

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.075.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 25.12.2020 г. № 4

О присуждении Нгуен Тхе Тханг, гражданину Вьетнама, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Новые приборы корпускулярной диагностики многокомпонентной плазмы и экспериментальные результаты исследования разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях» по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики принята к защите 23 октября 2020 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 003.075.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН), 660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50, приказ Минобрнауки №1514/НК от 25.11.2016. с изменениями от 18.11.2020 г. № 692/НК.

Соискатель Нгуен Тхе Тханг, 1987 года рождения, в 2014 году закончил с отличием магистратуру Национального аэрокосмического университета «Харьковский авиационный институт» по специальности «Радиоэлектронное оборудование, системы и комплексы». В 2016 году поступил и в 2020 году закончил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ИРНИТУ).

Диссертация выполнена в научно-исследовательской лаборатории плазменной радиофизики Института высоких технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ИРНИТУ) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Строкин Николай Александрович, доктор физико-математических наук, профессор ФГБОУ ВО «ИРНИТУ».

Официальные оппоненты:

Алтынцев Александр Тимофеевич – доктор физико-математических наук, профессор, руководитель научного направления «Радиоастрофизика» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт солнечно-земной физики СО РАН; Паперный Виктор Львович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей и космической физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, город Томск (ИСЭ СО РАН) в своем положительном заключении, написанном Юшковым Георгием Юрьевичем, доктором технических наук, главным научным сотрудником лаборатории плазменных источников ИСЭ СО РАН и утвержденном Николаем Александровичем Ратахиным – академиком Российской академии наук, директором Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, сделала заключение, что «Диссертация Нгуен Тхе Тханг на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Новые приборы корпускулярной диагностики многокомпонентной плазмы и экспериментальные результаты исследования разрядов в скрещенных электрическом и магнитном полях» соответствует требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а автор диссертации Нгуен Тхе Тханг заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики». «Рекомендуется использовать результаты диссертации в организациях, занимающихся проблемами создания плазменных установок для разделения радиоактивных отходов, таких как Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Федеральное государственное унитарное предприятие «Радон», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» и других научных и производственных организациях, занимающихся этой тематикой».

Соискатель имеет 18 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 5 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях. Наиболее значительными работами из числа рецензируемых научных изданий являются:

1) Strokin N. A., Kazantsev A. V., Bardakov V. M., **Nguyen The Thang**, Kuzmina A. S. Jumping the anode layer in the zone of the  $E \times B$  discharge //Physics of Plasmas. – 2019. – V. 26. – N 7. 2) Strokin N. A., Kazantsev A. V., Bardakov V. M., **Nguyen The Thang**, Kuzmina A. S. Tandem analyzer of plasma flow ions by energy, mass and charges // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1393. 012060. 3) Strokin N. A., Bardakov V. M., Kazantsev A. V., **Nguyen The Thang**, Stupin A. N., Kuzmina A. S. Discharge features in crossed electric and magnetic fields //Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – V. 1393. 012030; 4) Строкин Н.А., Бардаков В.М., **Нгуен Тхе Тханг**, Казанцев А.В. Новый анализатор ионов по энергии, массе и заряду как комбинация линейного фильтра Вина и энергоанализатора с задерживающим потенциалом //Письма в журнал технической физики, 2020. – Т. 46, вып. 10. – С. 7-9; 5) Бардаков В.М., Строкин Н.А., **Нгуен Тхе Тханг**, Ступин А.Н. Прохождение плазмой магнитного барьера плазмооптического масс-сепаратора //Физика плазмы, 2020. – Т. 46, №11. – С. 1-9. Объем – 1.84 у-п.л.

