ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.193.01 (Д 002.110.02), СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 14.10.2026г. № 8

О присуждении Волкову Георгию Степановичу, гражданину Российской Федерации ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Переходные режимы излучения сильноточных разрядов наносекундного диапазона длительности» по специальности 1.3.9 – физика плазмы принята к защите 27.05.2026г., (протокол заседания № 5) диссертационным советом 24.1.193.01 (Д 002.110.02), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, Ижорская ул., д. 13, стр. 2, (495) 485-8345, jiht.ru), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012г.

Соискатель Волков Георгий Степанович 1954 года рождения, в 1977 году окончил Московский физико-технический институт.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему: «Исследование динамики и излучения многопроволочных лайнеров, ускоряемых мощными импульсными генераторами» по специальности 01.04.08 - физика и химия плазмы была защищена 26.11.1990 г. в Специализированном диссертационном совете Д.034.04.01 при Институте Атомной Энергии им. И.В. Курчатова, г. Москва. (Протокол № 9).

Работает в должности старшего научного сотрудника Отделения физики токамаков реакторов и токонесущей плазмы АО «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований»

Диссертация выполнена в Отделении физики токамаков реакторов и токонесущей плазмы АО «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований».

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедры общей и космической физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждение высшего образования «Иркутский государственного университета» Паперный Виктор Львович;

- доктор физико-математических наук, профессор, зам. директора института лазерно-физических исследований (ИЛФИ) по исследованиям высокотемпературной замагниченной плазмы - начальник научно-исследовательского отделения РФЯЦ-ВНИИЭФ Ивановский Андрей Владимирович;

- доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник отдела физики высоких плотностей энергий ФИАН им. П.Н. Лебедева РАН Пикуз Сергей Александрович

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (г. Томск) в своем положительном заключении, составленном главным научным сотрудником отдела высоких плотностей энергий д.ф.-м.н. Орешкиным В.И. (и утвержденном 15.09.2026г. Врио директором Жерлицыным А.А.) указала, что научная значимость работы определяется в первую очередь новизной полученных результатов практически по всем направлениям работы. Например, предложен и

экспериментально обоснован вариант каскадной нагрузки сильноточных Z – пинчей с использованием эффекта усиления взаимодействия каскадов сборки через магнитное поле тока внутреннего каскада применительно к схеме статического «хольраума». Впервые экспериментально измерена анизотропия плотности потока энергии разлетающейся плазмы мегаамперных Z- пинчей и показано, что в направлении перпендикулярном оси пинча энергия излучения существенно превышает энергию переносимую ионными потоками распадающейся плазмы, а в направлении оси они сравнимы.

Результаты работы могут быть использованы в научных и научно-образовательных центрах, а также в организациях, проводящих исследования по физике высоких плотностей энергий и экстремального состояния вещества, в частности, в Объединенном институте высоких температур РАН, в Институте сильноточной электроники Сибирского отделения РАН (ИСЭ СО РАН), в Научно-исследовательском институте электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова, в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, в Национальном исследовательском университете «МИФИ», в НИЦ «Курчатовский институт», во Всероссийском научно-исследовательском институте автоматики им. Н.Л. Духова.

По теме диссертации опубликовано 29 работ в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК для докторских диссертаций:

1. Bobashev S.V., Golubev A.V., Platonov Yu.Ya., Salashenko N.N., Shmaenok L.A., Volkov G.S. and Zaitsev V.L. Absolute Photometry of Pulsed Intense Fluxes of Ultrasoft X-Ray Radiation. // Physica Scripta.-1991.- V.43.- P.356-367

2. Ахсахалян А.Д., Бобашев С.В., Волков Г.С., Голубев А.В., Зайцев В.И., Забродин И.Г., Краснов А.К., Олейник Г.М., Шмаенок Л.А. Измерение спектра излучения плазмы с помощью многослойных рентгеновских зеркал// Физика плазмы.-1992.-Т.18.-В.4.- С. 509-513

