

Ядерные орбитальные комплексы
Авторы: Атамасов В.Д., Нефёдов С.И., Романов А.В.

Центральный научно-исследовательский радиотехнический институт им. академика А. И. Берга



В.Д.Атамасов, С.И.Нефедов, А.В.Романов
ЯДЕРНЫЕ орбитальные
КОМПЛЕКСЫ

ЛД «Профессионал»
paukasrb.ru

2016

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие

Введение

Раздел I. Теоретические основы процессов преобразования энергии в ЯЭУ КА

Глава 1. Современное развитие космонавтики

1.1. Отечественные разработки ядерных источников энергии космического базирования

1.2. Состояние и перспективы развития космических ЯЭУ за рубежом

1.3. Состав космических ЯЭУ

Глава 2. Физические основы ядерных реакторов

2.1. Схема и классификация ядерных реакторов

2.2. Атомные ядра и ядерные силы

2.3. Нейтронно-ядерные реакции

2.4. Реакции рассеяния (замедления) нейтронов

2.5. Реакции радиационного захвата нейтронов

2.6. Реакции деления тяжелых ядер

2.7. Диффузия нейтронов

Глава 3. Расчет ядерных реакторов

3.1. Виды расчетов ядерных реакторов

3.2. Нейтронно-физический расчет ядерного реактора

3.3. Теплогидравлический расчет ядерного реактора

Глава 4. Теплоотвод в космосе.

4.1. Условия и средства теплоотвода в космосе

4.2. Массогабаритные характеристики теплоизлучающих ребер

4.3. Потребная площадь поверхности трубчато-ребристого холодильника-излучателя

4.4. Холодильники-излучатели с использованием тепловых труб

4.5. Особенности теплоотвода при низких температурах охлаждаемых объектов

Глава 5. Термоэлектрические преобразователи теплоты

5.1. Физические основы рабочего процесса и схема термоэлемента

5.2. Вольт-амперная характеристика и мощность термоэлемента

5.3. Коэффициент полезного действия термоэлемента

5.4. Расчет термоэлектрических преобразователей

Глава 6. Термоэмиссионные преобразователи теплоты (ТЭМП)

6.1. Принцип действия ТЭМП

6.2. Протекающие процессы и классификация ТЭМП

6.3. Характеристики ТЭМП в различных режимах

6.4. Коэффициент полезного действия

Глава 7. Газотурбинные ЯЭУ

7.1. Тепловые схемы и циклы ГТУ

7.2. Цикл Брайтона

7.3. Цикл ГТУ с промежуточным охлаждением

7.4. Цикл ГТУ с промежуточным теплоподводом

7.5. Регенеративный цикл ГТУ

7.6. Сравнительный анализ основных показателей газотурбинных ЯЭУ, выполненных по различным тепловым схемам

Глава 8. Паротурбинные ЯЭУ

8.1. Тепловые схемы и циклы паротурбинных ЯЭУ

8.2. Расчет циклов Ренкина с рабочим телом типа А и Б

8.3. Расчет цикла с промежуточным теплоподводом на калии

8.4. Расчет регенеративного цикла ПТУ на даутерме

Глава 9. Оптимизация параметров и расчет ЯЭУ

9.1. Задачи и особенности оптимизации

9.2. Оптимизация параметров газотурбинных ЯЭУ

9.3. Оптимизация параметров паротурбинных ЯЭУ

9.4. Оптимизация параметров ЯЭУс прямыми преобразователями теплоты

Раздел II. Основы конструкции ЯЭУ

Глава 10. Основные требования и принципы компоновки

Глава 11. Конструкция ядерных реакторов

11.1. Требования к конструкции ядерного реактора

11.2. Корпус ядерного реактора

11.3. Тепловыделяющие элементы ядерного реактора

11.4. Отражатель нейтронов ядерного реактора

11.5. Органы регулирования ядерного реактора

11.6. Конструктивные особенности ядерных реакторов с гетерогенной активной зоной

Глава 12. Конструкция термоэмиссионных ядерных реакторов-генераторов

12.1. Электрогенерирующие элементы и электрогенерирующие каналы встроенных термоэмиссионных ядерных реакторов-генераторов

12.2. Компоновка реакторов-генераторов

Глава 13. Расчет конструкций ядерных реакторов космического назначения на прочность

13.1. Общие положения

13.2. Краткие сведения из теории ползучести

13.3. Днища и обечайка корпуса ядерного реактора космического назначения

13.4. Тепловыделяющие элементы ядерного реактора космического назначения

13.5. Перфорированные опорные решетки ядерного реактора космического назначения

Глава 14. Конструкции термоэлектрических элементов и преобразователей

14.1. Термоэлектрические элементы

14.2. Термоэлектрические преобразователи

14.3. Термоэлектрические преобразователи, совмещенные с ядерным реактором

14.4. Термоэлектрические преобразователи, совмещенные с холодильником-излучателем

14.5. Термоэлектрические преобразователи, связанные с ядерным реактором и холодильником-излучателем при помощи контуров с жидкометаллическим теплоносителем

14.6. Термоэлектрические преобразователи с тепловыми трубами

Глава 15. Конструкции газотурбинных ЯЭУ

15.1. Основные особенности конструкций газотурбинных преобразователей космического назначения

15.2. Корпус компрессора

15.3. Ротор компрессора

15.4. Корпус турбины

15.5. Ротор турбины

15.6. Опоры роторов

Глава 16. Расчет прочности и колебаний элементов турбогенераторных преобразователей

16.1. Долговечность дисков турбины и осевого компрессора

16.2. Ресурс рабочих лопаток турбины

16.3. Вибрация рабочих лопаток турбины и компрессора

16.4. Расчет вала ротора турбины на ползучесть

16.5. Критическая скорость ротора

16.6. Расчет критических скоростей сложной конструкции ротора методом начальных параметров