Эксперименты и обработка результатов проводились с непосредственным участием Нгуен Тхе Тханг. Соискатель создал программное обеспечение для управления анализатором и обработки данных и осуществил обработку результатов испытаний прибора.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы – все положительные:

*Ведущая организация* Отзыв положительный. Замечания: 1) Использование в научных положениях названий установок, например, «Гибридный анализатор», а

также акронимов, таких как МБ, ПОМС-Е-3 без указания их конкретных параметров, не представляется правильным подходом при формулировании положений. Исключения могут быть сделаны только для крупных и широко известных научных установок, таких как «Большой адронный коллайдер» или реактор ИТЭР.2) При разработке новых диагностических приборов экспериментальной физики главное значение имеет вопрос их испытаний для определения точности получаемых результатов. В диссертации лишь упомянуто, что испытание осуществлялось пучком ионов на специальной «калибровочной» установке, но сами результаты испытаний в виде зависимостей и таблиц не представлены. Вместе с тем, представление в тексте диссертации результатов анализа моноэнергетичных пучков различных ионов с регулируемой энергией позволило бы понять зависимость разрешения приборов как от масс ионов, так и от их энергий и более точно определить возможность их использования в других областях экспериментальной физики. *Официальный оппонент А. Т. Алтынцев* – д.ф.-м.н., профессор. Отзыв положительный. Замечание: Приведенные на Рис. 32 диссертации результаты тестовых испытаний секторных анализаторов типа «Вина-Юза-Рожанского» и «Гибридного» не обсуждены и не дают представления о достигнутых характеристиках анализаторов и их соответствии расчетам. *Официальный оппонент В.Л. Паперный* – д.ф.-м.н., профессор. Отзыв положительный. Замечания: 1) Для достижения требуемого разрешения по массам входная и выходные щели фильтра Вина, работающего в составе ТАНДЕМа, должны иметь ширину несколько десятых долей мм, что существенно уменьшает поток частиц к детектору. Видимо поэтому, на странице 33 диссертации сообщается, что в качестве детекторов использовались или вторично-эмиссионный умножитель, или микроканальная пластина.

Нет данных по величине рабочего давления в зоне регистратора, которое для таких детекторов должно быть не хуже  $\sim 5 \cdot 10^{-5}$  Торр. Или при ширинах щелей  $s_1 = s_2 = 1$  мм – больших, подходящих для демонстрации работоспособности анализатора при работе с ионами, массы которых различаются не менее чем на 5 а. е. м., можно не усиливать поток ионов, а использовать цилиндр Фарадея?

*Отзывы на автореферат: Ю.И. Тюрина* – д.ф.-м. н. Отзыв положительный. Замечания: 1) Нет объяснения физической причины, приводящей к формированию зависимости  $n = f(B_{rA})$  с максимумом (на рис. 14, кривая 2 при  $B_{rA} \approx 0,066$  Тл); *Кичигина Г.Н.* – д.ф.-м.н. Отзыв положительный. Замечание: 1) При  $U_{ФВ} = 60$  В определились только 3 пика ионов  $Ne^+$ ,  $Ar^+$  и  $Kr^+$ ? Куда пропал ион  $Fe^+$ ?

*Ковтуна Ю.В.* – к.ф.-м.н. Отзыв положительный. Замечания: 1) Актуальность темы более полно отражало бы состояние проблемы, если бы в нем содержалась информация о других методах разделения вещества на массовые группы и элементы в плазме; *Смоланова Н.А.* – к.ф.-м.н. Отзыв положительный. Замечания: 1) На рисунке 11 приведены спектры ионов по массам, полученные с помощью «гибридного» энерго-масс-анализатора. Для оценки работы прибора, хотелось бы видеть сравнение экспериментальных и расчетных распределений. 2) На рисунках 4 и 5 представлены спектры по энергии и массе, полученные анализатором «Тандем». Не ясно, какая конфигурация «Тандема» использовалась – вариант энерго-анализатор с задерживающим потенциалом (ЭЗП) – фильтр Вина (ФВ) или вариант ФВ + ЭЗП?