3. Волков Г.С., Гигиберия В.П., Комаров С.А., Корнило В.А., Тулупов М.В. Исследование параметров ксеноновых сверхзвуковых струй, получаемых с помощью электромагнитного клапана // ЖТФ.-1992.- Т.62.- В.11.-С.172-175

4. Волков Г.С., Гигиберия В.П., Коваленко А.В. и др. Экспериментальное и расчетное исследование излучательных характеристик плотной высокотемпературной плазмы многозарядных ионов получаемой при ускорении лайнеров на установке "Ангара-5-1"// ЖЭТФ. -1992.-Т.101.-В.2.-С.479-492

5. Волков Г.С., Утюгов Е.Г., Фролов И.Н. О степени компактности ускорения быстрых лайнеров на установке "Ангара-5-1". //Физика плазмы.-1993.-Т.19.-В.9.-С.1002-1008

6. Волков Г.С., Заживихин В.В., Зайцев В.И., Мишенский В.О. Приборы с зарядовой связью как позиционно-чувствительные детекторы рентгеновского излучения// ПТЭ.-1996.-№.3.- С.119-127

7. Волков Г.С., Зайцев В.И., Лангли С., Мишенский В.О., Папазьян Ю.В., Федулов М.В., Смирнов В.П., Этлишер Б. Спектрограф мягкого рентгеновского излучения с регистрацией на П.З.С.// ПТЭ.-1997.- №.1.-С.125-130

8. Волков Г.С., Данько С.А., Зентер П., Зайцев В.И., Мишенский В.О., Федулов М.В., Чуватин А. и Этлишер Б. Спектроскопия композитных Z - пинчей на установке Ангара-5-1.// Физика плазмы.-1999.- т.25.- №.1.- С.38-45

9. Александров В.В., Браницкий А.В., Волков Г.С., Грабовский Е.В., Зурин М.В., Недосеев С.Л., Олейник Г.М., Самохин А.А., Сасоров П.В., Смирнов В.П., Федулов М.В., Фролов И.Н. Динамика гетерогенного лайнера с затянутым плазмообразованием.//Физика плазмы.-2001.- Т.27.- №.2.- С.99-120

10. Alexandrov V.V., Frolov I.N., Fedulov M.V., Grabovsky E.V., Mitrofanov K.N., Nedoseev S.L., Oleinik G.M., Porofeev I.Yu., Samokhin A.A., Sasorov P.V., Smirnov V.P., Volkov G.S., Zurin M.M. and Zukakischvili G.G. Prolonged plasma

production at current-driven implosion of wire arrays on Angara-5-1 facility.// IEEE Transactions on PLASMA SCIENCE.-2002.-V.30.- №.2.- P.559-566

11. Stepanov A.E., Volkov G.S., Zaitsev V.I., Makarov K.N., Satov Yu.A. and Roerich V.C. Measurements of temperature evolution for the laser ion source plasma.// Laser and Particle Beams.-2002.- V.20.- P.613-615

12. Степанов А.Е., Волков Г.С., Зайцев В.И., Макаров К.Н., Сатов Ю.А., Рерих В.К. Динамика температуры в плазме с многозарядными ионами, создаваемой импульсом CO_2-лазера //ПЖТФ.- 2003.-Т. 29.- В.5.- С.36-42

13. Зайцев В.И., Волков Г.С. Источник селективного мягкого рентгеновского излучения на основе z-пинча.// ПТЭ.-2004.- №.4.- С.85-88

14. Волков Г.С., Грабовский Е.В., Митрофанов К.Н., Олейник Г.М. Рентгеновское зондирование приосевой области плазмы многопроволочного лайнера на установке АНГАРА –5-1.// Физика плазмы.-2004.-Т.30.- №.2.- С.115-128

15. Волков Г.С., Грабовский Е.В., Зайцев В.И., Зукакишвили Г.Г., Зурин М.В., Митрофанов К.Н., Недосеев С.Л., Олейник Г.М., Порофеев И.Ю., Смирнов В.П., Фролов И.Н. Диагностика плазмы на установке “АНГАРА-5-1”.//ПТЭ.-2004.- №.2.- С. 74-81

