

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

« 31 » июл 2015 г.

Регистрационный № УД 1501 /уч.

Компьютерная механика

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности**

1-31 03 02 Механика и математическое моделирование

2015г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 02-2013 (30.08.2013г.) и учебного плана № G31-136/уч. (30.05.2013 г.) для специальности 1-31 03 02 Механика и математическое моделирование.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Громыко Олег Владимирович - доцент кафедры теоретической и прикладной механики Белорусского государственного университета, кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Докукова Наталья Анатольевна, заведующая кафедрой информатизации профессионального образования Учреждения образования «Республиканский институт профессионального образования», кандидат физико-математических наук, доцент.

Харитончик Сергей Владимирович, директор Республиканского компьютерного Центра машиностроительного профиля Государственного Научного Учреждения «Объединенный институт машиностроения» Национальной академии наук Беларуси, кандидат технических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической и прикладной механики (протокол № 10 от 21.05.2015)

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 6 от 29.06.2015)



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В настоящее время средства вычислительной техники, компьютеры и программные комплексы (пакеты программ) стали неотъемлемой частью работы механика-исследователя и механика-прикладника. Решение практически ни одной реальной прикладной задачи всех разделов механики не представляется возможным без использования средств вычислительной техники.

Проблемы и задачи современных фундаментальных и прикладных исследований, инженерных расчетов, связанных с изучением поведения и состояния сложных механических систем и конструкций, невозможно решать без интенсивного использования компьютерных технологий. Причем, последние охватывают различные аспекты решения задач: от формулировки и постановки модельных схем до непосредственных вычислений, интерпретации и анализа результатов расчетов.

Сегодня практически все предприятия, научно-исследовательские и проектные организации, конструкторские бюро, связанные с САПР-технологиями, моделированием процессов, описываемых моделями механики сплошных и дискретных сред, прочностными расчетами, испытаниями на устойчивость, долговечность и т.п. всевозможных механических систем и конструкций (машиностроение, судостроение, авиастроение, строительство зданий и сооружений) имеют или разрабатывают автоматизированные компьютерные системы для обеспечения эффективной работы организации.

С развитием науки и техники узкоспециальные знания довольно быстро устаревают. Для решения возникающих принципиально новых актуальных задач научные работники и инженеры обязательно должны обладать, помимо необходимой способности к доучиванию и переучиванию, хорошей подготовкой в области фундаментальных наук и их компьютерных приложений. Это требует постоянного всестороннего совершенствования вузовского образования. Наиболее перспективный путь лежит именно в повышении значимости общенаучных и прикладных дисциплин в учебных планах подготовки будущих научных работников и инженеров, в совершенствовании преподавания таких фундаментальных дисциплин, как физика, математика и механика, их компьютерных приложений.

Курс «Компьютерная механика» посвящен обучению студентов компьютерному моделированию инженерных конструкций и физических процессов, решению соответствующих задач на основе современных прикладных систем (пакетов) автоматизированного инженерного анализа (CAE). Его изучение предусматривает также ознакомление с аналитическими и численными методами решения задач механики технических систем, положенными в основу прикладных систем автоматизированного инженерного анализа, обучение методам анализа механики технических систем.

Полученные студентами при изучении курса «Компьютерная механика» знания могут быть использованы при выполнении курсовых работ и проектов, дипломном проектировании и в творческой деятельности, решении

практических задач механики сплошной среды (МСС) для нужд машиностроения, приборостроения и других отраслей науки и техники.

Как прикладная дисциплина «Компьютерная механика» является приложением таких дисциплин как сопротивление материалов и основы строительной механики, механика сплошной среды, теоретическая механика. Она также служит средством воспитания у будущих специалистов необходимых творческих навыков к построению математических моделей происходящих в природе и технике процессов, к выработке способностей к научным обобщениям и выводам.

В связи с этим, обучение по специальности «Механика и математическое моделирование» в университете обеспечивает подготовку студентов по предметам, которые можно объединить в такие группы, как «математическая», «механическая» и «компьютерная» компоненты.

Фундаментальные и глубокие знания в области численных методов, используемых для решения различных классов задач механики, представляются необходимыми для студентов механиков. Поэтому учебный курс «Компьютерная механика», связанный с практической реализацией курса «Численные методы механики сплошной среды» является одним из основных курсов современной подготовки студентов механиков.

Дисциплина тесно связана с курсом «Механика сплошной среды».

Цель дисциплины «Компьютерная механика»: ознакомление студентов, специализирующихся по кафедре теоретической и прикладной механики, с основными методиками, приемами, пакетами программ для компьютерного моделирования и численного решения задач, возникающих в механике сплошной среды.

Целью курса «Компьютерная механика» является также повышение уровня профессиональной компетентности в решении проблем механики в различных сферах инженерной, научно-исследовательской и иной трудовой деятельности.

Программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта по специальности 1-31 03 02 «Механика» и рассчитана, как правило, на изучение дисциплины в пятом и шестом семестре. Дисциплина изучается за счет часов вузовского компонента цикла естественнонаучных дисциплин в количестве 140 аудиторных часов. Курс имеет общенаучную и профессиональную направленность.

Общенаучная направленность состоит в том, что студенты знакомятся с современными методами и приемами решения задач сопротивления материалов и строительной механики, МСС.

Задачей курса является подготовка высококвалифицированных специалистов, способных ставить и решать задачи из различных областей прочности, жесткости, устойчивости и колебаний элементов конструкций.

Учебно-воспитательный процесс при изучении курса сопротивления материалов и основ строительной механики должен быть организован таким образом, чтобы он давал возможность будущему специалисту:

- сформировать установку на творческую профессиональную деятельность;
- развить профессиональное мышление, которое обеспечило бы будущему специалисту возможность свободно оперировать профессиональными знаниями, видеть проблемы и пути их решения в самостоятельной практической деятельности, выбирать оптимальные пути их решения и методы их осуществления;
- воспитывать в себе активную профессиональную позицию, умение вырабатывать и обосновывать свой подход в решении задач.

Образовательная цель: изучение основных методов, используемых при решении уравнений в частных производных МСС.

Развивающая цель: освоение и апробация приемов компьютерного моделирования и численных методов применительно к исследованиям механических процессов в сплошных средах.

Основные задачи:

- а) сформировать у студентов представление о методах численного решения задач механики сплошной среды;
- б) выработать у студентов навыки расчета напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов;
- в) сформировать у студентов навыки анализа численных результатов решения задач механики сплошной среды.

В результате изучения дисциплины «Компьютерная механика» обучаемый студент должен:

Знать:

- аналитические и численные методы решения задач механики технических систем, положенные в основу прикладных систем автоматизированного инженерного анализа (CAE),
- основы метода конечных элементов (МКЭ) и особенности программной реализации МКЭ для персональных ЭВМ,
- основные принципы компьютерного моделирования инженерных конструкций и физических процессов и этапы решения соответствующих задач;
- современные прикладные системы автоматизированного инженерного анализа для персональных ЭВМ: ANSYS, NASTRAN, Patran, Adams, VisualNastran, Pro/Engineer (Pro/Mechanica), SolidWorks, AutoCAD, CATIA, COSMOS Works (COSMOS/M), Invention Machine, TechOptimizer и др.
- алгоритмы, методы и принципы генерации компьютерных моделей и порядок решения задач и анализа полученных результатов в пакетах компьютерной механики ANSYS, NASTRAN, Adams, VisualNastran

Уметь:

- составлять расчетные модели деталей, элементов и узлов машин и механизмов
- разрабатывать компьютерные модели деталей, узлов и физических процессов
- использовать пакеты прикладных систем автоматизированного инженерного анализа ANSYS, NASTRAN, Adams, VisualNastran для решения задач теории упругости, пластичности, кинематики, динамики и прочности технических систем и анализа физических процессов, происходящих в них
- выполнять расчеты и анализ напряженно-деформированного состояния, теплопрочностной, гидро- и аэродинамический, вибрационный анализ и др. при различных видах нагрузок

Владеть:

- методами построения расчетных моделей;
- навыками анализа механических процессов, протекающих в сплошных средах.

