

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Механико-технологический факультет

“УТВЕРЖДАЮ”

Декан МТФ

профессор, к.т.н. Буров
Владимир Григорьевич

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Системы компьютерной поддержки инженерных решений

ООП: специальность 260601.65 Машины и аппараты пищевых производств

Шифр по учебному плану: ДС.Р.4

Факультет: механико-технологический очная форма обучения

Курс: 5, семестр: 9

Лекции: 16

Практические работы: 16 Лабораторные работы: 34

Курсовой проект: - Курсовая работа: - РГЗ: 9

Самостоятельная работа: 94

Экзамен: - Зачет: 9

Всего: 160

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 655800 Пищевая инженерия.(№ 184 тех/дс от 23.03.2000)

ДС.Р.4, дисциплины национально- регионального (вузовского) компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Проектирование технологических машин протокол № № 4 от 17.05.2011

Программу разработал

доцент, к.т.н.

Скиба Вадим Юрьевич

Заведующий кафедрой

доцент, к.т.н.

Иванцовский Владимир Владимирович

Ответственный за основную образовательную программу

доцент, к.т.н.

Иванцовский Владимир Владимирович

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Шифр дисциплины	Содержание учебной дисциплины	Часы
ДС.Р.4	Концептуальная записка по направлению 260600 (655800) - "Пищевая инженерия", специальности 260601 - "Машины и аппараты пищевых производств", дисциплина "Системы компьютерной поддержки инженерных решений". - Общие сведения о системах компьютерного инженерного анализа; - Метод конечных элементов; - Графические интерфейсы комплексов ANSYS, SYSWELD, COSMOS и APM WinMachine; - Практика компьютерного анализа в среде ANSYS; - Компьютерный анализ в комплексах COSMOS и APM WinMachine; - Компьютерное моделирование технологических процессов.	160

2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	Решение Ученого совета механико-технологического факультета протокол № 4 от 04.04.2007 г.
Адресат курса	Студенты 5 курса, обучающиеся по специальности 260601 - "Машины и аппараты пищевых производств" (инженер)
Основная цель (цели) дисциплины	Цель дисциплины - дать будущим специалистам основы знаний о системах, позволяющих осуществить инженерные расчеты, анализ, моделирование и оптимизацию проектных решений. Изучение существующих систем компьютерного моделирования с целью использования в дальнейшей работе. Использование современных отечественных и зарубежных CAE-продуктов при автоматизированном проектировании изделий пищевой промышленности.
Ядро дисциплины	CAD-системы (<i>computer-aided design</i> компьютерная поддержка проектирования) предназначены для решения конструкторских задач и оформления конструкторской документации. CAM-системы (<i>computer-aided manufacturing</i> компьютерная поддержка изготовления) предназначены для проектирования обработки изделий на станках с ЧПУ и выдачи программ для этих станков (фрезерных, сверлильных, эрозионных, пробивных, токарных, шлифовальных и др.). CAE-системы инженерного анализа (<i>computer-aided engineering</i> поддержка инженерных расчетов) представляют собой обширный класс систем, каждая из которых позволяет

	решать определенную расчетную задачу (группу задач), начиная от расчетов на прочность, анализа и моделирования тепловых процессов до расчетов гидравлических систем и машин, расчетов процессов литья. В CAE-системах также используется трехмерная модель изделия, созданная в CAD-системе.
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	Курс "Системы автоматического проектирования технологических процессов" базируется на предшествующих изучаемых курсах: "Математика", "Основы технологии машиностроения", "Резание материалов и режущий инструмент", "Начертательная геометрия. Инженерная графика", "Информатика", "Математические методы оптимизации инженерных решений", "Математическое моделирование технологических процессов", "Сопротивление материалов", "Теория механизмов и машин", "Детали машин", "Материаловедение".
Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	Для успешного изучения дисциплины студенту необходимы знания, получаемые из курсов "Математика", "Основы технологии машиностроения", "Резание материалов и режущий инструмент", "Начертательная геометрия. Инженерная графика", "Информатика", "Математические методы оптимизации инженерных решений", "Математическое моделирование технологических процессов", "Сопротивление материалов", "Теория механизмов и машин", "Детали машин", "Материаловедение".
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	Теоретический курс, расчетно-графическая работа, лабораторные и практические занятия тесно взаимосвязаны и построены с учетом следующих основных принципов: - соответствие целей и содержания дисциплины требованиям Государственного образовательного стандарта; - использование проблемного метода обучения в заданиях; - обеспечение высокой степени самостоятельности студента при изучении модулей курса. После освоения теоретического и практического материалов курса студенты сдают зачет.

