

УТВЕРЖДАЮ:



Проректор по науке

Национального исследовательского

Томского политехнического университета

 Юсубов Мехман Сулейман оглы

7.10. 2020 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет»

Диссертация «Разработка и применение метода многоуглового сканирования для регистрации пространственного энергетического распределения ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка» выполнена в Исследовательской школе физики высокоэнергетических процессов (до 2018 года на кафедре Прикладной физики Физико-технического института) Национального исследовательского Томского политехнического университета.

В период подготовки диссертации соискатель **Булавская Ангелина Александровна** обучалась в аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальном исследовательском Томском политехническом университете».

В 2016 году окончила магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению 14.04.02 «Ядерная физика и технологии».

Диплом об окончании аспирантуры федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» выдан в 2020 году.

Научный руководитель – Стучебров Сергей Геннадьевич, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Диссертационная работа рассмотрена на расширенном научном семинаре Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов в присутствии приглашённых сотрудников отделения естественных наук Школы базовой инженерной подготовки, отделения материаловедения Инженерной школы новых производственных технологий, Международной научно-образовательной лаборатории «Рентгеновская оптика» Инженерной школы ядерных технологий, научно-исследовательской лаборатории СВЧ-технологии Инженерной школы ядерных технологий, отделения ядерно-топливного цикла Инженерной школы ядерных технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национального исследовательского Томского политехнического университета».

Присутствовали:

1. Гоголев А.С., к.ф.-м.н., зам. директора по развитию ИШФВП;
2. Потылицын А.П., д.ф.-м.н., профессор ИШФВП;
3. Шаманин И.В., д.ф.-м.н., зав. отделением естественных наук ШБИП;
4. Двилис Э.С., д.ф.-м.н., профессор отделения материаловедения ИШНПТ;
5. Стучебров С.Г., к.ф.-м.н., доцент ИШФВП;
6. Бабаев А.А., к.ф.-м.н., н.с. ИШФВП;
7. Шкитов Д.А., к.ф.-м.н., м.н.с ИШФВП;
8. Шевелев М.В., к.ф.-м.н., с.н.с. Международной научно-образовательной лаборатории «Рентгеновская оптика» ИЯТШ;
9. Мостовщиков А.В., к.т.н., с.н.с. научно-исследовательской лаборатории СВЧ-технологии ИЯТШ;
10. Веригин Д.А., к.ф.-м.н., доцент ОЯТЦ ИЯТШ;
11. Черепенников Ю.М., к.т.н., доцент ОЯТЦ ИЯТШ;
12. Рогова Н.С., к.т.н., доцент ОЯТЦ ИЯТШ;
13. Милойчикова И.А., к.ф.-м.н., старший преподаватель ОЯТЦ ИЯТШ.
14. Булавская А.А., инженер-исследователь ИШФВП, соискатель.

Были заданы вопросы:

1. Какое общее время проведения измерения интенсивности пучка предложенным методом?
2. Если есть нестабильность пучка можно ли проводить измерение, предложенным методом?
3. Время жизни сцинтилляционного детектора, предложенного в работе?
4. Количественный критерий выбора минимально достаточного количества проекций для реконструкции изображения?
5. Почему результаты измерения аналоговым детектором представлены в цифровом виде?
6. Какие вы видите методы повышения контрастности изображения для проволоочного сканирования?
7. При измерении фибером почему интенсивность на краях пучка выше, чем в центре?
8. Как определяется выбранный в работе критерий оценки результатов?

По итогам обсуждения принято следующее заключение: Диссертационная работа является самостоятельно выполненной законченной научно-исследовательской работой.

1. **Актуальность темы исследования** связана с постоянным развитием в области диагностики пучков ионизирующего излучения. Существующие методы имеют различные ограничения и недостатки, таким образом актуальным является разработка нового универсального метода, который бы позволял быстро, без расходных материалов и с достаточно высоким разрешением измерять распределение интенсивности ионизирующего излучения сложной формы в поперечном сечении пучка. Разрабатываемый в работе метод многоуглового сканирования и экспериментальная установка по его применению отвечает таким требованиям как, универсальность, точность полученных результатов. Также актуальным является возможность использования данного метода на уже имеющейся в ускорительной установке детектирующей системе с небольшой модернизацией. **Цель работы:** разработка и эффективное применение метода многоуглового сканирования для регистрации пространственного энергетического распределения ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка.

2. Соответствие работы Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента РФ от 01.12.2016 г. № 642):

– фундаментальные исследования, обусловленные внутренней логикой развития науки, обеспечивающие готовность страны к большим вызовам, еще не проявившимся и не получившим широкого общественного признания, возможность своевременной оценки рисков, обусловленных научно-технологическим развитием;

Соответствие работы приоритету развития науки и техники Российской Федерации (Указ Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899):

– науки о жизни.

Соответствие работы критическим технологиям (Указ Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899):

– Технологии информационных, управляющих, навигационных систем.