16. Волков Г.С., Грабовский Е.В., Зурин М.В., Митрофанов К.Н., Олейник Г.М., Порофеев И.Ю. Методика рентгеновского зондирования излучением Х–пинча плазмы многопроволочных сжимающихся лайнеров на установке “АНГАРА-5-1”.// ПТЭ.-2004.- №.3.- С.110-124

17. Volkov G.S., Zaitsev V.I., Lakhtyushko N.I. and Fedulov M.V. Z – pinch X – ray polarisation research// Plasma Devices and Operations.-2005.- V.13.- №.2.- P.129

18. Volkov G.S., Zaitsev V.I., Kartashov A.V., Lakhtyushko N.I., Rupasov A.A. and Shikanov A.S. X – ray radiation of Z – pinch source.//Plasma Devices and Operations.-2005.-V.13.- №.2.- P.123 – 128

19. Zaitsev V.I., Andrianov Yu. V., Volkov G.S., Grabovsky Ye.V., Lakhtyushko N.L. High-current Z–pinch disintegration and the problem of peripheral equipment protection.//Plasma Devices and Operations.-2008.- V.16.- №.1.- P.61 – 66

20. Зайцев В.И., Волков Г.С., Барыков И.А., Грабовский Е.В., Александров В.В., Болдырев А.С., Гасилов В.А. Точечный» источник мягкого рентгеновского излучения на основе газового пинча.// Письма в ЖЭТФ.-2008.-Т.88.-В.9.- С.673-676

21. Зайцев В.И., Волков Г.С., Карташов А.В., Лахтюшко Н.И. Коллективное ускорение ионов при распаде сильноточного Z – пинча.// Физика плазмы.-2008.-Т.34.-№.3.- С.195

22. Волков Г.С., Зайцев В.И., Макаров К.Н., Напартович А.П., Рерих В.К., Смаковский Ю.Б., Степанов А.Е., Черковец В.Е., Рупасов А.А., Сатов Ю.А. Исследование генерации EUV – излучения (λ = 13.5нм) ионами Sn в CO_2 – лазерной плазме.//Физика плазмы.-2010.- Т.36.- №.2.- С.145-158

23. Волков Г.С., Зайцев В.И., Грабовский Е.В., Федулов М.В., Александров В.В., Лахтюшко Н.И. Исследование излучательной способности композитных по атомному составу Z – пинчей.// Физика плазмы.-2010.-Т.36.- №.2.- С.211-220

24. Волков Г.С., Лахтюшко Н.И., Терентьев О.В. Радиационный болометр из фольги для измерения энергетических потерь быстрых Z – пинчей.// ПТЭ.-2010.- №.5.-С.115-120

25. Болховитинов Е.А., Волков Г.С., Вичев И.Ю., Грабовский Е.В., Грицук А.Н., Зайцев В.И., Новиков В.Г., Олейник Г.М., Рупасов А.А., Светлов Е.В., Шиканов А.С., Федулов М.В. Исследования спектров излучения быстрых Z – пинчей, образующихся при сжатии многопроволочных сборок на установке «Ангара-5-1».//Физика плазмы.-2012.-Т.38.-№.10.- С.894-902

26. Александров В.В., Волков Г.С., Грабовский Е.В., Грицук А.Н., Лахтюшко Н.И., Медовщиков С.Ф., Олейник Г.М., Светлов Е.В. Исследование анизотропии энергетических потерь сильноточного Z - пинча, получаемого

при сжатии цилиндрических многопроволочных вольфрамовых сборок.//Физика плазмы.-2014.- Т. 40.- №.2.- С.160-171
27. Александров В.В., Болховитинов Е.А., Волков Г.С., Грабовский Е.В., Грицук А.Н., Медовщиков С.Ф., Олейник Г.М., Рупасов А.А., Фролов И.Н. Динамика сжатия мегаамперного многопроволочного Z -пинча с внутренней низкоплотной пенной оболочкой на установке “Ангара-5-1”// Физика плазмы. – 2016 .- Т.42.- №.12.- С.1046–1056
28. Волков Г.С., Грабовский Е.В., Грицук А.Н., Комаров Г.Л., Рупасов А.А., Фролов И.Н., Хилько М.В. Увеличение удельной концентрации энергии плазмы сильноточных Z –пинчей за счет использования переходных режимов сжатия.// Физика плазмы.- 2022.- Т.48.- №.4.-С.317-327
29. Volkov G.S., Grabovskii E.V., Gritsuk A.N., Mitrofanov K.N., Rupasov A.A. and Frolov I. N. Increase in Power of Radiation and Specific Concentration of Energy of Plasma of the High-Current Z-Pinches due to Compression of the Cascade Wire Arrays Interacting via Magnetic Field.// Plasma Physics Reports.- 2024.- V.50.- №.5.- P.573-587

