

Содержание основных тем испытания

Раздел 1 Устройство, функционирование, конструирование и проектирование космических аппаратов

Условия космического полета. Влияние вакуума. Радиационная опасность. Метеорная опасность. Влияние невесомости. Влияние внешних тепловых потоков. Влияние факторов техногенного характера.

Основные соотношения реактивного движения. Уравнение И. В. Мещерского. Сила тяги ракетного двигателя. Формула К. Э. Циолковского.

Космические объекты и системы. Классификация космических аппаратов. Конструктивно-компоновочные схемы космических аппаратов.

Бортовые системы и агрегаты космических аппаратов. Системы электропитания. Системы обеспечения теплового режима. Системы ориентации и управления движением. Радиотехнические системы. Системы управления бортовым комплексом.

Двигательные установки космических аппаратов. Жидкостные ракетные двигатели. Ракетные двигатели твердого топлива. Электрореактивные двигательные установки.

Общие сведения о конструировании космических аппаратов. Требования, предъявляемые к конструкции. Постановка задачи конструирования. Содержание и особенности процесса конструирования. Особенности и применение конструкционных материалов. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам, критерии их выбора. Особенности и применение металлических конструкционных материалов. Особенности и применение композиционных материалов. Задачи исследования надежности применительно к различным изделиям ракетно-космической техники.

Общая характеристика процесса проектирования КА. Этапы разработки и принципы проектирования КА. Постановка общей задачи проектирования КА и ее декомпозиция.

Испытания космических аппаратов. Классификация процессов испытания и контроля. Испытания и контроль, категории

испытаний, виды испытаний, методы испытаний, виды контроля, методы контроля. Планирование и обработка результатов экспериментов при испытаниях космических аппаратов.

Надежность КА. Исследование надежности на этапах проектирования и экспериментальной отработки. Принципы обеспечения требуемого уровня надежности.

Раздел 2 Основы механики сплошных сред

Термодинамическая система и окружающая среда. Основные термодинамические параметры. Уравнение состояния. Первый закон термодинамики. Теплоёмкость. Энергия и энтропия. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа. Круговые процессы: цикл Карно: циклы тепловых двигателей.

Уравнение Бернулли для сжимаемой и несжимаемой жидкости. Примеры использования в расчетах, имеющих отношение к летательному аппарату.

Распространение малых возмущений в различных средах. Число Маха. Особенности обтекания тела дозвуковым и сверхзвуковым потоками. Скачки уплотнения. Особенности обтекания сверхзвуковым потоком внешнего и внутреннего тупых углов. Лобовое сопротивление: волновое сопротивление, донное, индуктивное, сопротивление трения. Аэродинамическое качество.

Структура стационарной сверхзвуковой неизобарической струи: ударно-волновой участок, основной участок.

Особенности решения задач теплопроводности, динамики и колебаний конструкций.

Виды теплообмена. Теплопроводность: основной закон теплопроводности (закон Фурье). Дифференциальное уравнение теплопроводности и краевые условия. Стационарная теплопроводность, нестационарная теплопроводность. Конвективный теплообмен: дифференциальные уравнения конвективного теплообмена; пограничный слой: подобие и моделирование процессов конвективного

теплообмена; теплоотдача при вынужденном течении. Теплообмен излучением: основные законы теплового излучения; теплообмен излучением между твёрдыми телами, разделенными прозрачной средой; теплообмен в поглощающих и излучающих средах.

Формулировка задачи анализа конструкций. Классификация силовых и тепловых нагрузок, действующих на механическую конструкцию. Реакция конструкции на внешнее воздействие в виде перемещений, деформаций, напряжений и изменения физико-механических свойств. Система уравнений: уравнения равновесия, геометрические и физические уравнения. Гипотезы, позволяющие понизить порядок и упростить систему уравнений.

Напряженно-деформированное состояние брусьев, пластин и оболочек. Методы решения систем уравнений. Достоинства и недостатки аналитических и численных методов решения. Степени свободы, характеризующие реакцию сплошной среды на внешнее воздействие.