3. Полнота изложения материалов диссертации. По результатам выполненных исследований опубликовано **13** печатных работ, в том числе **1** статья в журналах из перечня ВАК, **5** статей в журналах, индексируемых Scopus и Web of Science, **7** публикаций в сборниках трудов конференций, **1** свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ и **1** Акт о внедрении.

Основное содержание результатов диссертационной работы и ее результаты отражены в работах:

1. **Krasnykh, A. A.** Analysis of Plane-Parallel Electron Beam Propagation in Different Media by Numerical Simulation Methods / I. A. Miloichikova, V. I. Bepalov, S. G. Stuchebrov, Y. M. Cherepennikov, R. R. Dusaev // Russian Physics Journal. – 2018 – Vol. 60 – №. 12. – P. 2115-2122

2. **Красных, А. А.** Определение распределения плотности потока электронного пучка в поперечной плоскости на основе многоугольного проволочного сканирования / И. А. Милойчикова, Г. А. Науменко, Ю. М. Черепенников, С. Г. Стучебров // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Математика. Физика. – 2018 – Т. 50 – №. 3. – С. 323-328

3. **Krasnykh, A. A.** The method for the electron beam cross section measurement based on the detection of Cherenkov radiation in dielectric fiber / S. G. Stuchebrov,

- Y. M. Cherepennikov, I. A. Miloichikova, A. V. Vukolov // Journal of Instrumentation. – 2018 – Vol. 13 – №. 5, Article number C05020. – P. 1-9
4. **Bulavskaya, A. A.** Feasibility of clinical electron beam formation using polymer materials produced by fused deposition modeling / I. A. Miloichikova, Y. M. Cherepennikov, B. M. Gavrikov, E. Gargioni, D. A. Belousov, S. G. Stuchebrov // Physica Medica: European Journal of Medical Physics. – 2019 – Vol. 64. – P. 188-194
5. **Bulavskaya, A. A.** Evaluation of the effect of moisture content in the wood sample structure on the quality of tomographic X-ray studies of tree rings of stem wood / A. V. Batranin, S. L. Bondarenko, M. A. Kazaryan, I. A. Miloichikova, S. V. Smirnov, S. G. Stuchebrov, Y. M. Cherepennikov // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – 2019 – Vol. 46 – №. 1. – P. 16-18
6. **Bulavskaya, A. A.** Theoretical study of the dose measurements reliability with longitudinally arranged dosimetry films in materials with different densities / Yu. M. Cherepennikov, A. A. Grigorieva, I. A. Miloichikova, Z. Startseva, S. G. Stuchebrov, V. Velikaya // Journal of Instrumentation. - 2020 - Vol. 15 - №. 3, Article number C03037 – P. 1-7
7. **Krasnykh, A. A.** Development of the method for the electron beam spatial distribution determination in the transverse plane / S. G. Stuchebrov, I. A. Miloichikova, A. V. Batranin, I. B. Danilova, V. A. Kudrina // AIP Conference Proceedings. – 2016 – Vol. 1772, Article number 060016. – P. 1-7
8. **Красных, А. А.** Определение оптимального количества углов сканирования для измерения распределения плотности потока электронного пучка / И. Б. Данилова, А. А. Красных, И. А. Милойчикова // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XVI Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 7 т., Томск, 23-26 Апреля 2019. – Томск: ТПУ, 2019 – Т. 1. Физика – С. 124-126
9. **Krasnykh, A. A.** The method for the electron beam cross section measurement based on Cherenkov radiation detection by multiangular scanning / S. G. Stuchebrov, Y. M. Cherepennikov, A. A. Krasnykh, I. A. Miloichikova // Radiation from Relativistic Electrons in Periodic Structures: Book of Abstracts of XII International Symposium, Hamburg, September 18-22, 2017. – Hamburg: DESY, 2017 – P. 154

10. **Krasnykh, A. A.** Measurement of gamma radiation beam profile in the cross section by analyzing of Cherenkov radiation generated in the fiber during multi-angle scanning / S. G. Stuchebrov, Y. M. Cherepennikov, A. A. Krasnykh, I. A. Miloichikova // Charged and Neutral Particles Channeling Phenomena: Book of Abstracts of 8th International Conference, Naples, September 23-28, 2018. – Moscow: MEPhI, 2018 – p. 130
11. **Krasnykh, A. A.** New approach to measure a flux density distribution in the beam cross section / A. A. Krasnykh, Y. M. Cherepennikov, I. A. Miloichikova, S. G. Stuchebrov // From Basic Science and Applications to Technologies Inspired by Nature: Participants' Abstracts of RACIRI 2018 Summer School, Hamburg, 25 August-1 September 2018. – Hamburg: DESY, 2018 – P. 39
12. **Bulavskaya, A. A.** Measurement of wide-aperture X-ray beam trasverse profile based on multiangular wire scanning / S. G. Stuchebrov, Y. M. Cherepennikov, I. A. Miloichikova // Radiation from Relativistic Electrons in Periodic Structures: Book of Abstracts of XIII International Symposium, Belgorod, September 15-20, 2019. – 2019 – P. 130
13. **Bulavskaya, A. A.** New method to measure spatial parameters of radiation beams / Y. M. Cherepennikov, A. A. Bulavskaya, I. A. Miloichikova, S. G. Stuchebrov // International conference on Electron, Positron, Neutron and X-ray Scattering under External Influences: Book of Abstracts, Erevan, October 21-26, 2019. – Yerevan: Institute of Applied Problems of Physics, 2019 – P. 29