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **АО «Государственный научный центр Российской Федерации Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований».**

(ведущий научный сотрудник д.ф.-м.н., Лотоцкий А.П.) – отзыв положительный, с замечаниями:

- на стр. 7 в фрагменте «…имеющей низкую начальную индуктивной, на внутренний плотный и компактный «файбер»….» нарушено согласование;

- на стр.11 в этой же фразе ошибка повторяется;

- на стр.7 «Самостоятельной задачей является получения высокого выхода….» аналогично предыдущему замечанию;

- на стр. 18 Рис.1 в автореферате требует более детального описания, т.к. собственно пинч, являющийся главным элементом, не прорисован, а электрическая цепь установки прослеживается с трудом;

- в разделе «На защиту выносятся…» п.1 и п. 8 трудночитаемые, следовало бы каждый разбить на отдельные предложения;

- на стр.25 на рис.3 и 4 надо было бы указать направления протекания токов, ибо «полоски металла» указанные в подписи к рис.4 воспринимаются неоднозначно.

2. Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (ведущий научный сотрудник д.ф.-м.н. Баронова Е.О.) – отзыв положительный, с замечаниями:

В качестве замечания можно указать, что в автореферате излишне конспективно изложен эксперимент с взаимодействием каскадов двухкаскадной сборки с эффектом влияния увеличения роли магнитного поля тока внутреннего каскада на повышение мощности и энергии излучения образующегося пинча.

Также в автореферате желательно было бы привести критерий зажигания мишени с достижением положительного термоядерного выхода.

3. Всесоюзный Научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова (ведущий научный сотрудник к.т.н. Бублик М.А.) – отзыв положительный, с замечаниями:

В качестве замечания можно указать, что в автореферате довольно кратко изложен эксперимент со взаимодействием каскадов двухкаскадной сборки с уменьшенной индуктивностью внутреннего каскада. Увеличение полной мощности излучения пинча в этом случае объясняется сжатием магнитного потока тока внутреннего каскада. В автореферате было бы полезно указать, как этот эффект зависит от параметров внутреннего каскада (количество проволочек, погонная масса).

Также было бы полезно сравнить преимущества и недостатки измерения выходов излучения предлагаемым в работе быстрым фольговым радиационным калориметром по сравнению с резистивными болометрами.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н., профессор Ивановский А.В. является ведущим ученым в области физики высокотемпературной плотной замагниченной плазмы и инерциального термоядерного с использованием мощных мегаамперных разрядов генерируемых взрывомагнитными генераторами.

1. Ивановский А.В., Мамышев В.И. Возможность достижения термоядерного зажигания при магнитогидродинамическом обжатии твердой мишени током дискового взрывомагнитного генератора //Физика плазмы, 2025, Т.51, № 2, С.165-172.
2. Ivanovskiy A.V., Mechanism of a stepped leader in negative lightning// Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2024, 265, pp.106391-106398.
3. Базанов А.А., Ерофеев А.Н., Ивановский А.В., Мамышев В.И., Шаповалов Е.В. Электровзрывной размыкатель тока для быстрого ввода энергии из индуктивного накопителя в нагрузку//Журнал технической физики, 2023, Т.93, № 8, С. 1204-1208.

- д.ф.-м.н., профессор Паперный В.Л. является ведущим ученым в области физики космической плазмы и моделирования быстропротекающих процессов в космической плазме в лабораторных условиях.