Глава 17. Конструкция радиационной защиты КА

17.1. Радиационная защита обитаемых КА

17.2. Особенности радиационной защиты обитаемых КА

17.3. Расчет размеров радиационной защиты

17.4. Расчет прочности корпуса блока защиты

Глава 18. Конструкция холодильников-излучателей и элементов жидко-металлических контуров ЯЭУ

18.1. Конструктивные формы ХИ ЯЭУ

18.2. Выбор материалов для ХИ ЯЭУ

18.3. Пути повышения метеорной неустойчивости ХИ ЯЭУ

18.4. Элементы жидкометаллических контуров ЯЭУ

Раздел III. Основы эксплуатации ЯЭУ

Глава 19. Подготовка к действию

19.1. Краткая характеристика основных этапов

19.2. Физический пуск реактора

19.3. Подготовка ЯЭУ к натурным испытаниям

Глава 20. Испытания с имитацией реальных условий работы в космосе

20.1. Особенности и содержание основных операций

20.2. Стендовые комплексы

20.3. Методы обработки данных испытаний в ВК для реальных условий работы в космосе

Глава 21. Обеспечение ядерной и радиационной безопасности

21.1. ЯЭУ как источник ядерной и радиационной опасности

21.2. Ядерная безопасность

21.3. Подготовка и проверка системы автоматического управления

21.4. Радиационная безопасность

Раздел IV. Методы и модели управления рисками при создании и эксплуатации ЯЭУ космического базирования

Глава 22. Обеспечение надежности на стадиях жизненного цикла

22.1. Содержательный анализ задач управления техническими рисками при создании и испытаниях ракетно-космической техники

22.2. Постановка задачи обоснования инновационных решений, связанных с обеспечением надежности изделий РКТ на стадиях их жизненного цикла. Показатели качества, надежности, риска

22.3. Разработка методик обоснования инновационных решений по обеспечению надежности РКТ с учетом неопределенности

Глава 23. Методики оценки показателей безопасности по трассам пусков и в районах падения отделяющихся частей РН с учетом характеристик объектов на притрассовых территориях

23.1. Показатели и критерии рисков в различных сферах деятельности

23.2. Предлагаемая номенклатура показателей и критериев безопасности трасс пусков и РП ОЧ РН

23.3. Методика оценки показателей безопасности вдоль трасс пусков и на прилегающих к ним территориях из-за полетных аварий РН

23.4. Оценка размеров зон поражения при аварии РН

23.5. Методика оценки безопасности в РП и выбора новых РП с учетом фактора безопасности

23.6. Методики и алгоритмы поиска возможных мест расположения РП

Глава 24. Основные положения методики приближенной оценки рисков возникновения ситуаций, сопряженных с человеческими жертвами, при непрогнозируемом сходе с орбиты и падении остатков

космических объектов на земную поверхность

24.1. Модель расчета распределения точек падения фрагментов РБ в условиях неопределенности

24.2. Модель распределения населения

24.3. Модель расчета риска поражения человека

24.4. Пример расчета риска для РБ

Раздел V. Основные направления создания специализированных космических систем с использованием ЯЭУ среднего уровня мощности

Глава 25. Роль и место космической ядерной энергетики среднего уровня мощности с прямым преобразованием энергии в решении перспективных задач освоения космического пространства

Глава 26. Перспективы создания космических систем различного назначения на основе ядерных энергетических установок среднего уровня мощности

26.1. Космические системы и комплексы, требующие создания источников энергии большой мощности на орбите.

26.2. Рациональное построение орбитальных группировок

26.3. Перспективные радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли

26.4. Летный эксперимент Techsat 21

26.5. Принципы построения и обработки информации в многопозиционных РСА

Список использованных источников

Приложения

Приложение 1. Плазмообразование в многополостных электродах и физические концепции процессов в ТЭП

П.1.1. Общая характеристика процессов плазмообразования в режимах с тянущим электрическим полем

П.1.2. Экспериментальные исследования параметров плазмы многополостных катодов в режимах с тянущим полем

П.1.3. Процессы плазмообразования в кнудсеновских ТЭП

П.1.4. Процессы плазмообразования в дуговых ТЭП с многополостными катодами

П.1.5. Процессы токопереноса в дуговых ТЭП с многополостными анодами

П.1.6. Теория расчета параметров плазмы и энергетических характеристик ТЭП с многополостными электродами

Приложение 2. Результаты экспериментальных исследований ТЭП с гладкими и многополостными электродами

П.2.1 Экспериментальные вольт-амперные характеристики ТЭП в кнудсеновском цезий-бариевом режиме.

П.2.2–2.9 Экспериментальные вольт-амперные характеристики ТЭП в дуговом цезиевом режиме.

Приложение 3. Состояние проектных работ по созданию отечественных КА с ЯТЭУ и модернизация космодрома «Плесецк» для осуществления их предстартовых испытаний и запуска

П.3.1. Современное состояние работ по космическим ЯТЭУ

П.3.2. Основные положения проектирования космических комплексов для работ с КА, имеющими СЭС на основе ядерного реактора

П.3.3. Описание специальной технической позиции для подготовки к запуску КА с ЯЭУ

Приложение 4

П.4.1. Метод выбора направлений работ на ранних этапах проектирования сложной технической системы — термоэмиссионной ЯЭУ

П.4.2. Оценивание альтернатив и анализ результатов выбора наилучшего варианта проектирования ЯЭУ КА с учетом предпочтений заказчика

П.4.3. Определение весовых коэффициентов при переходе от одномерных функций полезности проектируемых сложных технических систем к многомерным

Литература