовых плоскостях с энергиями в диапазоне от десятков до сотен МэВ.

Достоверность полученных результатов с использованием оптических методов диагностики обеспечивается сравнением с другими измерителями параметров пучка. Достоверность результатов томографии обеспечивается сравнениями с результатами моделирования динамики пучка и результатами другого апробированного метода.

Результаты, полученные в диссертационной работе, были доложены на всероссийских и международных конференциях, опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Научная новизна диссертационной работы заключается в предложенном автором методе измерения заряда макроимпульса пучка протонов, выведенного в атмосферу, а также в реализованном математическом алгоритме устранения артефактов томографической реконструкции.

Практическая значимость диссертации заключается в обширной модернизации автоматизированной системы управления и расширения возможностей операторов пучка по измерению параметров пучка.

Личный вклад: все результаты, выносимые на защиту, получены автором лично или при его непосредственном участии.

Замечания по работе

Диссертация Титова А.И. в целом написана ясно и структурированно, полностью освещает цели, методы и результаты проделанной работы. К ней, однако, имеется несколько замечаний и вопросов, которые не снижают ее ценности.

1. На Рис. 4.8 показаны распределения частиц на выходе из ионопровода и после прохождения Al фольги и воздушного промежутка, где абсолютное число частиц в центре выше после прохождения рассеивающего вещества. Данный график требует пояснения, что за частицы дают вклад в выросший пик, а не только объяснения, что распределение частиц после рассеяния становится Гауссовым. Кулоновское рассеяние не может привести к росту абсолютного числа частиц в центре пучка.
2. В обсуждение «соглашения о фазовом эллипсе», или, другими словами, о практике расчета «полного» размера пучка», следует добавить физические обоснования установившейся практики.

Заключение

Сделанные замечания не влияют на общую высокую оценку работы. Диссертация Титова А.И. «Развитие аппаратно-программных средств управления и диагностики пучка для ускорительного комплекса ИЯИ РАН» удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Результаты диссертации Титова А.И. были представлены, обсуждены и одобрены на научном семинаре ЛФВЭ Объединенного института ядерных исследований 28 мая 2025 года.

Директор ЛФВЭ ОИЯИ

Кандидат технических наук _____ Бутенко А. В.

Отзыв составил

начальник отдела, ЛФВЭ, Отделение №2, Научно экспериментальный отдел теоретической и методической поддержки проектов,

доктор физико-математических наук _____ А. А. Балдин

Международная межправительственная организация

Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ)

141980, Дубна, ул. Жолио Кюри 6

e-mail: post@jinr.ru

Тел: +7 (496) 216-50-59

Подпись А. А. Балдина удостоверяю:

Учёный секретарь

ЛФВЭ ОИЯИ

А.П. Чеплаков

Список основных публикаций работников организации по теме рецензируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. A.P. Potylitsyn, B.A. Alekseev, A.V. Vukolov, M.V. Shevelev, A.A. Baldin, V.V. Bleko, P.V. Karataev, A.S. Kubankin. Monochromatic Optical Cherenkov Radiation of Moderately Relativistic Ions in Radiators with Frequency Dispersion, JETP Letters, ISSN: 0021-3640, Pleiades Publishing, Inc, vol. 115, pp. 439-443, 2022.
2. A.P. Potylitsyn, A.A. Baldin, V.V. Bleko, A.V. Vukolov, G.A. Naumenko, P.V. Karataev, V.V. Kobets, V.R. Kocharyan, A.S. Kubankin, R.M. Nazhmudinov, M.M. Toktaganova, M. et al. Characteristics of Coherent Transition Radiation in the Prewave Zone from a Finite-Size Target, Physics of Particles and Nuclei Letters, ISSN: 1547-4771, Pleiades Publishing, vol. 21, pp. 131-139, 2024.
3. A.P. Potylitsyn, A.V. Vukolov, M.V. Shevelev, A.A. Baldin, V.V. Bleko, V.V. Bleko, V.V. Kobets, P.V. Karataev, and V.R. Kocharyan. On the Effect of Focusing of Coherent Diffraction Radiation by a Semi-Parabolic Target, Physics of Particles and Nuclei Letters, ISSN: 1547-4771, eISSN: 1531-8567, Pleiades Publishing, Ltd., vol. 21, pp. 140-145, 2024.
4. V.V. Bleko, Yu.B. Bazarov, A.A. Baldin, V.V. Bleko, M.A. Karpov, V.V. Marmyshev, A.A. Khristenko, V.V. Kobets, D.S. Korovkin and N.V. Tcherniega. Characteristics of a neutron source based on an electron accelerator LINAC-200, Journal of Instrumentation, ISSN: 1748-0221, IOP Publishing, vol. 19, pp.C08004, 2024.
5. А.П. Потылицын, Б.А. Алексеев, А.В. Вуколов, М.В. Шевелев, А.А. Балдин, В.В. Блеко, П.В. Каратаев, А.С. Кубанкин и др. Монохроматическое оптическое излучение Вавилова-Черенкова умеренно релятивистских ионов в радиаторах с частотной дисперсией, Письма в ЖЭТФ, ISSN: 0021-3640, eISSN: 1090-6487, том 115, стр. 439-443, 2022.
6. М. Базнат, А.А. Балдин, Е. Балдина, М.М. Параипан, В. Пронских, В. Живков. Cascade models in simulation of extended heavy targets irradiated by accelerated proton and deuteron beams, Physics of Particles and Nuclei, Pleiades Publishing, том 53, стр. 1000-1020, 2022.
7. А.П. Потылицын, А.А. Балдин, В.В. Блеко, А.В. Вуколов, Г.А. Науменко, В.В. Кобец, В.Р. Кочарян, А.С. Кубанкин, Р.М. Нажмутдинов, М.М. Токтаганова, М.В. Шевелёв и др. Характеристики когерентного

переходного излучения в предволновой зоне от мишени конечных размеров, Письма в журнал “Физика частиц и атомного ядра”, том 21, стр. 145-155, 2024.

8. А.П. Потылицын, А.В. Вуколов, М.В. Шевелёв, А.А. Балдин, В.В. Блеко, В.В. Блеко, В.В. Кобец, П.В. Каратаев, В.Р. Кочарян и др. Об эффекте фокусировки когерентного дифракционного излучения полупараболической мишенью, Письма в журнал “Физика частиц и атомного ядра”, ОИЯИ, том 21, стр. 156-163, 2024.

9. Ts. Baatar, A.A. Baldin, E.G. Baldina, B. Batgerel, A.I. Malakhov, N. Khishigbuyan, B. Otgongerel, M. Sovd, M. Urangua, R. Togoo, and G. Sharkuu. Study of π^- - Meson Production in $p + p$, $n + p$, $p + C$, and $\pi^- + C$ Interactions Using the target Mass Method, Physics of Particles and Nuclei Letters, ISSN: 1547-4771, eISSN: 1531-8567, Pleiades Publishing, том 21, стр. 1139-1144, 2024.