1. Paperny V.L., Baryshnikov V.I., Chernikh A.A. Small-sized bright point-like source of picosecond soft X-ray pulses based on a high-voltage vacuum discharge //Phys.Plasmas, V. 30, 2023, P.094501.
2. Paperny V.L., Baryshnikov V.I. Ultrasoft pulses of ultraviolet and vacuum-ultraviolet radiation of diffuse high-pressuregas discharges of picosecond duration // Optik, 2022, V.271, P.170067.
3. Romanov I.V., Paperny V.L., Kologrivov A.A., Korobkin Y.V., Rupasov A.A. Emission of anomalously hard x-ray radiation by a target upon exposition with an electron beam, ejected by a low-energy vacuum discharge with laser ignition.// Phys. of Plasmas, , 2022, V. 29, P.063102.

- д.ф.-м.н., профессор Пикуз С.А. является ведущим ученым в области физики высокотемпературной плотной плазмы и моделирования быстропротекающих процессов в неидеальной плазме лабораторных условия.

1. Shelkovenko T. A., Pikuz S. A., Tilikin I. N., Elshafiey E., Hammer D. A. Experimental evidence of radiative collapse in hybrid *X* pinches from time resolved x-ray spectroscopy of Ti plasma // Physical Review E,, 2026, Vol. 112, p. 055203.

2. Shelkovenko T. A., Tilikin I. N., Mingaleev A. R., Romanova V. M., Pikuz S. A. Hot spot generation in hybrid *X* pinches on a portable low-inductive KING generator // Physical Review E, 2025, Vol. 112, P. 015207.

3. Тиликин И.Н, Пестовский Н. В., Цхай С. Н., Шелковенко Т.А., Пикуз С.А., Савинов С. Ю. Когерентные свойства излучения сильноточных наносекундных разрядов // Успехи физических наук, Т. 194, № 8, с. 866–880, 2024

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук является профильной организацией, специализирующейся на проведении исследований в области физики плазмы, включая физику низкотемпературной плазмы и основы ее применения в технологических процессах, сильноточной электроники, разработке методов генерирования мощных электрических импульсов, эмиссии интенсивных потоков излучения, а также исследования по воздействию мощных потоков энергии на вещество. В отделении физики высоких плотностей энергии ведутся интенсивные работы по импульсным электрическим разрядам в z-пинчах с целью генерации мощных импульсных потоков нейтронов и мягкого рентгеновского излучения из высокотемпературной плотной плазмы.

1. S.A. Chaikovsky, I.M. Datsko, N.A. Labetskaya, E.V. Oreshkin, V.I. Oreshkin, N.A. Ratakhin, A.G. Rousskikh, V.A. Vankevich, A.S. Zhigalin, R.B. Baksht Foil explosion in megagauss magnetic fields: Non-uniform expansion and instabilities // Physics of Plasmas, vol.29, No.10, p.103501, 2022

2. I.M. Datsko, N.A. Labetskaya, V.A. Van’kevich, S. A. Chaikovskii, V.I. Oreshkin Electric Explosion of Flat Copper Conductors in the Current Skinning Mode / Plasma Physics Reports, 2025, V. 51, No. 7, P. 763–772

3. R.K. Cherdizov, R.B. Baksht, V.A. Kokshenev, V.I. Oreshkin, A.G. Rousskikh Effect of tailored density profiles on the stability of imploding Z-pinches at microsecond rise time megaampere currents // Plasma Physics and Controlled Fusion, vol.64, No. 1, p.015011, 2021