3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
1	о структуре САЕ- систем
2	о проблемах и тенденциях развития современных САЕ систем
3	о назначении и особенностях основных САЕ систем
знать	
4	задачи и методы проектирования
5	методы оптимизации технических объектов в системах автоматизированного проектирования
6	функции и структуры систем генерации конечно-элементной модели проектируемого изделия
уметь	
7	сформулировать задачу и определить направление поиска решения
8	моделировать сложные объекты в поверхностном и твердотельном виде, создавать конечно-элементную модель проектируемого изделия
9	осуществить методами САЕ системы проектировочные, проверочные расчеты изделий пищевой промышленности
иметь опыт (владеть)	
10	работы в САЕ системах

4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 9		
Модуль: Системы компьютерного инженерного анализа		
Дидактическая единица: Общие сведения о системах компьютерного инженерного анализа		
Назначение САЕ систем. История развития мирового рынка САЕ-систем. Общая классификация САЕ-систем. Общее состояние мирового рынка САЕ-систем.	2	1, 2, 3
Дидактическая единица: Метод конечных элементов		
Основные понятия МКЭ. Интерполяция искомой функции с помощью функции формы. Уравнение жесткости конечного элемента. Разрешающие уравнения МКЭ. Граничные и начальные условия. Решение уравнений МКЭ. Анализ результатов решения. Применение МКЭ для расчета плосконапряженного состояния пластины. Применение МКЭ для решения задачи теплопроводности. Реализация МКЭ в пакетах ANSYS и SYSWELD.	4	5, 6, 8
Модуль: Основные приемы работы в программных комплексах ANSYS, SYSWELD, COSMOS и APM WinMachine.		

Дидактическая единица: Графические интерфейсы комплексов ANSYS, SYSWELD, COSMOS и APM WinMachine.		
Создание проектов в ANSYS, SYSWELD, COSMOS и APM WinMachine. Разработка модели (препроцессинг). Настройка решателя и решение. Обработка результатов (постпроцессинг).	2	10, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Практика компьютерного анализа в среде ANSYS		
Статистический анализ напряженного состояния. Оптимизация конструкций. Тепловые напряжения в сборке. Работа с проектом в Workbench. Управление материалами и их свойствами. Генерация конечно-элементной сетки. Нагрузки и граничные условия. Настройка решателя.	3	10, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Компьютерный анализ в комплексах COSMOS и APM WinMachine		
Статистический анализ напряженного состояния. Оптимизация конструкций. Тепловые напряжения в сборке. Работа с проектом в COSMOS и APM WinMachine. Управление материалами и их свойствами. Нагрузки и граничные условия. Настройка решателя.	2	10, 4, 5, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Компьютерное моделирование технологических процессов		
Моделирование температурных полей, структурно-фазовых превращений и напряженно-деформированного состояния в сталях при нагреве с использованием концентрированных источников энергии. Стратегия создания 3D модели объектов расчета средствами Sysweld. Меширование 3D модели и создание регулярной конечно-элементной сетки. Подготовка компонентов КЭМ. Использование мастера сварки (Welding Wizard). Виды источников энергии и функциональные зависимости, описывающие интенсивность распределения тепла. Использование модуля Heat Input Fitting мастера сварки Welding Advisor. Создание и расчет стандартного сварного соединения с использованием модуля Welding wizard.	3	10, 4, 5, 6, 7, 9

Практические занятия

Таблица 4.2

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 9			
Модуль: Основные приемы работы в программных комплексах ANSYS, SYSWELD, COSMOS и APM WinMachine.			
Дидактическая единица: Практика компьютерного анализа в среде ANSYS			
ANSYS - конструкционный анализ. Влияние различных факторов на точность конечно-элементных расчетов. Препроцессинг и генерация конечно-	Цель работы Для выполнения работы используется программа ANSYS. Следует освоить создание параметрической модели конструкции, в препроцессоре	4	1, 5, 6, 7, 8, 9