Раздел 3 Информационные и компьютерные технологии в космической технике

Космический аппарат-элемент сложной технической системы.

Математические и компьютерные модели. Конструкции КА, как большие системы. Свойства больших систем. Типы моделей. Математические и компьютерные модели. Классификация математических моделей. Задачи, решаемые компьютерным моделированием. Интерактивный характер компьютерного моделирования. Применение компьютерного моделирования в различных предметных областях. Этапы создания компьютерной модели. Реализация модели на компьютере: последовательные и

параллельные алгоритмы. Анализ результатов компьютерного моделирования: ввод- вывод; планирование эксперимента; визуализация данных; достоверность и диапазон применимости; графический вывод.

Компьютерный анализ конструкций. Аналитические конечно-элементные пакеты (АКЭП). Запуск и графический интерфейс. Утилиты АКЭП. Получение справок и дополнительных сведений о работе с АКЭП. База данных решаемой задачи и файлы АКЭП. Модульный принцип построения АКЭП. Ввод модулей построения модели. Общая характеристика и формат команд. Командный и интерфейсный ввод команд. Процессор решения задачи.

Управление созданием сетки. Автоматическое построение сетки. Свободное и регулярное разбиение области на конечные элементы. Условия регулярного разбиения. Использование команды объединения граничных линий. Адаптивная сетка.

Моделирование тел. Типовые конечные элементы. Основные этапы и особенности пространственного анализа конструкций из твердых тел. Процедуры для оценки ошибок в полученных результатах.

Анализ конструкций из плоских и объемных элементов. Плоское деформированное и напряженное состояние. Матрица жесткости и нагрузок. Эквивалентные напряжения по энергетической теории Мизеса. Степени свободы и геометрия конечных элементов. Печать деформированной геометрии и напряжений. Печать графиков вдоль пути, указанного пользователем.

Анализ устойчивости конструкций. Линейные и нелинейные КЭ модели. Этапы решения задачи устойчивости в линейной постановке: решение задачи статики при единичной нагрузке с учетом предварительного напряженного состояния, получение критических нагрузок и формы потери устойчивости. Анализ устойчивости стержней, ферм и оболочек. Анализ устойчивости гладкой и подкрепленной оболочек. Верификация результатов.

Раздел 4 Пример тестового варианта

Направление подготовки по программам магистратуры			Шифр
Ракетные комплексы и космонавтика			24.04.01
№	Вопрос	Список ответов	Правильный ответ
1.	<p>Это уравнение</p> $z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_{cp1}^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_{cp2}^2}{2g} + \Sigma \Delta h_{пот}$	<p>Основное уравнение гидростатики</p> <p>Уравнение Бернулли для идеальной жидкости</p> <p>Уравнение Бернулли для реальной вязкой жидкости</p> <p>Уравнение количества движения жидкого объема</p>	<p>Уравнение Бернулли для реальной вязкой жидкости</p>

Рекомендуемая литература и материалы для подготовки

Основная литература:

1. Никитенко, В. И. Радиационные условия и радиационная безопасность при полете космических аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Никитенко, В. И. Крайнюков. - Электрон. текстовые дан. - М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - 46 с. - (ЭБС Лань). - Загл. с титул. экрана. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/62007>. - 20190628.

2. Никитенко, В. И. Влияние невесомости на функционирование различных систем при полете космического аппарата [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Никитенко, А. С. Попов. - Электрон. текстовые дан. - М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - 30 с. - (ЭБС Лань). - Загл. с титул. экрана. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52317>. - 20190628

3. Гуцин, Виталий Николаевич. Основы устройства космических аппаратов [Текст] : учебник для вузов / В. Н. Гуцин. - М. : Машиностроение, 2003. - 272 с. : граф., ил., табл. - (Для вузов). - Библиогр.: с. 265 - 268. - ISBN 5-217-01301-X.

4. Авиация. Космонавтика. Управление полётом [Электронный ресурс] : 98 [96] книг в формате pdf, djvu / БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2013. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). - (Электронная библиотека). - Загл. с этикетки диска. - 20190607.

