

## ОТЗЫВ

научного руководителя о работе Мельникова Андрея Викторовича над диссертацией на тему «Высокочастотный ионный двигатель с дополнительным постоянным магнитным полем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Мельников А.В. окончил с отличием факультет «Двигатели летательных аппаратов» МАИ в 2015 году по специальности «Плазменные энергетические установки». Сразу поступил в очную аспирантуру МАИ и стал активно выполнять программу обучения, работать над выпускной квалификационной работой, выступать на различных конференциях и готовить публикации в научных изданиях. В рамках педагогической практики в процессе обучения в аспирантуре Мельников А.В. участвовал в методической работе по подготовке и выполнению лабораторных и курсовых работ и самостоятельно проводил занятия и консультации.

Диссертация Мельникова А.В. посвящена созданию моделей высокочастотных ионных двигателей (ВЧИД) малой мощности, обладающих повышенной эффективностью, за счёт наложения на область высокочастотного (ВЧ) разряда дополнительного постоянного магнитного поля аксиальной конфигурации. Данная модификация двигателя снижает потери заряженных частиц на стенках разрядной камеры и тем самым увеличивает коэффициент использования рабочего тела. В результате этого возрастает ток ионного пучка и, соответственно, тяга двигателя при неизменной подводимой ВЧ мощности или расходе рабочего тела. Повышается эффективность работы устройства. Это особенно актуально для моделей двигателей малой мощности при дросселировании их тяги, которая желательна при использовании ВЧИД в корректирующих двигательных установках перспективных низкоорбитальных космических аппаратов. Рост эффективности таких моделей ВЧИД будет способствовать повышению их конкурентоспособности по сравнению с другими типами двигателей для целей коррекции орбит аппаратов.

В ходе выполнения диссертационной работы Мельниковым А.В. были созданы ряд лабораторных моделей ВЧИД малой мощности, в конструкцию которых введена дополнительная магнитная система. Испытания данных моделей дали

положительный эффект по росту интегральных характеристик и позволили оценить влияние конфигурации дополнительной магнитной системы на достигнутые улучшения. Для уточнения причин эффекта диссертантом было проведено измерение распределения локальных параметров плазмы на выходе из разрядной камеры в сечении вблизи ИОС. По результатам предварительных исследований была разработана и испытана лабораторная модель ВЧИД малой мощности с дополнительным магнитным полем, создаваемым постоянным магнитом, подтвердившая достижение положительного эффекта.

Теоретическая и практическая значимость выполненной работы заключается в том, что впервые получены экспериментальные данные о воздействии дополнительного рупорно-аксиального постоянного магнитного поля на рост интегральных характеристик лабораторной модели ВЧИД малой мощности. Определены режимы работы двигателя малой мощности и параметры дополнительного магнитного поля, при которых наблюдается повышение его эффективности. Экспериментально подтверждена возможность использования постоянного магнита в качестве источника дополнительного рупорно-аксиального магнитного поля в ВЧИД, что снижает массу и упрощает конструкцию двигателя. Доказано, что росту уровня интегральных характеристик модели ВЧИД малой мощности при дросселировании тяги при наличии рупорно-аксиального постоянного магнитного поля в разрядной камере способствует увеличение концентрации электронов и выравниванию их температуры по радиусу. На основании систематического исследования конфигураций дополнительной магнитной системы предложена топология дополнительного постоянного магнитного поля в разрядной камере, продемонстрировавшая стабильную работу лабораторной модели ВЧИД малой мощности и обеспечивающая при этом улучшение ее интегральных характеристик в широком диапазоне тяг. Предложена инженерная математическая модель, позволяющая оценить влияние дополнительного постоянного магнитного поля на интегральные характеристики ВЧИД и распределение локальных параметров плазмы в его разрядной камере. Разработаны рекомендации по созданию моделей ВЧИД малой мощности с дополнительным постоянным магнитным полем.

Результаты научной деятельности Мельникова А.В. апробированы в 3 статьях в журналах, рекомендованных ВАК; в одной статье, индексируемой в зарубежных базах данных, и 6 докладах на конференциях. Новизна полученных технических решений подтверждена охранным свидетельством РФ на полезную модель. Диссертация выполнена на должном научном уровне, текст изложен корректно и вместе с тем доступным для инженерно-технических работников языком. Диссертанта можно считать зрелым, самостоятельным ученым, способным решать сложные научно-технические задачи.

В заключении можно констатировать, что диссертация Мельникова А.В. «Высокочастотный ионный двигатель с дополнительным постоянным магнитным полем» является самостоятельно выполненным, законченным научным трудом, вносит существенный вклад в теорию и практику электроракетных двигателей, полностью соответствует требованиям положения ВАК РФ, предъявляемым к кандидатской диссертации, а ее автор достоин искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Научный руководитель,  
профессор кафедры «Электроракетные  
двигатели, энергетические и  
энергофизические установки» МАИ,  
доктор технических наук, профессор

С.А. Хартов

«Подпись Хартова С.А. заверяю»

Директор института №2, «Авиационные, ракетные двигатели  
и энергетические установки» МАИ



В.П. Монахова