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Предложен новый тип двухкаскадной нагрузки с высокой начальной аксиальной неоднородностью распределения массы сжимаемого вещества внешнего каскада для схем непрямого обжатия термоядерных мишеней с использованием сильноточных Z – пинчей, который обеспечивает моделирование в зависимости от степени неоднородности распределения погонной массы внешнего каскада (10-30%), как режимов динамического и статического «хольраумов», так и переходных режимов, позволяющих повысить однородность облучения мишени.
- Предложена двухкаскадная нагрузка с уменьшенной индуктивностью внутреннего каскада, которая позволяет получить полную и удельную мощности излучения сильноточного Z-пинча (9.5-11ТВт и 9.5-11ТВт/см), превышающие соответственно полную и удельную мощности излучения пинча, полученные при сжатии «стандартной» сборки длиной 1.6 см с теми же параметрами (7-8 ТВт и 5 ТВт/см). Эффект достигается за счет увеличения роли магнитного поля тока внутреннего каскада при взаимодействии каскадов сборки на этапе пинчевания.
- Предложена схема статического «хольраума» с двухкаскадной сборкой с использованием обнаруженного эффекта увеличения роли магнитного поля тока внутреннего каскада на динамику взаимодействия внешней ускоренной оболочки с внутренним каскадом, удерживающим статический «хольраум». Схема позволяет преобразовать практически всю кинетическую энергию

внешней ускоренной оболочки в облучение мишени мягким рентгеновским излучением от двух образующихся приэлектродных пинчей.

- Показано, что использование переходного режима от сжатия сильноточными Z–пинчами алюминиевых однокаскадных многопроволочных сборок к сжатию вольфрамовых однокаскадных многопроволочных сборок, при содержании по массе вольфрама в сборке не более 25-30%, позволяет получить практически такую же мощность 4-5 ТВт и длительность 9-11 нс импульса излучения, как и при сжатии чисто вольфрамовых сборок с теми же параметрами (6-6.5 ТВт, 8 нс).
- Показано, что использование в геометрии композитного Z-пинча для «файбера» вещества, имеющего атомный номер сравнимый или больше атомного номера внешней плазменной оболочки обеспечивает эффективное вложение энергии во внутренний пенный «файбер» низкой плотности с прогревом не менее 50% вещества «файбера» до температуры внешней оболочки ~1кэВ.
- Разработан импульсный радиационный фольговый калориметр со встроенной системой абсолютной калибровки и дифференциальной системой регистрации сигнала, который позволяет измерять в условиях высокого уровня электромагнитных помех абсолютные выходы излучения сильноточных Z- пинчей и плотность потока энергии, переносимой плазмой распадающегося пинча, с отношением сигнал/шум на уровне 20/1.
- Показано, что энергия, переносимая плазменными потоками распадающегося Z-пинча в единицу телесного угла в направлении перпендикулярном его оси, не превышает 5% от энергии мягкого рентгеновского излучения, что обосновывает корректное измерение выходов излучения в этом направлении термопарными калориметрами. Но в направлении оси пинча такие измерения термопарными калориметрами некорректны, так как в этом случае энергия переносимая плазменными потоками в единицу телесного угла на два порядка выше и сравнима с энергией излучения.

- Выявленные особенности разрядов микросекундной длительности по поверхности изолятора в вакууме, а именно независимость эффективной температуры ВУФ излучения 6 – 8 эВ от геометрии электродов (коаксиальный разряд, шестнадцатиканальный коаксиальный разряд, разряд типа «флэшбод») и слабая зависимость сопротивления разряда от величины тока, с получением КПД преобразования запасенной в конденсаторе энергии в энергию ВУФ излучения для «флешбода» ~3%, коаксиального разряда ~1% и шестнадцатиканального коаксиального разряда ~0.1%, позволяют оценивать параметры таких источников ВУФ излучения с различными геометриями электродов и уровнем энергии электрического разряда.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Получение в переходном режиме от сжатия сильноточными Z–пинчами алюминиевых однокаскадных многопроволочных сборок к сжатию вольфрамовых однокаскадных многопроволочных сборок практически такой же мощности и длительности импульса излучения, как и при сжатии чисто вольфрамовых сборок с теми же параметрами, при содержании по массе вольфрама в сборке не более 25-30%, объясняется уменьшением времени передачи энергии от ионов к электронам, за счет наличия в плазме пинча высокой концентрации более легких ионов алюминия.
- Получение при сжатии двухкаскадной нагрузки с уменьшенной индуктивностью внутреннего каскада повышенной полной и удельной (на единицу длины) мощности излучения сильноточного Z-пинча достигается за счет увеличения доли тока протекающего по внутреннему каскаду с уменьшенной индуктивностью и сжатием магнитного потока при взаимодействии каскадов сборки на этапе пинчевания.
- Эффективность передачи энергии в схеме композитного Z- пинча от внешней низкоиндуктивной токовой оболочки в «файбер» низкой начальной плотности из агар-агара содержащий KCl, объясняется высокой электронной теплопроводностью в отсутствие замагниченности электронов;