Учебная дисциплина УВО «Компьютерная механика» предназначена для студентов 3 курса (5 и 6 семестры) дневной формы получения образования.

В соответствии с учебным планом специальности на изучение дисциплины отводится: всего 312 часов, из них 140 часов аудиторных занятий.

В пятом семестре: лекций – 36 часов, лабораторных занятий – 32 часа, УСР – 4 часа, форма отчетности – зачёт.

В шестом семестре: лекций – 18 часов, лабораторных занятий – 44 часа, УСР – 6 часов, форма отчетности – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ТЕМА 1. ВВЕДЕНИЕ В КУРС «КОМПЬЮТЕРНАЯ МЕХАНИКА»

Обзор аналитических и численных методов решения задач механики систем. Обзор современных прикладных систем автоматизированного инженерного анализа (CAE) для персональных ЭВМ. Метод конечных элементов (МКЭ). Вариант метода перемещений. Аппроксимация перемещений в пределах элемента полиномами. Матрица жесткости элемента. Вектор узловых сил для элемента. Построение глобальной матрицы жесткости и вектора узловых сил для конструкции. Матричная теория структурного анализа. Обзор матричных методов структурного анализа. Основные уравнения метода перемещений. Физический смысл матрицы жесткости элемента и ее коэффициентов. Пример матрицы жесткости стержневого элемента. Глобальная матрица жесткости. Закрепление конструкций — движение твердого тела. Обзор процедуры решения методом конечных элементов.

Сравнительный анализ программных комплексов для конечно-элементного анализа механики систем на базе ПЭВМ: ANSYS, NASTRAN, Patran, Dytran, LS-Dyna, CreoElements - Pro/Engineer (Pro/Mechanica), CATIA, SolidWorks - COSMOS Works (COSMOS/M), Autodesk Inventor (Simulation), Microstation, Unigraphics, I-DEAS; пакетов кинематического и динамического анализа механизмов Adams, VisualNastran, ANSYS WorkBench, Working Model, систем генерации инженерно-изобретательских идей Invention Machine, TechOptimizer и др.

ТЕМА 2. ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МКЭ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ЭВМ

ANSYS, NASTRAN - программы конечно-элементного анализа. Эволюция программ ANSYS, NASTRAN. Обзор функциональных возможностей программ. Интерфейс пользователя. Графические возможности.

Процессоры. Базы данных. Формат файлов. Снижение стоимости проектирования и производства за счет использования программ ANSYS, NASTRAN. Аппаратные средства программ. Семейства ANSYS, NASTRAN — программ. Иллюстративные примеры.

Препроцессорная подготовка. Твёрдотельное моделирование. Построение сетки. Параметризация моделей. Непосредственная генерация модели.

Получение решений. Методы решения уравнений. Виды конечно-элементного анализа в пакетах ANSYS, NASTRAN. Прочностной статический анализ. Прочностной динамический анализ. Динамика переходных процессов. Модальный анализ. Отклик на гармоническое воздействие. Спектральный анализ. Отклик на случайную вибрацию. Анализ устойчивости конструкции.

Виды анализа по типу нелинейностей. Линейный подход. Нелинейный подход. Конструктивные нелинейности. Нелинейности поведения материала. Геометрические нелинейности. Нелинейные элементы.

Кинематический анализ. Тепловой анализ. Стационарная теплопроводность. Нестационарные процессы. Фазовые превращения. Термопрочностной анализ.

Гидроаэродинамический анализ. Вычислительная гидроаэродинамика. Движение среды в трубопроводах. Акустический анализ.

Метод подконструкций. Метод подмоделей. Суперэлементный анализ.

Другие возможности пакета ANSYS по решению задач физики. Анализ электромагнитных полей. Стационарные электромагнитные поля. Переменное электромагнитное поле. Анализ электрического поля. Постоянный электрический ток. Электростатическое поле. Анализ электрических цепей. Анализ пьезоэлектрических явлений. Анализ связанных физических полей.

Свойства материалов. Библиотеки конечных элементов программ ANSYS, NASTRAN. Таблицы конечных элементов. Р-элементы в пакете ANSYS.

Постпроцессорная обработка. Постпроцессоры общего назначения программ ANSYS, NASTRAN. Постпроцессор истории нагружения пакета ANSYS.

Понятие о языке параметрического программирования APDL в пакете ANSYS. Параметры. Массив параметров. Ветвление и циклы. Функции повторения и аббревиатуры команд. Макрокоманды. Процедуры пользователя. Оптимизация проектных разработок. Программы ANSYS, NASTRAN и CAD-системы. Гарантии качества программ ANSYS, NASTRAN.

Программная платформа ANSYS WorkBench как средство для разработки и интеграции линейки программных продуктов ANSYS, прикладных пользовательских и написанных сторонними разработчиками программ инженерного анализа в едином информационном пространстве проекта.

Возможности по обмену данными. Требования с точки зрения работы с WEB - технологиями. Использование при расчетах решателей ANSYS. Средства и технологии препроцессинга линейки программных продуктов, принадлежащих ANSYS (ICEM CFD, CFX, ...). Возможности использования современных вычислительных технологий при решении: стандарты программирования - Script, C++; интеграция, управление и обмен данными между программными приложениями внутри единого информационного пространства текущего проекта инженерного анализа. Интеграция и ассоциативная двунаправленная связь с ведущими CAD системами (Solid Edge, SolidWorks, Autodesk Inventor/Mechanical Desktop, Pro/ENGINEER, Unigraphics) на основе их API (программного интерфейса приложения). Использование данных для расчета в формате eXtensible Markup Language (XML). Объектно-ориентированный пользовательский интерфейс. Поддержка написания расчетных сценариев на программном языке (VBScript, JavaScript, HTML и др.). Адаптация - написание пользовательских приложений, используя Workbench SDK. Возможность использования файлов на языке написания макросов APDL.

Объединение всей линейки коммерческих программных продуктов ANSYS в единую расчетную среду ANSYS WorkBench.

Особенности компьютерного моделирования и расчетов в ANSYS WorkBench. Практические приемы и примеры моделирования и расчетов.

Статический структурный анализ. Геометрия. Настройки анализа. Нагрузки и закрепления. Результаты и постобработка.

Анализ колебаний. Процедура анализа свободных колебаний. Свободные колебания предварительно напряжённого тела.

Тепловой анализ. Геометрия. Тепловые нагрузки. Опции решения. Результаты и постобработка.

Линейный анализ устойчивости. Справочная информация о потере устойчивости. Процедура анализа устойчивости.

Постобработка результатов.

Твердотельное моделирование плоского кронштейна, трехмерных корпусной детали и теплообменника. Исследование НДС и решение динамических задач MCC в пакете ANSYS WorkBench. 3D модели кронштейна и шкива в Ansys DesignModeler.

Назначение и основные возможности пакета прикладных программ NASTRAN.