элементной сетки. ANSYS Workbench - статический конструкционный анализ.	задать свойства материалов, сгенерировать сетку; в процессоре задать нагрузки и произвести вычисления; в постпроцессоре просмотреть и проанализировать результаты расчетов. Изучаемые функции: • параметрическое описание геометрической модели; • задание нового параметра формулой, связывающей ранее заданные параметры; • построение геометрической модели средствами препроцессора от точек к объему; • вытягивание плоской сетки в сечении вдоль заданной линии для получения объемной сетки; • выбор узлов, связанных с выбранной поверхностью, по допуску, заданному параметрически; • пошаговое нагружение с отдельной записью расчетных результатов по шагам; • просмотр в главном постпроцессоре распределения напряжений по сечению; • управление графическим представлением расчетных результатов в постпроцессоре; • вращение, перемещение		
Дидактическая единица: Компьютерный анализ в комплексах COSMOS и APM WinMachine			
Конструкционный анализ. Влияние различных факторов на точность конечно-элементных расчетов. Препроцессинг и генерация конечно-элементной сетки. Статический конструкционный анализ.	Построить горизонтальную пластину с произвольными размерами средствами препроцессора. Задать жесткую заделку на одном конце, на другом – вертикальную изгибающую нагрузку 200 Н. Сгенерировать конечно-элементную сетку на базе твердотельного трехмерного элемента Solid45 вручную с разметкой по ребрам 20x10x1 элементов соответственно. Материал пластины – сталь, модуль Юнга 210 ГПа; коэффициент Пуассона 0.3 Вычислить НДС. Исследовать влияние различных	4	1, 5, 6, 7, 8, 9

	факторов на получаемый расчетный результат. Рассмотреть факторы: 1. величина нагрузки, 2. толщина пластины, 3. порядок конечного элемента, 4. количество слоев элементов по толщине, 5. тип конечного элемента, 6. плотность сетки, 7. способ закрепления, 8. свойства материала. Сравнить результаты. Ответить на контрольные вопросы.		
Дидактическая единица: Компьютерное моделирование технологических процессов			
Виды источников энергии и функциональные зависимости, описывающие интенсивность распределения тепла: 1. Основные разновидности объемных и поверхностных источников энергии; 2. Параметры, описывающие распределение тепла в материале при действии различных источников энергии.	Использование модуля Heat Input Fitting мастера сварки Welding Advisor: 1. Предварительное описание рассчитываемого сварного соединения; 2. Загрузка файла базы материалов в систему; 3. Выбор и описание геометрических параметров источника нагрева. Тарировка источника энергии. 4. Создание функции источника нагрева. Создание и расчет стандартного сварного соединения с использованием модуля Welding wizard: 1. Активация модуля мастера сварки Welding wizard; 2. Загрузка конечно-элементной модели, функции источника и материала компонентов; 3. Загрузка условий теплообмена между контактными поверхностями модели (Heat Exchange/ Imposed Temperature); 4. Обозначение вида закрепления модели (Clamping Conditions); 5. Указание рациональных условий итерационного расчета.	8	5, 6, 7, 8, 9

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 9			
Модуль: Системы компьютерного инженерного анализа			
Дидактическая единица: Метод конечных элементов			
Применение МКЭ для расчета фермы. Применение МКЭ для расчета плоского напряженного состояния пластины. Применение МКЭ для решения задачи теплопроводности.	Студенты знакомятся с основами метода конечных элементов, рассматривают вопросы плоского и трехмерного моделирования, генерации конечно-элементных сеток, задания свойств материалов, начальных и граничных условий, настроек решателя.	4	4, 6, 7, 8, 9
Модуль: Основные приемы работы в программных комплексах ANSYS, SYSWELD, COSMOS и APM WinMachine.			
Дидактическая единица: Практика компьютерного анализа в среде ANSYS			
Конструкционный анализ	Основная цель работы – дать общее представление о возможностях компьютерных систем инженерного анализа конструкций в области прочностных расчетов. Для выполнения работы используется программа ANSYS, SYSWELD, Cosmos и WinMachine. Следует освоить создание параметрической модели конструкции, в препроцессоре задать свойства материалов, сгенерировать сетку; в процессоре задать нагрузки и произвести вычисления; в постпроцессоре просмотреть и проанализировать результаты расчетов. Изучаемые функции: • параметрическое описание геометрической модели; • задание нового параметра формулой, связывающей ранее заданные параметры; • построение геометрической модели средствами	4	1, 10, 6, 8, 9

