

## Отзыв научного руководителя

диссертационной работы Антонова Андрея Сергеевича, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему «Разработка методов увеличения пропускания и разрешающей способности малогабаритных статических масс-анализаторов» по специальности 01.04.04 «Физическая электроника».

Диссертационная работа Антонова А. С. посвящена развитию теоретических вопросов расчета ионно-оптических систем статических масс-анализаторов, нашедших широкое применение в атомной промышленности (термоядерный синтез, очистка урана и др.), геохронологии, биологии, медицине (ранняя диагностика заболеваний) и многих других областях.

Современный тренд масс-спектрометрии – разработка мобильных приборов, дающая возможность работать в «полевых условиях», и данный тренд не мог не коснуться статических масс-спектрометров. Это выдвигает на первый план требование значительного снижения веса и размеров электромагнита, являющегося основным элементом статических масс-спектрометров. Однако снижение габаритов электромагнитов вызывает необходимость пересмотра общепринятой методики расчета aberrаций ИОС масс-спектрометра, обусловленных прохождением ионов в краевых магнитных полях, поскольку со снижением габаритов электромагнита нарушаются общепринятые приближения, основанные на малости величины отношения межполюсного зазора электромагнита к радиусу поворота ионов в его поле.

Ключевой темой диссертации является поиск новых решений задачи совершенствования аналитических характеристик статических масс-анализаторов в условиях снижения их габаритов и совершенствование методов их расчета.

В диссертации предложены эффективные пути значительного увеличения пропускания и разрешающей способности статических масс-анализаторов при малых габаритах магнита. При этом увеличение указанных параметров достигнуто, как в результате полной коррекции аксиальной aberrации, являющейся наиболее значительной из геометрических aberrаций 2-го порядка, влияющих на разрешение данных приборов, так и разработкой методов ее значительного снижения в тех ИОС, где коррекция аксиальной aberrации невозможна. В последнем случае в диссертации разработана методика оптимизации щелевой системы масс-анализатора, формирующей

его максимальный вертикальный аксептанс, позволяющая значительно повысить чувствительность масс-спектрометра без ухудшения его разрешающей способности по массам.

Результаты, полученные А.С.Антоновым в процессе работы над диссертацией, имеющие научную и практическую ценность, перечислены в тексте диссертации и автореферате. Отмечу наиболее значимые из них:

1. Впервые найдены объективные критерии точности расчета аксиальных aberrаций статических ИОС второго порядка, обусловленных краевыми магнитными полями.
2. Обнаружены ИОС на основе комбинации двумерной магнитной призмы и цилиндрических конденсаторов, в которых осуществляется полная коррекция всех слагаемых аксиальной aberrации 2-го порядка.
3. Разработана оригинальная методика оптимизации пропускания статического масс-анализатора с нескорректированной аксиальной aberrацией 2-го порядка, позволяющая значительно увеличить его чувствительность без ухудшения разрешающей способности.

Результаты исследования симметричной 3-х каскадной ИОС с двумерной компактной магнитной призмой и двумя цилиндрическими конденсаторами, в которой полностью скорректирована аксиальная aberrация, легли в основу разработки в ФТИ им. А.Ф.Иоффе опытного образца двухканального масс-анализатора для изотопного анализа водородно-гелиевых смесей.

#### О соискателе.

Антонов Андрей Сергеевич окончил в 2010 году Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» по направлению «Техническая физика». В период подготовки настоящей диссертации соискатель работал в должности младшего научного сотрудника в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук» в лаборатории масс-спектрометрии и по совместительству в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институте аналитического приборостроения Российской академии наук» в лаборатории оптики заряженных частиц и математического моделирования.

Отличает соискателя целеустремленность и, в хорошем смысле слова, фанатизм в исследовательской работе. Освоив современные вычислительные программы, он эффективно использовал их в сочетании с проведением аналитических обоснований обнаруженных результатов.

При проведении теоретических исследований соискатель проявил самостоятельность и достаточно высокий уровень в решении поставленных перед ним задач. Результаты, полученные им в процессе работы над диссертацией, отражены в 4-х докладах на двух всероссийских научных конференциях по масс-спектрометрии с международным участием и в 12 публикациях в реферируемых научных журналах, рекомендованных ВАК.

Соискатель максимально выполнил поставленную ему цель, получив значительное количество научно значимых результатов, часть из которых находит уже практическое применение. Тематика проведенных им исследований полностью согласуется с формулой и паспортом специальности 01.04.04 *«область науки и техники, занимающаяся исследованием физических явлений, составляющих основу для разработок и создания новых электронных приборов и устройств»*.

Считаю, что по объему и научной значимости представленных в диссертации опубликованных результатов, Антонов Андрей Сергеевич заслуживает присуждения ему научной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04 «Физическая электроника».

Научный руководитель,  
кандидат физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник лаборатории оптики заряженных частиц и математического моделирования Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт аналитического приборостроения Российской академии наук»

16. 11. 2020г.

Саченко Вячеслав Данилович