- Зависимость КПД преобразования электрической энергии в энергию ВУФ излучения при пробое по поверхности изолятора в вакууме для различных геометрий разряда объясняется соотношением сопротивления разряда по сравнению с волновым сопротивлением разрядного контура.

Значение полученных соискателем результатов **исследования для практики подтверждается** тем, что:

- полученная при сжатии двухкаскадная нагрузка с уменьшенной индуктивностью внутреннего каскада повышенной полной и удельной (на единицу длины) мощности излучения сильноточного Z-пинча позволяет при одной и той же мощности излучения снизить требования к электрической мощности используемых импульсных генераторов мегаамперных токов;
- предложенная схема статического «хольраума» с двухкаскадной сборкой с использованием обнаруженного эффекта увеличения роли влияния магнитного поля тока внутреннего каскада на динамику взаимодействия внешней ускоренной оболочки с внутренним каскадом, удерживающим статический «хольраум», перспективна для зажигания мишени в статическом «хольрауме», так как позволяет преобразовать практически всю кинетическую энергию внешней ускоренной оболочки в облучение мишени мягким рентгеновским излучением от двух образующихся приэлектродных пинчей;
- выявленные особенности разрядов микросекундной длительности по поверхности изолятора в вакууме, позволяют оценивать параметры таких источников ВУФ излучения с различными геометриями электродов и уровнем энергии электрического разряда;
- разработанный радиационный фольговый калориметр со встроенной системой абсолютной калибровки и дифференциальной системой регистрации сигнала может быть использован для измерения абсолютных потоков излучения и энергии, переносимой плазменными потоками различных импульсных источников излучения в условиях высокого уровня электромагнитных наводок.

Результаты работы могут быть использованы в научных и научно-образовательных центрах, а также в организациях, проводящих исследования по физике высоких плотностей энергий и экстремального состояния вещества, в частности, в Объединенном институте высоких температур РАН, в Институте сильноточной электроники Сибирского отделения РАН, в Научно-исследовательском институте электрофизической аппаратуры им. Д.В. Ефремова, в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, в Национальном исследовательском университете «МИФИ», в НИЦ «Курчатовский институт», во Всероссийском научно-исследовательском институте автоматики им. Н.Л. Духова.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что достоверность полученных результатов подтверждается проведением измерений на современном поверенном оборудовании при использовании проверенных ранее методик, анализом погрешностей измерений, согласием результатов, полученных различными методиками. Измерения проводились на большом количестве экспериментов и показали хорошую воспроизводимость основных стадий формирования сильноточного Z - пинча для различных вариантов применяемых нагрузок, а также их согласие с разработанными теоретическими представлениям.

Личный вклад соискателя состоит в развитии конкретных направлений в рамках обозначенной тематики работы, постановке экспериментов. Разработка экспериментальных установок и их реализация, подбор соответствующего экспериментального оборудования проходили при определяющем участии автора. Автор принимал активное участие в проведении основных экспериментальных исследований, а также анализе и интерпретации полученных результатов.

Апробация результатов исследования проводилась на 24 российских и международных конференциях и симпозиумах. Основные публикации по выполненной работе подготовлены при определяющем участии автора.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

На заседании от 14.10.2026г. диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, либо решение научной проблемы, имеющей важное политическое, социально-экономическое, культурное или хозяйственное значение, либо новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны присудить Волкову Георгию Степановичу ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет 24.1.193.01 (Д 002.110.02) в количестве 25 человек, из них очно: 8 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 8 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, дистанционно: 2 доктора наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 4 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 24, против 1, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)
академик РАН

Петров О.Ф.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)
к.ф.-м.н.

Тимофеев А.В.

14.10.2026г.