

Отзыв официального оппонента

доктора физико-математических наук Тютнева Андрея Павловича на диссертацию Чирской Натальи Павловны на тему «Математическое моделирование взаимодействия космических излучений с гетерогенными микроструктурами», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.20 – «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника» и 01.04.16 «Физика атомного ядра и элементарных частиц»

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Представленная диссертация Чирской Натальи Павловны, на мой взгляд, является комплексной междисциплинарной работой, отдельные аспекты которой объединены целевой задачей. Тема диссертации представляется актуальной как в научном, так и в практическом отношении. Вопросы повышения надежности работы бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов (КА) и увеличения срока активного существования напрямую связаны с защищенностью КА от воздействия космических ионизирующих излучений. В настоящее время наблюдается явная тенденция микроминиатюризации электронных средств космических аппаратов. И хотя этот процесс отличается от подобных процессов в других областях человеческой деятельности из-за того, что разработчикам космической аппаратуры, работающей в экстремальных условиях, приходится искать разумный компромисс между радиационной стойкостью аппаратуры, ее функциональными возможностями и массо-габаритными показателями, тенденция микроминиатюризации электронного оборудования КА сохраняется.

По этой причине создателей космической техники уже не устраивают расчеты поглощенной дозы как средней величины, и в диссертации осуществлен переход к математическому моделированию распределения поглощенной дозы в микроструктурах, характерных для элементов оборудования и новых материалов космической техники. К настоящему времени разработано эф-

фективное программное обеспечение, благодаря чему компьютерное моделирование в технике и технологиях уже стало основным инструментом разработчиков.

Отрадно отметить, что в своей диссертационной работе соискатель умело и грамотно пользуется современным программным обеспечением для компьютерного моделирования при расчетах поглощенной дозы космических ионизирующих излучений и ослабления их потоков различными структурами: сотовой, полимерными композитами с микроразмерными наполнителями, слоистыми структурами и др. В диссертации с помощью численного моделирования исследован также весьма критичный для космической техники процесс эрозии полимерных композитов атомарным кислородом. В связи с необходимостью повышения точности определения параметров космических излучений, воздействующих на КА, в диссертации разработана и апробирована новая методика определения эффективности регистрации электронов радиационных поясов Земли (РПЗ).

Таким образом, диссертация Чирской Натальи Павловны посвящена решению **актуальной задачи** – исследованию расчетно-теоретическими методами процессов взаимодействия космических ионизирующих излучений с микрокомпозитами и тонкопленочными элементами конструкции КА и выработке на этой основе рекомендаций по повышению стойкости КА к воздействию космических ионизирующих излучений.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Содержание диссертации свидетельствует о качественной проработке тематики. Научные положения диссертации соответствуют современным физическим представлениям. В диссертации проведено, где это возможно, сопоставление экспериментальных и расчетных данных. В частности, при проведении математического моделирования процесса эрозии полимерных

композитов атомарным кислородом параметры математической модели определены на основании экспериментальных данных. Таким образом, приведенные соискателем выводы, основывающиеся на теоретических результатах и проверенные экспериментально, вполне обоснованы.

3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных в диссертации расчетных результатов подтверждается хорошим совпадением с экспериментальными результатами, опубликованными в последние годы и цитируемыми в диссертации (см., в частности, [91,92]). Считаю, что полученные в диссертации результаты могут служить основой методики обеспечения защиты КА от воздействия космических ионизирующих излучений. Претензии на научную новизну диссертации подробно изложены в диссертации и автореферате. Я перечислю их в настоящем отзыве с небольшими комментариями.

1 - численными методами с использованием современных вычислительных комплексов исследованы радиационно-защитные свойства полимерных микрокомпозитов и многослойных экранов. Установлено, что степень ослабления потока ионизирующего излучения слоистыми структурами зависит от последовательности расположения материалов с различающимися физическими свойствами (Al, W), но при числе слоев более 4-6 она определяется усредненными параметрами вещества экрана;

Считаю положение новым и полезным для практического применения там, где масса экрана является важным параметром.

2 - рассчитаны энергетические спектры и угловые распределения заряженных частиц, прошедших через сотовые элементы конструкции КА при изотропном падении потоков электронов РПЗ. Установлена определяющая

роль процессов многократного рассеяния электронов стенками сотовой структуры в ослаблении исходного электронного потока;

В настоящее время такие сотовые структуры широко применяются для изготовления корпусов КА. Полученные в диссертации новые данные по ослаблению потоков электронов позволяют оптимизировать защиту КА и сами структуры.

3 - обнаружено и исследовано явление формирования биполярных электрических слоев в тонких многослойных структурах типа «металл-диэлектрик-металл»;

Думаю, что это новый аспект радиационного заряжения, с которым еще предстоит бороться.

4 - разработана и апробирована новая методика определения эффективности регистрации электронов РПЗ;

В связи с тем, что околоземная погода (как и земная) становится все более капризной, любой новый метод определения эффективности регистрации электронов РПЗ крайне полезен.

5 - с использованием полученных в НИИЯФ МГУ экспериментальных данных построена количественная модель эрозии полимерных композитов под действием атомарного кислорода. Показано, что при фиксированном количестве вещества наполнителя потеря массы полимера снижается с уменьшением диаметра частиц наполнителя;

Новый научный вывод, который будет полезен разработчикам композитов для КА.

Использование результатов диссертации позволит в лучшую сторону изменить подходы к проектированию защиты КА от космических ионизирующих излучений.

Следует сделать некоторые замечания по диссертации:

1. На стр. 55 предлагается в качестве наполнителя в композитах использовать водород. В этом случае в 1,2 раза снижается поток нейтронов при облучении композита протонами с энергией 50 МэВ. Однако в тексте нет указаний на то, как это можно сделать.
2. На рис. 2.19, стр. 74 представлены кривые, характеризующие ослабление электронного потока сотовой структурой. К сожалению, нет расчетной кривой для не сотовой структуры с той же массой при изотропном падении электронов.
3. В таблице 3.1 на стр. 86 приведены темновые и радиационные параметры исследуемых диэлектриков. Отмечается, что эти параметры приведены в программном комплексе DICTAT. Эти данные сильно отличаются от тех, которые мы экспериментально получаем для отечественных и импортных материалов.

Упомянутые замечания не влияют существенно на научную и практическую ценность достигнутых автором результатов.

4. Полнота изложения материалов диссертации в публикациях соискателя

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Основные результаты диссертации опубликованы в работах соискателя, ссылки на которые приведены в диссертации и автореферате. Издания, в которых опубликованы основные результаты, содержатся в перечне ВАК.

5. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация Чирской Натальи Павловны на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научно-квалификационной

работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития физики пучков заряженных частиц и ускорительной техники, а также физики атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертация полностью удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением № 74 Правительства Российской Федерации от 30 января 2002 г. в редакции Постановления № 842 Правительства РФ от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Соискатель, Чирская Наталья Павловна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника и 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Официальный оппонент, гражданин РФ, д.ф.-м.н., профессор МИЭМ НИУ ВШЭ

А.П. Тютнев

«29» января 2015 года

115054, Москва, М. Пионерская
ул., д. 12
atyutnev@hse.ru
+7 (495) 9591466 р.т.
+7 (903) 2097822

Подпись Тютнева Андрея Павловича заверяю

Заместитель директора МИЭМ НИУ ВШЭ

д.т.н., профессор



Тумковский Сергей Ростиславович

«29» января 2015 года