Основы практического использования пакета. Входные файлы NASTRAN. Общий обзор. Расположение управляющих записей. Форматы данных и формат полей входного файла NASTRAN. Основные правила для данных в секции BULK DATA. Генерация/копирование записей. Операторы системы NASTRAN. Секция FILE MANAGEMENT (FMS). Манипуляции с базой данных. Назначение fortran файла. Управление файлами в NASTRAN. Типичные генерируемые файлы. Рестарты. Автоматические рестарты

Моделирование геометрии конструкции в NASTRAN. Геометрические примитивы. Основные приемы построения геометрической модели. Понятие о восходящем и нисходящем моделировании. Примитивы и булевы операции. Понятие о копировании и аффинных преобразованиях геометрической модели.

Практика конечно-элементного моделирования на примере статического анализа. Задание свойств материалов. Граничные условия и нагрузки в NASTRAN. Использование симметрии конструкции. Анализ результатов расчета. Устранение ошибок модели. Библиотека элементов NASTRAN. Типы элементов. Основные допущения теории скалярных, одномерных, двухмерных и трехмерных элементов. Рекомендации по применению.

Расчет собственных частот и форм колебаний конструкций в NASTRAN. Основные уравнения расчета собственных частот и форм колебаний конструкции. Матрица масс. Методы вычислений собственных форм и частот колебаний конструкции.

Линейный анализ устойчивости в NASTRAN. Теория устойчивости. Решение задач на собственные значения. Последовательность решения задач устойчивости.

ТЕМА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПАКЕТЕ SOLIDWORKS.

Введение в SolidWorks. Основные функциональные возможности SolidWorks. Принципы построения эскизов, чертежей и трехмерных геометрических моделей. Твердотельное параметрическое моделирование детали, этапы ее формообразования, создание дерева построений, Таблицы параметров. Элементы “по траектории” и “повернуть”. Элементы по сечениям. Массивы элементов. Скругления.

Типовые элементы и детали механических систем. Простые формы (объекты), добавляемые к текущей модели или вычитаемые из нее. Тела вращения и выдавливания. Тела, полученные сопряжением произвольно ориентированных сечений или сдвигом. Деталь из листового металла. Рисование трёхмерных эскизов. Трёхмерное рисование с использованием плоскостей. Импортирование файлов. Анимация. AutoCAD и SolidWorks. Блоки. Решение задач МСС на базе модулей предварительного анализа SolidWorks SimulationXpress и SolidWorks FloXpress. Использование модулей SolidWorks Simulation и SolidWorks Motion для решения задач статики, кинематики и динамики. Исследование НДС корпусной детали и теплообменника.

ТЕМА 4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В AUTOCAD (AUTODESK INVENTOR).

Введение в AutoCAD. Типовые формообразующие элементы и стандартные конструкторско-технологические элементы: фаска, сопряжение, отверстие. Процесс моделирования в AutoCAD Designer. Задание на плоскости типового профиля, придать ему пространственных свойств, построение базовой формы. Создание типовых профилей формообразующих элементов в AutoCAD Designer. Добавление новых конструкторско-технологических элементов (стандартных или описываемых типовыми профилями). Наложение на элементы геометрических связей и ввод параметрических размеров. Ориентация эскизной плоскости в пространстве, использование непосредственно грани существующей модели и специальных неформообразующих конструктивных элементов - рабочие плоскости. Примеры построения трехмерных моделей корпусной детали и теплообменника в AutoCAD Designer и передача модели в другие пакеты компьютерной механики.

ТЕМА 5. РЕШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ANSYS, NASTRAN

Расчет плоских ферм при статической нагрузке в узлах. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Плоский изгиб балок. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Расчет плоских рам при статической нагрузке. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Расчет прямых стержней при кручении. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Расчет стержней с криволинейной осью. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Расчет несимметричных балок переменного сечения и балок на упругом основании. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Исследование напряженно-деформированного состояния плоского уголкового кронштейна при статическом нагружении. Твердотельное моделирование с применением примитивов, Булевы операции, галтели, неравномерное давление, отображение деформированного состояния и напряжений, листинг реакций опор, анализ погрешности вычисления потенциальной энергии.

Модальный анализ крыла самолета. Кнопочное твердотельное моделирование, использование сплайнов для построения профиля, экструзия с нанесением сетки, решение задачи на собственные значения (модальный анализ), анимация результатов решения.

Затвердевание слитка в форме уголка. Нелинейный нестационарный анализ теплопроводности. Твердотельное моделирование, проводимость, конвективный теплообмен. Фазовый переход, выделение, автоматический выбор шага по времени, нестационарное постпроцессирование.

Ламинарное и турбулентное течение в двумерном расширяющемся канале. Стационарный анализ течения жидкости. Твердотельное моделирование, регулярное разбиение на элементы, создание новой кнопки на инструментальной панели, рестарт вычислений в FLOTTRAN.

Модальный анализ сектора конструкции, подверженной циклической симметрии. Специальная техника решения задач модального анализа для конструкций, подверженных циклической симметрии.

Анализ напряженно-деформированного состояния консольной балки с особенностью с применением метода подконструкций. Использование свойства антисимметрии, построение эпюр вдоль заданной кривой.

Проведение статического анализа балочно-оболочечной конструкции. Линейная задача по расчету прочности.

Применение Р-метода для расчета пластинки с отверстием. Твердотельное моделирование. Запрос числовых значений результатов счета, создание копии графического окна.

Расчет конструкций с начальными и температурными деформациями и напряжениями. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Определение реакций опор составной конструкции.

Примеры построения трехмерных моделей корпусной детали и теплообменника. Исследование НДС корпусной детали и теплообменника.

ТЕМА 6. НАЗНАЧЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ NASTRAN.

Основы практического использования пакета. Входные файлы NASTRAN. Общий обзор. Расположение управляющих записей. Форматы данных и формат полей входного файла NASTRAN. Основные правила для данных в секции BULK DATA. Генерация/копирование записей. Операторы системы NASTRAN. Секция FILE MANAGEMENT (FMS). Манипуляции с базой данных. Назначение fortran файла. Управление файлами в NASTRAN. Типичные генерируемые файлы. Рестарты. Автоматические рестарты

Моделирование геометрии конструкции в NASTRAN. Геометрические примитивы. Основные приемы построения геометрической модели. Понятие о восходящем и нисходящем моделировании. Примитивы и булевы операции. Понятие о копировании и аффинных преобразованиях геометрической модели.

Практика конечно-элементного моделирования на примере статического анализа. Задание свойств материалов. Граничные условия и нагрузки в NASTRAN. Использование симметрии конструкции. Анализ результатов расчета. Устранение ошибок модели. Библиотека элементов NASTRAN. Типы элементов. Основные допущения теории скалярных, одномерных, двумерных и трехмерных элементов. Рекомендации по применению.

Расчет собственных частот и форм колебаний конструкций в NASTRAN. Основные уравнения расчета собственных частот и форм колебаний конструкции. Матрица масс. Методы вычислений собственных форм и частот колебаний конструкции.

Линейный анализ устойчивости в NASTRAN. Теория устойчивости. Решение задач на собственные значения. Последовательность решения задач устойчивости.

Тема 7. РЕШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ANSYS, NASTRAN

Расчет плоских ферм при статической нагрузке в узлах. Пакетный и интерактивный режимы. Устойчивость, Колебания. Выполнение индивидуального задания.

Плоский изгиб балок. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Расчет плоских рам при статической нагрузке. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Расчет прямых стержней при кручении. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Расчет стержней с криволинейной осью. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Расчет несимметричных балок переменного сечения и балок на упругом основании. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Исследование напряженно-деформированного состояния плоского углового кронштейна при статическом нагружении. Твердотельное моделирование с применением примитивов, Булевы операции, галтели, неравномерное давление, отображение деформированного состояния и напряжений, листинг реакций опор, анализ погрешности вычисления потенциальной энергии.

