

На правах рукописи *Sign*

Золотарев Иван Анатольевич

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ
В КОСМИЧЕСКОМ АППАРАТЕ ПРИ ПОЛЕТЕ
ПО ВЫСОКОШИРОТНОЙ ОРБИТЕ**

Специальность 05.26.02 —

«Безопасность в чрезвычайных ситуациях
(авиационная и ракетно-космическая техника)»

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва — 2017

Работа выполнена в Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.Скобелева

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук
Бенгин Виктор Владимирович

Официальные оппоненты: **Фамилия Имя Отчество**,
доктор физико-математических наук, профессор,
Не очень длинное название для места работы,
старший научный сотрудник
Фамилия Имя Отчество,
кандидат физико-математических наук,
Основное место работы с длинным длинным длин-
ным длинным названием,
старший научный сотрудник

Ведущая организация: Научно-исследовательский институт ядерной физи-
ки имени Д.В.Скобелева

Защита состоится DD mmmmmmmm YYYY г. в XX часов на заседании диссер-
тационного совета NN на базе Название учреждения по адресу: Адрес.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Название библиотеки.

Автореферат разослан DD mmmmmmmm YYYY года.

Ученый секретарь
диссертационного совета
NN, д-р физ.-мат. наук

Sign

Фамилия Имя Отчество

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Актуальность работы обусловлена планами создания пилотируемого транспортного корабля нового поколения, работающего на высокоширотных и лунных орбитах. Проект транспортного корабля активно разрабатывается с 2010 г. и к настоящему времени начата работа по выпуску рабочей конструкторской документации на составные части корабля, в том числе и на дозиметр бортовой.

Несмотря на непрерывный дозиметрический контроль всех российских космических миссий, начиная с первого полета человека в космос и заканчивая полетами экспедиций на МКС, не вызывает сомнений необходимость продолжения ряда исследований радиационной обстановки на каждом из пилотируемых и на значительной части беспилотных космических аппаратах.

Именно поэтому необходимо разработать приборы для проведения непрерывного дозиметрического мониторинга области околоземного пространства, в которой планируется проведение перспективных пилотируемых полетов. *Данная работа направлена на создание основ для осуществления такого мониторинга.*

Целью данной работы является разработка методов исследования распределения мощности дозы космической радиации и создание на основе этих методов современных приборов, предназначенных для космических аппаратов, работающих на околоземных и лунных орбитах.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо было решить следующие **задачи**:

1. Систематизировать и обобщить характеристик радиационных условий на аналогичных орбитах (аппараты БИОН, Прогноз, Cluster, POES) для разработки программы эксперимента;
2. Разработать требования к бортовому дозиметру для нового пилотируемого транспортного корабля;
3. Разработать прибор для дозиметрического мониторинга на борту космического аппарата «Ломоносов»;
4. Участвовать в подготовке и проведении эксперимента с дозиметром на борту КА «Ломоносов»;
5. Обработать полученную с прибора ДЭПРОН информацию и провести её анализ.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Разработан прибор для радиационного мониторинга на борту КА
2. Подтверждены измерительные характеристики нового прибора
3. Получены и обработаны дозиметрические экспериментальные данные
4. Выделен вклад в дозы при пересечении различных областей космического пространства - внутреннего и внешнего радиационного пояса

Научная новизна:

1. Впервые разработан исследовательский прибор, сочетающий в едином блоке дозиметр заряженных частиц и нейтронные детекторы;
2. Было выполнено оригинальное моделирование спектрометрических свойств дозиметра протонов электронов и нейтронов;
3. Было выполнено создание базы данных спутниковых измерений прибора Дэпрон за все время работы прибора.

Практическая значимость определяется необходимостью контроля радиационных условий в целях обеспечения надежной работы аппаратуры на полярных спутниках. Прибор ДЭПРОН позволил провести полноценное исследование всех основных компонент радиационного излучения, вносящих вклад в поглощенную и эквивалентную дозы на борту космического аппарата.

Достоверность полученных результатов обеспечивается публичностью данных спутниковых измерений радиационных условий. Результаты находятся в соответствии с исследованиями, проведенными на других приборах RELEC и ELFIN эксперимента Ломоносов, а также на других полярных спутниках (POES). Результаты измерений сравнивались с измерениями на баллонах BARREL (запуски август 2016г).

