

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Пересыпкин К.В., Пересыпкин В.П., Иванова Е.А

**Электронный курс лекций
"Компьютерный инженерный анализ"**

САМАРА
2010

УДК 629.7.017.1 (075)

Авторы: Пересыпкин Константин Владимирович, Пересыпкин Владимир Павлович,
Иванова Екатерина Алексеевна

Курс лекций «Компьютерный инженерный анализ» позволяет получить начальные знания об основных аспектах использования метода конечных элементов при проектировании и разработке изделий ракетно-космической техники. В лекциях изложена технология проектирования конструкций с применением метода конечных элементов; сделан обзор применения метода конечных элементов на разных этапах разработки конструкции изделий. Рекомендовано для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 160400.68 «Ракетные комплексы и космонавтика» магистерская программа «Проектирование и конструирование космических мониторинговых и транспортных систем».

Разработано на кафедре летательных аппаратов СГАУ.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ТЕХНОЛОГИИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ	6
МЕСТО МКЭ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ	10
Разработка концепции	13
Предварительное проектирование	13
Техническое проектирование	15
Изготовление	17
Подготовка и контроль испытаний	17
Доработки	18
Общие замечания	19
Нагрузки	19
Взаимодействие с конструкторами	20
Контроль массы конструкции	20
Организационная поддержка	20
Основные положения метода конечных элементов	22
ОСНОВНЫЕ КОНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ MSC.NASTRAN ДЛЯ РАСЧЕТА РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	25
Одномерные элементы	25
Стержневой элемент типа Rod	25
Балочный элемент типа Beam	26
Плоские элементы	27
Элемент Shear Panel (сдвиговая панель)	28
Мембранный элемент типа Membrane	29
Универсальный оболочечный элемент типа Shell	29
Слоистый элемент типа Laminate	30
Объемный элемент типа Solid	31
Другие элементы	33
Элемент типа Mass	33
Упругий элемент типа Spring	33
Упругий элемент типа Dof Spring	33
Элемент абсолютно жесткой связи RBE2	34
Контактный элемент типа GAP	35
Графический элемент типа PLOTTEL	36
ТИПОВЫЕ СИЛОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И СПОСОБЫ ИХ МОДЕЛИРОВАНИЯ	37
Стрингерные отсеки	38
Способы конечно-элементного моделирования стрингерных оболочек	42
Вафельные оболочки	46
Способы конечно-элементного моделирования вафельных оболочек	47
Трехслойные оболочки	49
Способы конечно-элементного моделирования трехслойных оболочек	50
Ферменные и рамные конструкции	53
Метод моделирования ферменных конструкций стержневыми элементами	55
Метод моделирования ферменных и рамных конструкций балочными элементами	56
Метод моделирования ферменных и рамных конструкций с помощью оболочечных элементов	57
Решетчатые конструкции	58
Метод моделирования балочными элементами	60
Метод моделирования элементами многослойной оболочки	60
Разъемные соединения	60
ЗАДАНИЕ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	62
ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ КЭ МОДЕЛЕЙ, ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ	66
Технология разработки и отладки КЭ-моделей	66
Распространенные ошибки моделирования	69
Обработка и анализ результатов расчетов	72