Модальный анализ крыла самолета. Кнопочное твердотельное моделирование, использование сплайнов для построения профиля, экструзия с нанесением сетки, решение задачи на собственные значения (модальный анализ), анимация результатов решения.

Затвердевание слитка в форме уголка. Нелинейный нестационарный анализ теплопроводности. Твердотельное моделирование, проводимость, конвективный теплообмен. Фазовый переход, выделение, автоматический выбор шага по времени, нестационарное постпроцессирование.

Ламинарное и турбулентное течение в двумерном расширяющемся канале. Стационарный анализ течения жидкости. Твердотельное моделирование, регулярное разбиение на элементы, создание новой кнопки на инструментальной панели, рестарт вычислений в FLOTTRAN.

Модальный анализ сектора конструкции, подверженной циклической симметрии. Специальная техника решения задач модального анализа для конструкций, подверженных циклической симметрии.

Анализ напряженно-деформированного состояния консольной балки с особенностью с применением метода подконструкций. Использование свойства антисимметрии, построение эпюр вдоль заданной кривой.

Проведение статического анализа балочно-оболочечной конструкции. Линейная задача по расчету прочности.

Применение Р-метода для расчета пластинки с отверстием. Твердотельное моделирование. Запрос числовых значений результатов счета, создание копии графического окна.

Расчет конструкций с начальными и температурными деформациями и напряжениями. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.

Определение реакций опор составной конструкции.

Примеры построения трехмерных моделей корпусной детали и теплообменника. Исследование НДС корпусной детали и теплообменника.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия: перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Количество часов по УСР	Форма контроля знаний
		лекции	Лаборатор. занятия	практические занятия	иное		
1	2	3	4	5	6	7	8
А	Третий курс. Пятый семестр. Зачет	36	32			4	
1	Тема 1. Введение в курс «Компьютерная механика» Обзор аналитических и численных методов решения задач механики систем. Обзор современных прикладных систем автоматизированного инженерного анализа (CAE) для персональных ЭВМ. Метод конечных элементов (МКЭ). Вариант метода перемещений. Аппроксимация перемещений в пределах элемента полиномами. Матрица жесткости элемента. Вектор узловых сил для элемента. Построение глобальной матрицы жесткости и вектора узловых сил для конструкции. Матричная теория структурного анализа. Обзор матричных методов структурного анализа. Основные уравнения метода перемещений. Физический смысл матрицы жесткости элемента и ее коэффициентов. Пример матрицы жесткости стержневого элемента. Глобальная матрица жесткости. Закрепление конструкций — движение твердого тела. Обзор процедуры решения методом конечных элементов.	4					

	тов. Сравнительный анализ программных комплексов для конечно-элементного анализа механики систем на базе ПЭВМ: ANSYS, NASTRAN, Patran, Dytran, LS-Dyna, CreoElements - Pro/Engineer (Pro/Mechanica), CATIA, SolidWorks - COSMOS Works (COSMOS/M), Autodesk Inventor (Simulation), Microstation, Unigraphics, I-DEAS; пакетов кинематического и динамического анализа механизмов Adams, VisualNastran, ANSYS WorkBench, Working Model, систем генерации инженерно-изобретательских идей Invention Machine, TechOptimizer и др.								
2	Тема 2. ОСОБЕННОСТИ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МКЭ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ЭВМ ANSYS, NASTRAN - программы конечно-элементного анализа. Эволюция программ ANSYS, NASTRAN. Обзор функциональных возможностей программ. Интерфейс пользователя. Графические возможности. Процессоры. Базы данных. Формат файлов. Снижение стоимости проектирования и производства за счет использования программ ANSYS, NASTRAN. Аппаратные средства программ. Семейства ANSYS, NASTRAN – программ. Иллюстративные примеры.Препроцессорная подготовка. Твердотельное моделирование. Построение сетки. Параметризация моделей. Непосредственная генерация модели. Получение решений. Методы решения уравнений. Виды конечно-элементного анализа в пакетах ANSYS, NASTRAN. Прочностной статический анализ. Прочностной динамический анализ. Динамика переходных процессов.	14	12						

					Модальный анализ. Отклик на гармоническое воздействие. Спектральный анализ. Отклик на случайную вибрацию. Анализ устойчивости конструкции. Виды анализа по типу нелинейностей. Линейный подход. Нелинейный подход. Конструктивные нелинейности. Нелинейности поведения материала. Геометрические нелинейности. Нелинейные элементы. Кинематический анализ. Тепловой анализ. Стационарная теплопроводность. Неустойчивые процессы. Фазовые превращения. Термосточностной анализ. Гидроаэродинамический анализ. Вычислительная гидроаэродинамика. Движение среды в трубопроводах. Акустический анализ. Метод подконструкций. Метод моделей. Суперэлементный анализ. Другие возможности пакета ANSYS по решению задач физики. Анализ электромагнитных полей. Стационарные электромагнитные поля. Переменное электромагнитное поле. Анализ электрического поля. Постоянный электрический ток. Электростатическое поле. Анализ электрических цепей. Анализ пьезоэлектрических явлений. Анализ связанных физических полей. Свойства материалов. Библиотеки конечных элементов программ ANSYS, NASTRAN. Таблицы конечных элементов. Р-элементы в пакете ANSYS. Постпроцессорная обработка. Постпроцессоры общего назначения программ ANSYS, NASTRAN. Постпроцессор истории нагружения пакета ANSYS. Понятие о языке параметрического программирования APDL в пакете ANSYS. Параметры. Массив параметров. Ветвление и циклы. Функ-
--	--	--	--	--	--

	ции повторения и аббревиатуры команд. Макрокоманды. Процедуры пользователя. Оптимизация проектных разбо-ток. Программы ANSYS, NASTRAN и CAD-системы. Га-рантии качества программ ANSYS, NASTRAN.							
3	Тема 3. Программная платформа ANSYS WorkBench как средство для разработки и интеграции линейки программ-ных продуктов ANSYS, прикладных пользовательских и написанных сторонними разработчиками программ инже-нерного анализа в едином информационном пространстве проекта. Возможности по обмену данными. Требования с точки зрения работы с WEB - технологиями. Использование при расчетах решателей ANSYS. Средства и технологии препроцессинга линейки программных продуктов, принад-лежащих ANSYS (ICEM CFD, CFX, ...). Возможности ис-пользования современных вычислительных технологий при решении: стандарты программирования - Script, C++; инте-грация, управление и обмен данными между программными приложениями внутри единого информационного простран-ства текущего проекта инженерного анализа. Интеграция и ассоциативная двунаправленная связь с ведущими CAD си-стемами (Solid Edge, SolidWorks, Autodesk Inven-tor/Mechanical Desktop, Pro/ENGINEER, Unigraphics) на ос-нове их API (программного интерфейса приложения). Ис-пользование данных для расчета в формате eXtensible Markup Language (XML). Объектно-ориентированный поль-зовательский интерфейс. Поддержка написания расчетных сценариев на программном языке (VBScript, JavaScript, HTML и др.). Адаптация - написание пользовательских при-	6	8				2	Проверка ин-дивидуальных заданий