5. Охочинский, М.Н. Краткая история отечественного ракетостроения: учебное пособие / М.Н. Охочинский; Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2015. 228 с.

6. Евстафьев В.А. Конструирование космических аппаратов. Ч.1: учебное пособие. Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2018. 99 с.

7. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: учебно-практическое пособие / М. С. Попов, А. М. Попов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2012. - 181 с. : граф., табл. - Библиогр.: с. 175. - Прил.: с. 176-179. – ISBN 978-5-85546-685-0.

8. Теплотехника [Электронный ресурс] : учебник для бакалавриата и магистратуры : в 2 т. / В. Л. Ерофеев. - Электрон. текстовые дан. - Загл. с титул. экрана. - Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.biblio-online.ru/bcode/421163> (дата обращения: 17.06.2019). Т. 1 : Термодинамика и теория теплообмена. - М. : Юрайт, 2017. - 308 с. - (ЭБС Юрайт).

9. Сидняев, Николай Иванович. Статистический анализ и теория планирования эксперимента [Электронный ресурс] : [учебное пособие для вузов] / Н. И. Сидняев ; Моск. гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана. - Электрон. текстовые дан. - М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. - 200 с. - (ЭБС Лань). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103275>. - 20190626.

10. Добровольский, Мстислав Владимирович. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования [Текст] : учебник для вузов / М. В. Добровольский ; ред. Д. А. Ягодников. - 3-е изд., доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. - 460 с. : граф., схемы, табл., фот. - (Техническая физика и энергомашиностроение). - Об авторе: послед. с. обл. - Библиогр.: с. 447-449. - Предмет. указ.: с. 450-454. - Прил.: с. 455-458. - ISBN 978-5-7038-4145-7.

11. Ермолаев, Владимир Иванович. Методы оптимизации проектных параметров маршевых двигательных установок и способов маневрирования космических аппаратов [Текст] / В. И. Ермолаев ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.

Ф. Устинова. - АВТ. РЕД. - СПб. : [б. и.], 2017. - 79 с. : граф., схемы. - Библиогр.: с. 77-78. - ISBN 978-5-906920-69-0.

12. Абрамов, И. П. Ракетно-космическая техника [Электронный ресурс] : учебное пособие. Т. IV+22. Кн. 2. Часть I. / И. П. Абрамов. - Электрон. текстовые дан. - М. : Машиностроение, 2014. - 563 с. - (ЭБС Лань). - Загл. с титул. экрана. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63258>. - 20190620.

13. Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ядерных энергетических установок космических аппаратов [Текст] : учебник [для вузов] / А. В. Романов ; ред. В. Д. Атамасов ; Конструктор. бюро "Арсенал" им. М. В. Фрунзе. - СПб. : Професионал, 2014. - 244 с. : схемы, табл., граф. - Загл. обл. : Системы обеспечения тепловых режимов герметичных отсеков и ЯЭУ космических аппаратов. - В написании принимали участие авторы БГТУ "ВОЕНМЕХ". - Библиогр.: с. 242-244. - Список обознач. и сокращ.: с. 7-8. - Прил.: с. 153-241. - ISBN 978-5-91259-107-5.

14. Ковалев, Е. А. Теория вероятностей и математическая статистика для экономистов : учебник и практикум для бакалавриата, специалитета и магистратуры / Е. А. Ковалев, Г. А. Медведев ; под общей редакцией Г. А. Медведева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 284 с. — (Бакалавр. Специалист. Магистр). — ISBN 978-5-534-01082-4. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/433062> (дата обращения: 06.12.2019).

15. Козлов, Александр Григорьевич. Системы электропитания космических аппаратов [Текст] : учебное пособие [для вузов]. Ч. 1 / А. Г. Козлов, В. В. Ходосов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2011. - 105 с. : граф., схемы, табл., карты. - Библиогр.: с. 103-104. - ISBN 978-5-85546-599-0.

16. Теория проектирования сложных технических систем космического базирования [Текст] : учебник [для вузов] / М. К. Сапего [и др.] ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2012. - 559 с. : граф., схемы,

табл. - Библиогр.: с. 544-551. - Список сокращ.: с. 4-6. - Прил.: с. 325-543. - ISBN 978-5-91259-075-7 .