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на научных семинарах Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», а также на конференциях в период 2016-2020 гг.: International conference on Electron, Positron, Neutron and X-ray Scattering under External Influences, г. Ереван, Армения, 2019; 14th International Forum on Strategic Technology «IFOST-2019», г. Томск, Россия, 2019; XIII International Symposium «Radiation from Relativistic Electrons in Periodic Structures» (RREPS-19), г. Белгород, Россия, 2019; XVI Международная конференция студентов, аспирантов и молодых

ученых «Перспективы развития фундаментальных наук», г. Томск, Россия, 2019; The 8th International Conference «Channeling 2018 – Charged & Neutral Particles Channeling Phenomena», о. Искья, Италия, 2018; RACIRI Summer School 2018, о. Рюген, Германия, 2018; VII Школа-конференция молодых атомщиков Сибири, г. Томск, Россия, 2018; XII International Symposium «Radiation from Relativistic Electrons in Periodic Structures» (RREPS-17), г. Гамбург, Германия, 2017; XII Международный семинар по проблемам ускорителей заряженных частиц памяти В.П.Саранцева, г. Алушта, Россия, 2017; IX Международная научно-практическая конференция, посвященная 50-летию исследовательского ядерного реактора ТПУ «Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине», г. Томск, 2017; VII Школа-конференция молодых атомщиков Сибири, г. Томск, 2016.

4. Личный вклад соискателя заключается в выборе методов исследований, разработке программного обеспечения для сбора данных, разработке экспериментальных установок, проведении экспериментальных исследований, интерпретации полученных результатов, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, подготовке научных публикаций по теме исследования. Постановка задач исследования и анализ полученных результатов проводились совместно с научным руководителем. Результаты, представленные в диссертации, получены автором лично. Вклад соавторов в основные публикации не превышал 30% от общего объема работы.

5. Научная новизна

1. Предложен метод многоуглового сканирования для регистрации пространственного энергетического распределения ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка и создана установка, реализующая этот метод.
2. Получено выражение для определения оптимального количества проекций, позволяющего получать достоверные пространственные энергетические распределения ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка за минимальное время.
3. Впервые реализована регистрация профилей пучка под разными углами с помощью сцинтилляционного проволочного детектора, на основе которых с

помощью интегральных преобразований получено пространственное энергетическое распределение ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка.

6. Теоретическая и практическая значимость

1. Разработанный метод многоугольного сканирования позволяет получить пространственное энергетическое распределение ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка с помощью обратного преобразования Радона.
2. Полученное выражение для поиска оптимального количества проекций позволяет оптимизировать процесс сбора данных при реализации метода многоугольного сканирования.
3. Созданный макет экспериментальной установки позволяет эффективно применять метод многоугольного сканирования для регистрации пространственного энергетического распределения ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка.

7. Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечена:

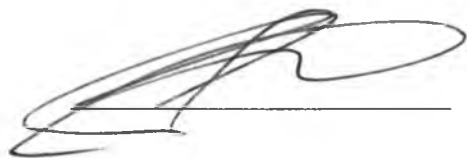
Достоверность и обоснованность результатов, полученных в диссертационной работе, обеспечивается использованием современных программных пакетов и аппаратуры, согласием результатов измерений, полученных разными методами и устройствами, и непротиворечивостью полученных результатов ранее опубликованным работам других авторов.

8. Выполненная диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, содержит полезный в научном и техническом отношении материал. В работе изложены новые научно обоснованные решения, направленные на усовершенствование техники и методики диагностики пучков ионизирующего излучения. Диссертационная работа соответствует требованиям федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация «Разработка и применение метода многоугольного сканирования для регистрации пространственного энергетического распределения ионизирующего излучения в поперечном сечении пучка» Булавской Ангелины Александровны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Заключение принято на расширенном научном семинаре Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Присутствовало на заседании 13 чел. Результаты голосования: «за» – 13 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 11 от «15» июня 2020 г.



председатель научного семинара,
Гоголев Алексей Сергеевич, к.ф.-м.н.,
и.о. руководителя Исследовательской
школы физики высокоэнергетических
процессов Томский политехнический
университет



секретарь научного семинара,
Покровская Елена Александровна,
начальник Организационного отдела
Исследовательской школы физики
высокоэнергетических процессов
Томский политехнический университет