	элементов в AutoCAD Designer. Добавление новых конструкторско-технологических элементов (стандартных или описываемых типовыми профилями). Наложение на элементы геометрических связей и ввод параметрических размеров. Ориентация эскизной плоскости в пространстве, использование непосредственно грани существующей модели и специальных неформобразующих конструктивных элементов - рабочие плоскости. Примеры построения трехмерных моделей корпусной детали и теплообменника в AutoCAD Designer и передача модели в другие пакеты компьютерной механики.	8	8						Проверка индивидуальных заданий
5	Тема 5. Моделирование и исследование трехмерных твердотельных объектов в пакете SolidWorks. Введение в SolidWorks. Основные функциональные возможности SolidWorks. Принципы построения эскизов, чертежей и трехмерных геометрических моделей. Твердотельное параметрическое моделирование детали, этапы ее формообразования, создание дерева построений, Таблицы параметров. Элементы “по траектории” и “повернуть”. Элементы по сечениям. Массивы элементов. Скругления. Типовые элементы и детали механических систем. Простые формы (объекты), добавляемые к текущей модели или вычитаемые из нее. Тела вращения и выдавливания. Тела, полученные сопряжением произвольно ориентированных сечений или сдвигом. Деталь из листового металла. Рисование трёхмерных эскизов. Трёхмерное рисование с использованием плоскостей. Импортирование файлов. Анимация. AutoCAD и SolidWorks. Блоки. Решение задач МСС на базе	8	8				2		

	модулей предварительного анализа SolidWorks SimulationXpress и SolidWorks FloXpress. Использование модулей SolidWorks Simulation и SolidWorks Motion для решения задач статики, кинематики и динамики. Исследование НДС корпусной детали и теплообменника.						
В	Третий курс. Шестой семестр. Экзамен	18	44				
1	Тема 6. Назначение и основные возможности пакета прикладных программ NASTRAN. Основы практического использования пакета. Входные файлы NASTRAN. Общий обзор. Расположение управляющих записей. Форматы данных и формат полей входного файла NASTRAN. Основные правила для данных в секции BULK DATA. Генерация/копирование записей. Операторы системы NASTRAN. Секция FILE MANAGEMENT (FMS). Манипуляции с базой данных. Назначение Fortran файла. Управление файлами в NAS-TRAN. Типичные генерируемые файлы. Рестарты. Автоматические рестарты Моделирование геометрии конструкции в NASTRAN. Геометрические примитивы. Основные приемы построения геометрической модели. Понятие о восходящем и нисходящем моделировании. Примитивы и булевы операции. Понятие о копировании и аффинных преобразованиях геометрической модели. Практика конечно-элементного моделирования на примере статического анализа. Задание свойств материалов. Граничные условия и нагрузки в NASTRAN. Использование симметрии конструкции. Анализ результатов расчета. Устране-	16	4			2	

	ние ошибок модели. Библиотека элементов NASTRAN. Типы элементов. Основные допущения теории скалярных, одномерных, двухмерных и трехмерных элементов. Рекомендации по применению. Расчет собственных частот и форм колебаний конструкций в NASTRAN. Основные уравнения расчета собственных частот и форм колебаний конструкции. Матрица масс. Методы вычислений собственных форм и частот колебаний конструкции. Линейный анализ устойчивости в NASTRAN. Теория устойчивости. Решение задач на собственные значения. Последовательность решения задач устойчивости.							Проверка индивидуальных заданий
2	Тема 7. РЕШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ ANSYS, NASTRAN Расчет плоских ферм при статической нагрузке в узлах. Пакетный и интерактивный режимы. Устойчивость, Колембания. Выполнение индивидуального задания. Плоский изгиб балок. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания. Расчет плоских рам при статической нагрузке. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания. Расчет прямых стержней при кручении. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания. Расчет стержней с криволинейной осью. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания.	2	40			4		

ния.	Расчет несимметричных балок переменного сечения и балок на упругом основании. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания. Исследование напряженно-деформированного состояния плоского уголкового кронштейна при статическом нагружении. Трехмерное моделирование с применением примитивов, Булевы операции, галтели, неравномерное давление, отображение деформированного состояния и напряжений, листинг реакций опор, анализ погрешности вычисления потенциальной энергии. Модальный анализ крыла самолета. Кнопочное твердотельное моделирование, использование сплайнов для построения профиля, экструзия с нанесением сетки, решение задачи на собственные значения (модальный анализ), анимация результатов решения. Затвердевание слитка в форме уголка. Нелинейный нестационарный анализ теплопроводности. Трехмерное моделирование, проводимость, конвективный теплообмен. Фазовый переход, выделение, автоматический выбор шага по времени, нестационарное постпроцессирование. Ламинарное и турбулентное течение в двумерном расширяющемся канале. Стационарный анализ течения жидкости. Трехмерное моделирование, регулярное разбиение на элементы, создание новой кнопки на инструментальной панели, рестарт вычислений в FLOTTRAN. Модальный анализ сектора конструкции, подверженной циклической симметрии. Специальная техника решения
-------------	---

задач модального анализа для конструкций, подверженных циклической симметрии. Анализ напряженно-деформированного состояния консоли балки с особенностью с применением метода подконструкций. Использование свойства антисимметрии, построение эпюр вдоль заданной кривой. Проведение статического анализа балочно-оболочечной конструкции. Линейная задача по расчету прочности. Применение Р-метода для расчета пластинки с отверстием. Тщательное моделирование. Запрос числовых значений результатов счета, создание копии графического окна. Расчет конструкций с начальными и температурными деформациями и напряжениями. Пакетный и интерактивный режимы. Выполнение индивидуального задания. Определение реакций опор составной конструкции. Примеры построения трехмерных моделей корпусной детали и теплообменника. Исследование НДС корпусной детали и теплообменника.							
---	--	--	--	--	--	--	--

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Наседкин А.В. Конечно-элементное моделирование на основе ANSYS. Программы решения статических задач сопротивления материалов с вариантами индивидуальных заданий. Ростов-на-Дону, 1998.
2. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева Е.А. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство. Москва, 2003.
3. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров. Справочное пособие. Москва: Машиностроение, 2004.
4. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах. . Москва, 2002.
5. М.А.Журавков, С.А.Гляков, О.В.Громыко, Д.Г.Медведев. Компьютерная механика. Динамический и кинематический анализ механических систем: курс лекций. – Минск: БГУ, 2006. – 375 с.
6. Журавков М. А. Математическое моделирование деформационных процессов в твердых деформируемых средах. Мн.: БГУ, 2002. 456 с.
7. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD. Учебный курс. СПб.: Питер, 2003 г. 448 стр.
8. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC.NASTRAN for Windows. М.: ДМК, 2004. 704 с.

Дополнительная:

1. Александров А.В., Державин Б.П., Лашеников Б.Я. и др. Сборник задач по сопротивлению материалов. М., 1977.
2. Апанович В.Н. Метод внешних конечноэлементных аппроксимаций.- Минск: Высшэйшая школа, 1991.-170с.
3. Балабух Л.И., Алфутов Н.А., Усюкин В.И. Строительная механика ракет.- М.:Высшая школа, 1984.-391с.
4. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов.-М.:Стройиздат,1982.-448с.
5. Безухов Н.И. Основы теории упругости, ползучести и пластичности. М., 1968.
6. Беляев Н.М. Сборник задач по сопротивлению материалов. Под ред. В.К.Качурина. М., 1972.
7. Бенерджи П., Баттерфилд Р. Методы граничных элементов в прикладных науках. – М.: Мир, 1984. – 494 с.
8. Бертяев В.Д. Теоретическая механика на базе MathCAD. Практикум. М.: ВНУ, 2005 г. 752 с.
9. Бидерман В. Л. Теория механических колебаний. М.: Высш. школа, 1980. 480 с.
10. Бреббия К., Уокер С. Применение метода граничных элементов в технике. – М.: Мир, 1982. – 248 с.

11. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики. Ч. 1,2. М.: Наука, 1966.
12. Вильке В. Г. Теоретическая механика. М.: МГУ, 1991.
13. Галлагер Р. Метод конечных элементов.-М.:Мир, 1984.-428с.
14. Годунов С. К. Решение систем линейных уравнений. Новосибирск: Наука, 1980. 182 с.
15. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Соппротивление материалов. М., 1969.
16. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике.-М.:Мир, 1975.-541с.
17. Зенкевич О., Морган К., Конечные элементы и аппроксимация / Пер. с англ. Б.И. Квасова; Под ред. Н.С.Бахвалова.-М.: Мир, 1986-318с.
18. Каханер Дэвид и др.Численные методы и программное обеспечение.- М.:Мир, 1998.-575с.
19. Коннор Дж., Бреббиа К. Метод конечных элементов в механике жидкости.-Л.:Судостроение, 1979.-263с.
20. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD. Учебный курс. СПб.: Питер, 2003 г. 448 стр.
21. Метод суперэлементов в расчетах инженерных сооружений/ В.А.Постнов, С.А.Дмитриев, Б.К.Елтышев, А.А Родионов.-Л.:Судостроение,1979.-288с.
22. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. Л., 1962.
23. Норри Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов.- М.:Мир,1981.-304с.
24. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов .-М.: Высшая школа, 1985.-340с.
25. Партон В.З., Перлин П.И. Методы математической теории упругости. – М.: Наука, 1981ю- 688 с.
26. Пономарев С.Д., Бидерман В.Л., Лихарев К.К. и др. Расчеты на прочность в машиностроении. М., Т.1-3, 1956-1959.
27. Прикладная механика / А. Т. Скойбеда, П. А. Миклашевич, Е. Н. Левковский и др. Под общ. ред. А. Т. Скойбеда. Мн.: Выш. шк., 1977. 522 с.
28. Работнов Ю.Н. Соппротивление материалов. М., 1962.
29. Работнов, Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., испр./ Ю.Н. Работнов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 712 с
30. Расчет машиностроительных конструкций на прочность и жесткость/ Н.Н.Шапошников, Н.Д.Тарабасов, В.Б.Петров, В.И.Мяченков.-М.: Машиностроение,1981.-333с.
31. Репченков В. И., Нагорный Ю. Е. Физические основы метода конечных элементов / В. И. Репченков. – Минск: БГУ, 2009. – 91 с
32. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике: В 2-х кн. – М.: Мир, 1986.- 349 с., 320 с.
33. Рихтмайер Р., Мортон К. Разностные методы решения краевых задач. – М.: Мир, 1972. – 418 с.
34. Самарский А. А., Николаев Е. С. Методы решения сеточных уравнений. М.: Наука, 1978. 581 с.

35. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов.-М.:Мир, 1979.- 392с.
36. Суперэлементный расчет подкрепленных оболочек/ З.И.Бурман, О.М.Аксенов, В.И.Лукашенко, М.Т.Тимофеев.-М.: Машиностроение, 1982. - 256с.
37. Теоретическая механика: Курс лекций / О. Н. Вярвильская, Н. П. Каретко, Д. Г. Медведев и др.; Под общ. ред. В. П. Савчука. Мн.: БГУ, 2003. 236 с.
38. Теория механизмов и машин / К. В. Фролов, С. А. Попов, А. К. Мусатов и др. Под ред. К. В. Фролова. М.: Высш. шк., 1987. 496 с.
39. Уманский А.А., Афанасьев А.М., Вольмир А.С. и др. Сборник задач по сопротивлению материалов. М., 1973.
40. Усюкин В.И. Строительная механика конструкций космической техники.- М.: Машиностроение, 1988.-392с.
41. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М., 1979.
42. Халфман Р. Динамика. М.: Наука, 1972. 568 с.
43. Хог Э., Арора Я. Прикладное оптимальное проектирование: Механические системы и конструкции. – М.: Мир, 1983. – 478 с.
44. Холл Дж., Уатт Дж. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Мир, 1979. – 312 с.

Программное обеспечение

1. Программный комплекс для конечно-элементного анализа систем ANSYS.
2. Программный комплекс для конечно-элементного анализа систем NAS-TRAN.
3. Программный комплекс для конечно-элементного анализа систем PATRAN.
4. Программный комплекс для моделирования и анализа систем Adams.
5. Программный комплекс для моделирования и анализа систем VisualNastan.
6. Программный комплекс для моделирования и анализа систем ANSYS WorkBench.
7. Программный комплекс для моделирования и анализа систем Working Model.
8. Программный комплекс для автоматизированного проектирования Pro/Engineer и конечно-элементного анализа систем Pro/Mechanica.
9. Программный комплекс для автоматизированного проектирования и конечно-элементного анализа систем CATIA.
10. Программный комплекс COSMOS Works для анализа проектов Solid-Works, расчета термических и силовых деформаций систем, исследования динамики деталей и узлов.
11. Программный комплекс для моделирования и анализа систем Microstation.
12. Программный комплекс для моделирования и анализа систем Unigraphics.
13. Программный комплекс для моделирования и анализа систем I-DEAS.

14. Программный комплекс для решения инженерно изобретательских задач
Invention Machine Phenomenon.
15. Программный комплекс для решения инженерно изобретательских задач
TechOptimizer

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа студентов - это любая деятельность, связанная с воспитанием мышления будущего профессионала. В широком смысле под самостоятельной работой следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов как в учебной аудитории, так и вне её, в контакте с преподавателем и в его отсутствии.

Самостоятельная работа реализуется:

1. Непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических и семинарских занятиях, при выполнении лабораторных работ.
2. В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
3. В библиотеке, дома, в общежитии, на кафедре при выполнении самостоятельных работ;

При изучении дисциплины организация самостоятельной работы студентов должна представлять единство трех взаимосвязанных форм:

1. Внеаудиторная работа, которая осуществляется под непосредственным руководством преподавателя;
2. Аудиторная самостоятельная работа при выполнении студентом учебных и творческих задач.
3. Творческая, в том числе научно-исследовательская работа.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы студентов разнообразны: подготовка и написание рефератов, докладов, очерков и других письменных работ на заданные темы.

Аудиторная самостоятельная работа может реализовываться при проведении практических занятий, семинаров, выполнении лабораторного практикума и во время чтения лекций.

При чтении лекционного курса непосредственно в аудитории необходимо контролировать усвоение материала основной массой студентов путем проведения экспресс-опросов по конкретным темам.

На практических и семинарских занятиях различные виды самостоятельной работы студентов позволяют сделать процесс обучения более интересным и поднять активность значительной части студентов в группе.

На практических занятиях нужно не менее 1 часа из двух (50% времени) отводить на самостоятельное решение задач. Практические занятия целесообразно строить следующим образом: 1. Вводное слово преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены). 2. Беглый опрос. 3. Решение 1-2 типовых задач. 4. Самостоятельное решение задач. 5. Разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

Результативность самостоятельной работы студентов во многом опре-

деляется наличием активных методов ее контроля. Существуют следующие виды контроля:

- входной контроль знаний и умений студентов при начале изучения очередной дисциплины;
- текущий контроль, то есть регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, практических и лабораторных занятиях;
- промежуточный контроль по окончании изучения раздела или модуля курса;
- самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины при подготовке к контрольным мероприятиям;
- итоговый контроль по дисциплине в виде зачета или экзамена;
- контроль остаточных знаний и умений спустя определенное время после завершения изучения дисциплины.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Для диагностики используются проверка индивидуальных заданий.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
Механика сплошной среды	Кафедра теоретической и прикладной механики	нет	Изменений в содержании учебной программы не требуется. Протокол № 10 от 21.05.2015 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

на _____ / _____ учебный год

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № _____ от _____ 20_ г.)