17. Кириллин В.А., Сычёв В.В., Шейдлин А. Е. Техническая термодинамика. Учебник для ВУЗов. Издательский дом МЭИ. М.; 2016, 496 с.

Дополнительная литература:

1. Охочинский, М.Н. Введение в ракетно-космическую технику: учебное пособие / М.Н. Охочинский; Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2006. 192 с.

2. Калягин, Лев Иванович. Материалы и покрытия в космической технике [Текст] :

учебное пособие / Л. И. Калягин ; ред. О. Я. Романов ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф.

Устинова. - СПб. : [б. и.], 1996. - 101 с. : табл. - Библиогр.: с. 99. - ISBN 5-85546-085.

3. Иванов, Владимир Константинович. Элементы теории испытаний и эксплуатации систем ракетно-космической техники [Текст] : учебное пособие [для вузов] / В. К. Иванов, Л. И. Калягин ; БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова. - СПб. : [б. и.], 2009. - 119 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр.: с. 117. - Принятые сокращ.: с. 4-5. - Контр. вопросы: в конце глав. - ISBN 978-5-85546-479-5.

4. Евтифьев, Михаил Дмитриевич. Испытания ракетно-космической техники [Текст] : учебное пособие для вузов / М. Д. Евтифьев ; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т им. акад. М. Ф. Решетнева. - Красноярск : [б. и.], 2005. - 325 с. : граф., схемы, табл. - (Ракетно-космическая техника). - Библиогр.: с. 308-311. - Список принятых сокращ.: с. 6-8. - Контр. вопросы и задания: в конце глав. - Приложение: с. 312-325. - ISBN 5-86433-248-8 .

5. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем [Текст] : Учебное пособие для ВУЗов / Л. Н. Александровская, В. И. Круглов, А. Г. Кузнецов и др. - М. : Логос, 2003. - 736 с. : ил, граф., табл. - (Учебник XXI века). - Загл. обл. : Теоретические основы контроля и испытаний летательных аппаратов. - : Испытания на воздействие

факторов и условий жизненного цикла изделий авиационной и ракетно-космической техники. - : Формирование результатов испытаний. - Авторы указаны на обороте тит. л. - Библиогр.: с. 730 - 736. - Контрольные вопросы в конце глав. - ISBN 5-94010-145-3.

6. Куландин, Аркадий Александрович. Энергетические системы космических аппаратов [Текст] / А. А. Куландин, С. В. Тимашев, В. П. Иванов ; науч. ред. Г. М. Грязнов. - М. : Машиностроение, 1972. - 427 с. : граф., схемы, табл. - Библиогр. в конце глав. - Усл. обознач.: с. 5-6.

7. Алямовский А.А. «80Hc1\Уогк8/Со8то8\Уогк<>. Инженерный анализ методом конечных элементов», Москва 2004г., 432с.

8. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: учебник для ВУЗов/Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана.-2003. -495 с.

9. Погорелов В.И. Прочность и устойчивость тонкостенных конструкций: уч. пособие / Изд. БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова: - Изд.2-е, испр. и доп. - СПб, 2005. - 153 с.

10. Погорелов В.И. Строительная механика тонкостенных конструкций: уч.пособие / В.И.Погорелов - СПб, 2007. - 518 с.: схемы, табл, граф.

11. Агеев, Евгений Иванович. Механика жидкости и газа [Текст]: учебное пособие [для вузов] / Н.И. Агеев, А. З. Копылов ; БГТУ "ВОЕПМЕХ". - СПб. : [б. и.], 2010. - 173 с.

12. Авдудевский В.С. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике.-Изд. 2-с., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1992, 528 с.

13. Исаченко В.П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. Учебник для ВУЗов. Изд. 3-е. перераб. и доп.-М.: «Энергия», 1975, 488с.

14. Ухин, Б.В. Гидравлика: учебное пособие для вузов/ Б.В. Ухин. - М.: Форум: Ипфра-М, 2010.-463 с.