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на: международной конференции COSPAR2014, конференции ОМУС-2015 (г. Дубна), нескольких конференциях “Ломоносовские чтения”, рабочих совещаний коллаборации Lomonosov, а также ряде других конференций.

Личный вклад. Автор принимал активное участие в проведении тепловых испытаний полупроводникового детектора с усилительным трактом прибора. Проведены проверки работоспособности усилительного тракта с радиоактивными источниками ОСГИ Cs137 и Co60. Автор участвовал в проведении

испытаний детекторов тепловых нейтронов на лабораторном источнике нейтронов.

Проведены работы по стыковке и согласованию платы цифровой обработки сигналов с аналоговыми усилительными трактами и дискриминирующими блоками прибора. Автором вместе с его научным руководителем написана программа на C++ для контроллера платы цифровой обработки сигналов. Для наземной отработки и испытаний написана программа для ПК на WinForms/C#, позволяющая оперативно контролировать параметры работы прибора и выходные данные.

Создана исчерпывающая модель дозиметра в системе Catia и подготовлена для использования в Монте-Карло моделировании. Написана программа на базе пакета Geant4 для математического моделирования характеристик прибора ДЭПРОН, а также программы для моделирования характеристик приборов ДБ-8 и других приборов для радиационных измерений.

Автором подготовлены программы для анализа данных прибора ДЭПРОН, в том числе программы предобработки бинарных данных и программы визуализации данных детекторов прибора. Автором подготовлена методика точной привязки спутниковых данных с прибора ДЭПРОН ко всемирному времени. С использованием оригинальной методики получена полная база данных измерений прибора ДЭПРОН за все время работы прибора.

Публикации. Основные результаты по теме диссертации изложены в XX печатных изданиях [?; ?; ?], X из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК [?], XX — в тезисах докладов [?; ?; ?; ?; ?].

Содержание работы

Во **введении** обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках данной диссертационной работы, приводится обзор научной литературы по изучаемой проблеме, формулируется цель, ставятся задачи работы, сформулированы научная новизна и практическая значимость представляемой работы.

Первая глава посвящена ...

картинку можно добавить так:

L^AT_EX

Рис. 1 — Подпись к картинке.

Формулы в строку без номера добавляются так:

$$\lambda_{T_s} = K_x \frac{dx}{dT_s}, \quad \lambda_{q_s} = K_x \frac{dx}{dq_s},$$

Вторая глава посвящена исследованию

Третья глава посвящена исследованию

В четвертой главе приведено описание

В заключении приведены основные результаты работы, которые заключаются в следующем:

В процессе разработки аппаратуры для радиационного мониторинга на борту космического аппарата были выделены основные требования к дозиметру, которые позволили создать прибор ДЭПРОН, удовлетворяющий и выполнению задачи мониторинга обстановки и исследовательским целям в космической дозиметрии. Для решения этой задачи был проведен анализ современной литературы по направлению космической дозиметрии. Были найдены аналоги создаваемого прибора и определен ряд критических параметров для такого типа приборов, в том числе энергетические диапазоны регистрируемых излучений, типы излучений и ориентировочные потоки в изучаемых областях космического пространства. Эти параметры и определили оптимальные размеры детекторов, их расположение и требуемое быстродействие встраиваемых вычислительных процессоров.

Для выполнения поставленных задач был создан активный дозиметр нового типа с возможностью регистрации нейтронов тепловых энергий.

Дополнительные результаты, полученные в результате проведения эксперимента ДЭПРОН. Приближенные оценки показали, что полупроводниковые детекторы прибора чувствительны к электронам энергий более 0,5 МэВ и протонам с энергиями более 5 МэВ. Математическое моделирование показало

что максимум функции чувствительности нейтронный счетчиков соответствует энергии нейтронов 0,005 МэВ и 0,05 МэВ детекторов различной защищенности.

Поглощенная доза за время проведения эксперимента достигла ... и ... для верхнего и нижнего детекторов.

1. Выводы

1. Систематизированы и обобщены характеристики радиационных условий на аналогичных орбитах (аппараты БИОН, Прогноз, Cluster, POES) для разработки программы эксперимента;
2. Разработаны требования к бортовому дозиметру для нового пилотируемого транспортного корабля;
3. Разработан прибор для дозиметрического мониторинга на борту космического аппарата «Ломоносов»;
4. Подготовлен и проведен эксперимент с дозиметром на борту КА «Ломоносов»;
5. Обработана полученная с прибора ДЭПРОН информация и проведен её анализ.