	препроцессора от точек к объему; • вытягивание плоской сетки в сечении вдоль заданной линии для получения объемной сетки; • выбор узлов, связанных с выбранной поверхностью, по допуску, заданному параметрически; • пошаговое нагружение с отдельной записью расчетных результатов по шагам; • просмотр в г		
ANSYS Workbench - тепловой анализ	Средствами ANSYS Workbench осуществить построение 3D модели исследуемого объекта, осуществить генерацию конечно-элементной сетки, к соответствующим поверхностям приложить тепловую нагрузку и выполнить расчет термического цикла.	4	10, 5, 7, 8, 9
ANSYS Workbench - модальный анализ	Средствами ANSYS Workbench осуществить построение 3D модели исследуемого объекта, осуществить генерацию конечно-элементной сетки и выполнить расчет собственных частот изделия.	4	10, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Компьютерный анализ в комплексах COSMOS и APM WinMachine			
Конструкционный, тепловой и модальный анализ	Целью работы является разработка средствами COSMOS и WinMachine конечно-элементной модели, осуществить приложение к исследуемому объекту стационарной или изменяющейся нагрузкой (сила, давление, температура). Выполнить расчет, оформить отчет.	4	5, 6, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Компьютерное моделирование технологических процессов			
Моделирование процессов сварки, объемной закалки и поверхностного упрочнения концентрированными источниками энергии.	Использование модуля Heat Input Fitting мастера сварки Welding Advisor: 1. Предварительное описание рассчитываемого сварного соединения; 2. Загрузка файла базы материалов в систему; 3. Выбор и описание	14	4, 5, 6, 7, 8, 9

	геометрических параметров источника нагрева. Тарировка источника энергии. 4. Создание функции источника нагрева. Создание и расчет стандартного сварного соединения с использованием модуля Welding wizard: 1. Активация модуля мастера сварки Welding wizard; 2. Загрузка конечно-элементной модели, функции источника и материала компонентов; 3. Загрузка условий теплообмена между контактными поверхностями модели (Heat Exchange/ Imposed Temperature); 4. Обозначение вида закрепления модели (Clamping Conditions); 5. Указание рациональных условий итерационного расчета.		
--	--	--	--

5. Самостоятельная работа студентов

Семестр- 9, Подготовка к зачету

Систематическое изучение дисциплины в течение семестра, закрепление и углубление полученных знаний и навыков, подготовка к предстоящим занятиям, самостоятельность в поиске и приобретении новых знаний и умений. На подготовку к зачету отводится 18 часов.

Семестр- 9, РГЗ

Согласно учебному плану по данной дисциплине предусмотрено выполнение расчетно-графической работы.

Тематика расчетно-графической работы.

По заданному чертежу выполнить построение 3D модели конструктивного узла технологической машины. В средах ANSYS, COSMOS, WinMachine осуществить конструкционный, тепловой и модальный расчет.

По рабочему чертежу сварного изделия осуществить моделирование технологического процесса с целью определения рациональных режимов сварки.

В связи с тем, что РГР выполняется с использованием лицензионных программных продуктов студентам предоставляется возможность индивидуальной работы в компьютерном зале кафедры в пределах часов выделенных на самостоятельную работу по этой дисциплине.

На подготовку к РГЗ отводится 40 часов.

Пример выполненной работы:

Для моделирования напряженно-деформированного состояния материала при сварке в среде ANSYS была подготовлена расчетная модель. Базовые геометрические объекты создавали при помощи геометрических примитивов и булевых операций. Общий вид геометрической модели приведен на рис. 5.1, конечно-элементная модель представлена на рис. 5.2.

При моделировании тепловых полей и структурно-фазовых превращений учитывали соответствующие физико-механические свойства обрабатываемого материала и электрода. В

соответствии с условиями закрепления образца в приспособлении описывали ограничения степени свободы пластин.

Основными технологическими параметрами сварки, которые определяют особенности образования структуры и уровень остаточных сварочных напряжений, являются скорость сварочного источника V , сила тока I и напряжение U . Предварительные расчеты показали, что при $I < 160$ А, $U < 15$ В, $V > 22$ мм/с, пластины не проплавляются. При $I > 200$ А, $U > 25$ В, $V < 10$ мм/с имеет место прожог сварного шва. С учетом отмеченного, моделирование напряженного состояния сварных соединений исследуемых сталей проводили в указанном диапазоне параметров.



Рисунок 5.1. – Общий вид геометрической модели.