Заведующий кафедрой

д-р физ.-мат. наук,

профессор

(степень, звание)

_____ (подпись)

_____ М.А.Журавков _____

(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

к-т физ.-мат. наук,

доцент

(степень, звание)

_____ (подпись)

_____ Д.Г.Медведев _____

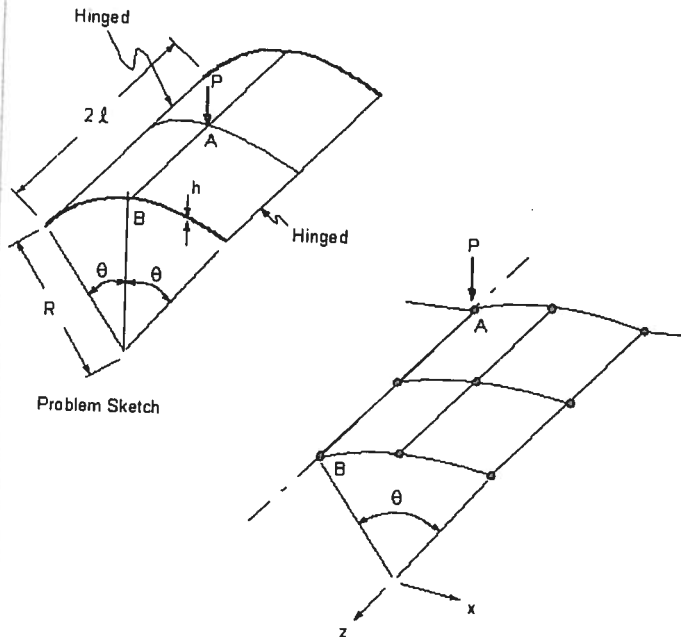
(И.О.Фамилия)

ПРИМЕР ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

A hinged cylindrical shell is subjected to a vertical point load (P) at its center. Find the vertical displacement (U) at points A and B for the load of 1000 N.

Figure 17.1 Hinged Shell Problem Sketch



Representative Finite Element Model

Material Properties
 $E = 3.102 \times 10^5 \text{ kN/mm}^2$
 $\nu = 0.3$

Geometric Properties
 $R = 2540 \text{ m}$
 $l = 254 \text{ m}$
 $h = 6.35 \text{ m}$
 $\theta = 0.1 \text{ rad}$

Loading
 $P = 1000 \text{ N}$

СОЗДАНИЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ

Открываем меню препроцессора /PREP7

Вводим название нашей работы:

Utility Menu > File > Change Title ...

Определяем тип анализа:

Solution > Analysis Type > New Analysis > Static

Определяем тип элемента:

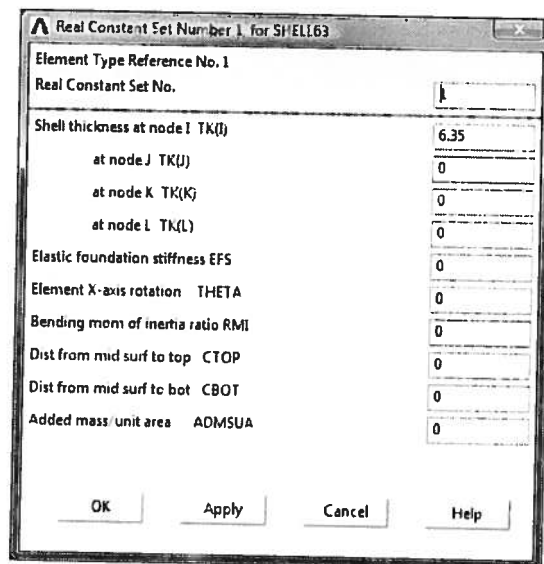
Preprocessor > Element Type > Add/Edit/Delete...

Выбираем элемент SHELL63.

Определяем толщину стенок:

Preprocessor > Real Constant > Add/Edit/Delete

Выбираем Shell63 и вводим 6.35:



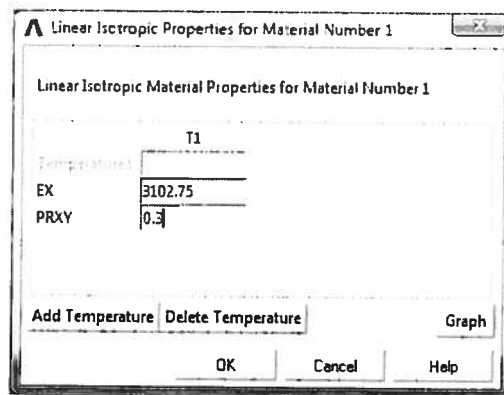
Задаем характеристики элемента:

Preprocessor > Material Props > Material Models > Structural > Linear > Elastic > Isotropic

Вводим:

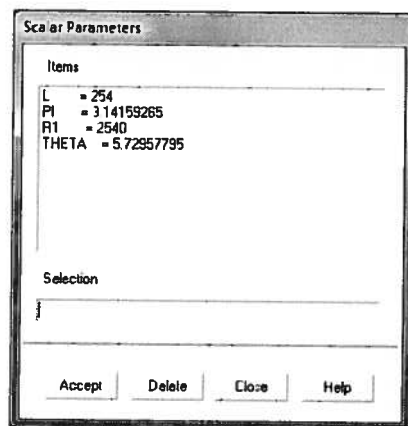
EX: 3102.75

NUXY: 0.3



Задаем константы:

Utility Menu>Parameters>Scalar Parameters...



Изменяем текущую систему координат на цилиндрическую:

WorkPlane > Change Active CS > Global Cylindrical

Создаём узлы и точки, задавая координаты $N1(R1, 90, 0)$, $N2(R1, 90, L)$, $K1(R1, 90, 0)$, $K2(R1, 90-THETA, 0)$, $K3(R1, 90, L)$, $K4(R1, 90-THETA, L)$, где $R1 = 2540$, $L = 254$, $PI = 4 * ATAN(1)$, $THETA = 0.1 * 180 / PI$:

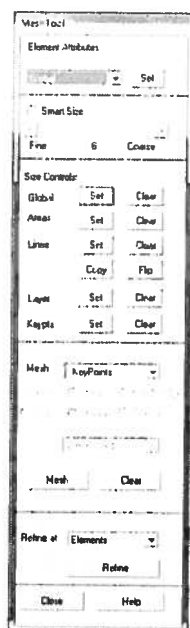
Preprocessor>Modeling>Create>Nodes>In Active CS

Preprocessor > Modeling > Create > Keypoints > In Active CS

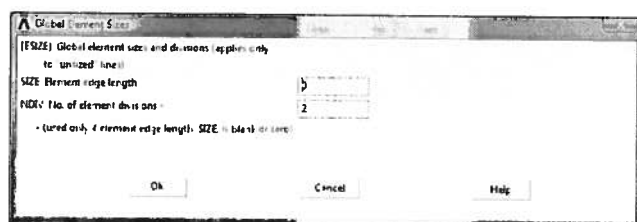
Определяем размер разбиения:

Preprocessor > Meshing > MeshTool

Выбираем Set в окне Size Controls в подпункте Global:



Ставим размер разбиения 2 в Ndiv:



Создаём площадь путем выбора точек 1,3,4,2:

Preprocessor > Modeling > Create > Area > Arbitrary > Through Kp's

РЕЦЕНЗИЯ

на учебную программу дисциплины
«Компьютерная механика»
специальности 1-31 03 02 «Механика»
(автор Громыко О.В.)