*Красова В.И.* – к.ф.-м.н.. Отзыв положительный. Замечание: по оформлению автореферата. *Кирий Н.П.* – к.ф.-м.н. Отзыв положительный. Замечания: 1) На кривых задержки  $I = f(U)$  анализатора ТАНДЕМ в конфигурации фильтр Вина – энергоанализатор с задерживающим потенциалом есть участки с возрастающим током, которые интерпретируются как помехи, ухудшающие точность идентификации ионов по массам и зарядам. В автореферате не сообщается важная информация: как программа обработки данных «работает» с такими участками спектра, устраняет ли их? *Лизякина Г. Д.* – к.ф.-м.н.. Отзыв положительный. Замечания: 1) На стр. 10 автор пишет: «Видно, что суммарный спектр (TOTAL) сформирован ионами с энергиями  $500 \leq W \leq 1200$  эВ, поэтому оказалось возможным при одной настройке ФВ регистрировать ионы трех газов». Тут не очень понятно, что имеется в виду, принимая во внимание, что на рисунке 4 характерные энергии для ионов аргона 300-400 эВ, а неона 150-250 эВ для напряже-

ния 70 и 60 В на электродах фильтра Вина. Михалева А.В.-д.ф.-м.н. Отзыв положительный. Замечаний нет

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) широко известен своими достижениями в отрасли науки «Физико-математические науки», специальности «Приборы и методы экспериментальной физики». Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются компетентными учеными в отрасли науки «Физико-математические науки», специальности «Приборы и методы экспериментальной физики», имеют публикации в сфере исследования по предмету диссертационной работы Нгуен Тхе Тханг

Диссертационный совет отмечает, что в ходе выполненных соискателем исследований:

Впервые предложен и создан анализатор многокомпонентного пучка ионов по энергиям, массам и зарядам, представляющий собой тандем – последовательное соединение линейного фильтра Вина и энергоанализатора с задерживающим потенциалом.

Выполнено численное моделирование энерго- и масс-анализаторов пучков ионов, в которых электрическое и магнитное поля создаются в одной области анализатора.

Установлено существование режима горения аномального тлеющего разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях, когда зависимость плотности ионов от величины магнитного поля имеет максимум.

Установлено, что монотонное повышение давления плазмообразующего газа в  $E \times B$  разряде может сопровождаться скачкообразным (более чем на порядок) увеличением плотности ионов.

Впервые обнаружены изомагнитные скачки на функции распределения ионов по энергии.

Найдена связь максимальной плотности ионов, преодолевающих магнитный барьер азимутатора, с параметрами барьера.

*Теоретическая значимость исследования* определяется разработкой и экспериментальной проверкой численных методов моделирования процессов трансформации потока плазмы при прохождении магнитного барьера. Полученные экспериментальные данные послужат дальнейшему развитию магнитогидродинамической теории плазмы.

*Значение полученных соискателем результатов исследования для практики* подтверждается тем, что на модели плазмооптического масс-сепаратора ПОМС-Е-3 экспериментально показана возможность применения новых анализаторов для определения закономерностей пространственного разделения многокомпонентного потока ионов. Результаты выполненных исследований обеспечивают выбор эффективного режима работы масс-сепараторов. Разработанное программное обеспечение для ЭВМ применяется для обработки экспериментальных данных, существенно улучшая качество и «производительность» экспериментов.

*Достоверность* результатов исследования подтверждается их воспроизводимостью в большом количестве проведенных экспериментов, согласием с имеющимися экспериментальными данными других исследователей в областях перекрытия начальных параметров.

*Личный вклад соискателя* состоит в непосредственном участии соискателя в разработке и создании анализатора пучка ионов новой конструкции, проведении на нем экспериментов и обработке полученных данных, в расчетах полей в анализаторах заряженных частиц, написании и тестировании программ для обработки данных; проведении численного моделирования процесса прохождения потока плазмы через магнитный барьер азимутатора.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней, и принято решение присудить Нгуен Тхе Тханг ученую степень

кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

При проведении голосования диссертационный совет в количестве 19. человек, из них: 6 докторов физико-математических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики, 6 докторов наук по специальности 01.04.03 – радиофизика, 7 докторов наук по специальности 01.04.05 – оптика участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета проголосовали: «за» – 19, «против» – 0

Председатель

диссертационного совета Д 003.075.0

д.ф.-м.н., академик РАН



Бабаяев В.Ф.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 003.075.0

д.ф.-м.н., с.н.с.

Борин А.Н.

28 декабря 2020 г.