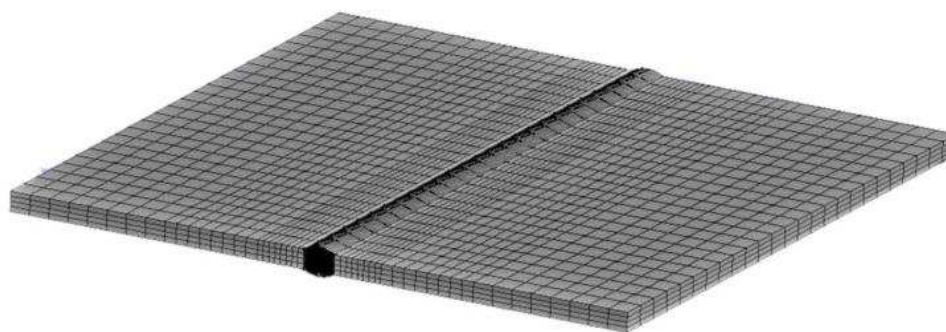


Рисунок 5.2. – Общий вид геометрической модели.

На основании проведенных расчетов в программе *TableCurve 3D* были построены поверхности отклика (рис. 5.3) для исследуемых сталей, отражающие зависимости максимальных результирующих напряжений растяжения от технологических параметров сварки. Зависимости описываются функцией одинакового вида, но с разными коэффициентами:

$$\sigma_{\max}[q(U, I), V] = a - b \cdot V + c \cdot q(U, I) + d \cdot V^2 + e \cdot q(U, I)^2 - f \cdot V \cdot q(U, I) - g \cdot V^3 + h \cdot q(U, I)^3 - i \cdot V \cdot q(U, I)^2 + j \cdot V^2 \cdot q(U, I)$$

для стали 20: $a = 480.856$, $b = 51.712$, $c = 38.333$, $d = 2.472$, $e = 5.589$, $f = 3.772$, $g = 0.042$, $h = 0.306$, $i = 0.249$, $j = 0.114$;

для стали 09Г2С: $a = 1021.641$; $b = 128.374$; $c = 63.983$; $d = 7.033$; $e = 5.374$; $f = 7.823$; $g = 0.135$; $h = 1.217$; $i = 0.637$; $j = 0.289$;

для стали 303ГСА: $a = 17.54$; $b = 195.978$; $c = 97.728$; $d = 10.345$; $e = 7.012$; $f = 12.256$; $g = 0.204$; $h = 4.776$; $i = 2.035$; $j = 0.623$.