Рецензируемая программа соответствует первой ступени обучения в системе многоуровневого образования по механике. Ее общенаучная направленность состоит в том, что студенты знакомятся с современными компьютерными методами и приемами решения задач механики. Задачей курса является подготовка высококвалифицированных специалистов, способных ставить и решать проблемы из различных областей прочности, жесткости, устойчивости и колебаний элементов конструкций. При изучении дисциплины «Компьютерная механика» учебный процесс в соответствии с программой должен быть организован таким образом, чтобы давать возможности будущему специалисту приобрести основные профессиональные качества: сформировать установку на творческую профессиональную деятельность; развить профессиональное мышление, которое обеспечило бы будущему специалисту возможность свободно оперировать профессиональными знаниями, видеть проблемы и пути их решения в самостоятельной практической деятельности, выбирать оптимальные пути их решения и методы их осуществления; воспитывать в себе активную профессиональную позицию, умение вырабатывать и обосновывать свой подход в решении задач.

Как прикладная дисциплина «Компьютерная механика» является приложением таких дисциплин как теоретическая механика, сопротивление материалов, основы строительной механики, механика сплошной среды, кинематика и динамика механических систем, устойчивость и колебания, численные методы в механике деформируемого твердого тела. Она также служит средством воспитания у будущих специалистов необходимых творческих навыков к построению математических и компьютерных моделей процессов, происходящих в природе и технике, к выработке способностей к научным обобщениям и выводам.

Рецензируемая типовая программа дисциплины «Компьютерная механика» соответствует всем требованиям, которые предъявляются к типовым учебным программам. В этой программе рассматривается структура и содержание подготовки будущих специалистов в области механики. Программа составлена в строгом соответствии со всеми изучаемыми разделами механики сплошной среды и, в частности, базовых ее разделов – теоретической механики и сопротивления материалов. Она в полной мере соответствует образовательному стандарту по механике.

Представленная на рецензию типовая программа состоит из следующих главных разделов: пояснительной записки, тематического плана, общего содержания учебной дисциплины и списков основных и дополнительных учебников и учебных пособий, рекомендуемых при изучении дисциплины.

Пояснительная записка включает характеристику как самой учебной дисциплины в целом, так и обоснование необходимости каждого из разделов и тем программы для обеспечения качественной и современной подготовки будущих специалистов-механиков. В представленной типовой программе обоснована необходимость курса для изучения других специальных разделов механики, в частности, теории упругости и пластичности, механики деформируемого твердого тела, теории пластин и оболочек и т.д.

Учебный материал в программе структурирован по разделам и темам. Программа состоит из пяти основных разделов, изучаемых в шестом семестре:

- Обзор аналитических и численных методов решения задач механики систем, современных прикладных систем автоматизированного инженерного анализа (CAE) для персональных ЭВМ.
- Основы метода конечных элементов и особенности программной реализации МКЭ для персональных ЭВМ.
- Решение практических задач конечно-элементного анализа с использованием компьютерных систем ANSYS, NASTRAN.
- Пакеты кинематического и динамического анализа механизмов Adams, VisualNastran.
- Системы генерации инженерно-изобретательских решений Invention Machine Phenomenon, TechOptimizer.

Требования к уровню усвоения содержания учебной дисциплины соответствуют образовательным стандартам высшего образования по механике первой степени по циклу общепрофессиональных и специальных дисциплин, в которых указаны общенаучные умения, система предметных знаний и комплекс предметных умений. Представленная программа обеспечивает требуемую фундаментальность в подготовке специалиста-механика, согласуется с программами по другим дисциплинам цикла механики и математическим предметам и является хорошим фундаментом для получения глубоких знаний студентами.

Программа полностью соответствует образовательному стандарту для специальности 1-31 03 02 «Механика» и может быть рекомендована для утверждения.

Рецензент

*Директор Республиканского компьютерного
Центра машиностроительного профиля
ГНУ ОИМ НАН РБ*

Кандидат технических наук, доцент



РЕЦЕНЗИЯ
на учебную программу дисциплины
«Компьютерная механика»
специальности 1-31 03 02 «Механика»,
автор: Громыко О.В.

Целью курса «Компьютерная механика» является повышение уровня профессиональной компетентности в решении проблем механики в различных сферах инженерной, научно-исследовательской и иной трудовой деятельности. Дисциплина «Компьютерная механика» посвящена обучению студентов компьютерному моделированию инженерных конструкций и физических процессов, решению соответствующих задач на основе современных прикладных систем (пакетов) автоматизированного инженерного анализа (CAE). Ее изучение предусматривает также ознакомление с аналитическими и численными методами решения задач механики технических систем, положенными в основу прикладных систем автоматизированного инженерного анализа, обучение методам анализа механики технических систем.

Полученные студентами при изучении дисциплины «Компьютерная механика» знания могут быть использованы при выполнении курсовых работ и проектов, дипломном проектировании и в творческой деятельности, при решении практических задач механики для нужд машиностроения, приборостроения и других отраслей науки и техники.

Представленная типовая программа дисциплины «Компьютерная механика» отвечает всем требованиям, предъявляемым к типовым учебным программам, в полной мере. В ней определена структура и содержание подготовки будущих специалистов по компьютерному моделированию инженерных конструкций и физических процессов в соответствии с теми разделами механики сплошной среды (в частности, теоретической и прикладной механики, механики деформируемого твердого тела и сопротивления материалов, теории пластин и оболочек, теории пластичности и ползучести, механики разрушения и т.д.), которые в нее включены согласно образовательного стандарта.

Рецензируемая программа состоит из пояснительной записки, тематического плана, содержания учебной дисциплины и списка основной и дополнительной литературы.

Пояснительная записка содержит характеристику учебной дисциплины и обоснование необходимости каждого из разделов программы для современной, качественной и высокопрофессиональной подготовки будущих специалистов. В ней раскрывается необходимость курса для изучения других специальных разделов механики.

Учебный материал в программе представлен по разделам и темам.

Программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования специальности 1-31 03 02

- механика и рассчитана на изучение дисциплины в шестом семестре. Курс имеет общенаучную и профессиональную направленность.

В результате изучения дисциплины студенты должны уметь составлять расчетные модели деталей, элементов и узлов машин и механизмов; разрабатывать компьютерные модели деталей, узлов и физических процессов; использовать пакеты прикладных систем автоматизированного инженерного анализа ANSYS, MSC/NASTRAN, Adams, VisualNastran для решения задач теории упругости, пластичности, кинематики, динамики и прочности технических систем и анализа физических процессов, происходящих в них; выполнять расчеты и анализ напряженно-деформированного состояния, теплопрочностной, гидро- и аэродинамический, вибрационный анализ и др. при различных видах нагрузок, моделировать механизмы и исследовать их кинематику и динамику.

Предлагаемая программа обеспечивает требуемую фундаментальность в механической подготовке специалиста-механика, согласуется с программами по другим математическим предметам и дисциплинам цикла механики и является хорошим фундаментом для получения глубоких знаний будущими специалистами.

Программа в полной мере соответствует образовательному стандарту для специальности «Механика» и рекомендуется к утверждению.

Рецензент

Зав. кафедрой информатизации профессионального
образования Республиканского Института
Профессионального Образования,
кандидат физико-математических наук, доцент



Н.А.Докукова