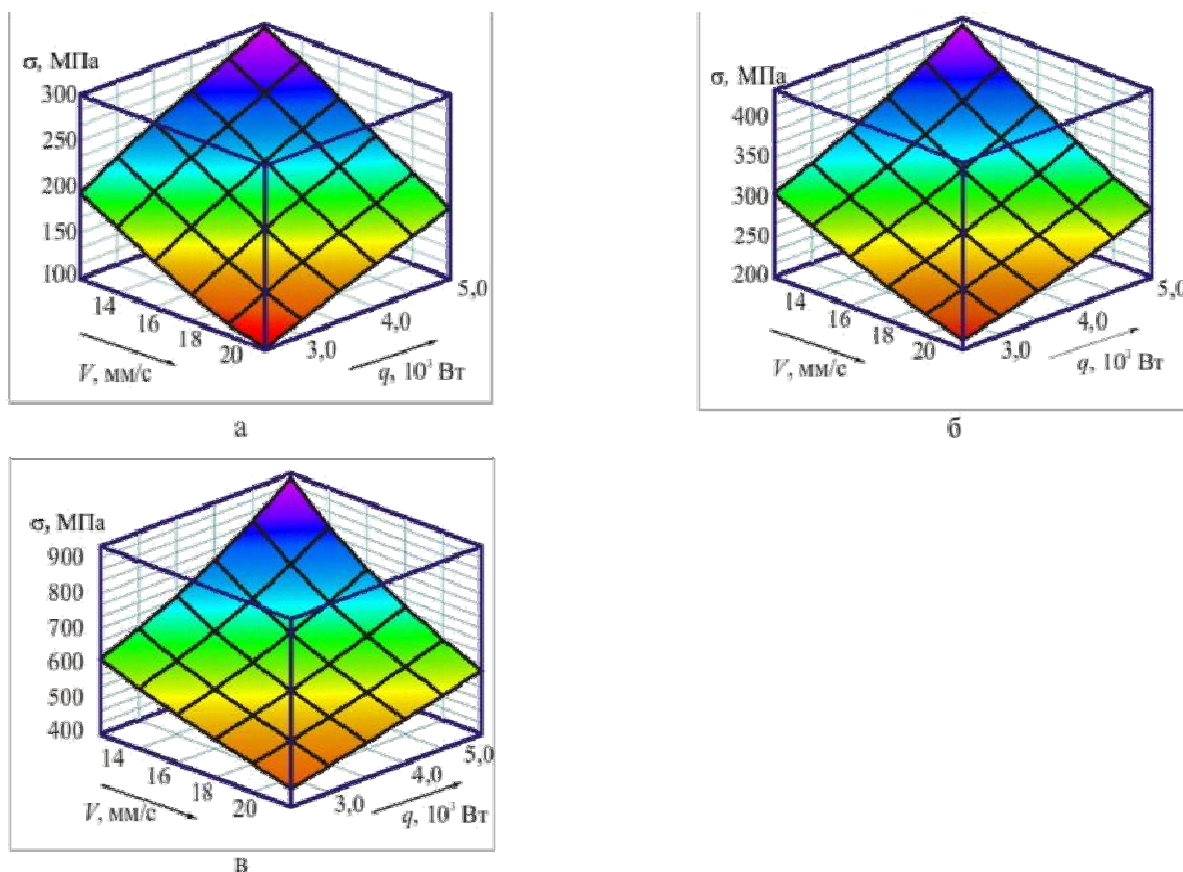


Рисунок 5.3. - Поверхности отклика зависимости остаточных напряжений от технологических параметров сварки: а – сталь 20; б – сталь 09Г2С; в – сталь 30ХГСА.

результаты математического моделирования тепловых полей представлены на примере сварки пластин из стали 30ХГСА (режимы сварки: $V = 20$ мм/с, $I = 180$ А, $U = 20$ В). На рис. 5.4 показано распределение температурных полей в сварном соединении в зависимости от расположения источника нагрева. Полученные данные позволяют оценить уровень максимальных температур, возникающих в процессе сварки на различных участках сварного соединения. К моменту окончания сварки большая часть сварного шва и зон термического влияния не успевает охладиться до температур фазового превращения (рис. 3.6, б). Это обеспечивается за счет подогрева остывающего металла только что нагретым.

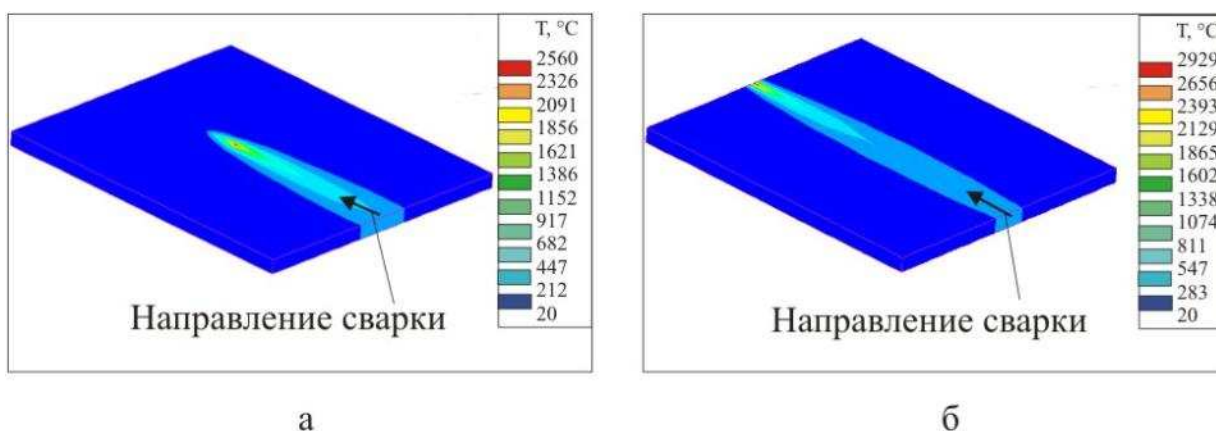


Рисунок 5.4. – Распределение температуры в зонах сварного соединения из стали 30ХГСА в различные моменты сварки: а – начало сварки (4 с); б – (7 с); режим сварки: $V=20$ мм/с; $I = 180$ А; $U = 20$ В.

Распределение температурных полей при охлаждении образца после сварки в различные моменты времени представлено на рис. 5.5. Через 4 с максимальная температура

на поверхности сварного соединения не превышает 485 °С (рис. 3.6, а), а через 43 с – 130 °С (рис. 5.5, б). Таким образом, можно заключить, что скорости охлаждения сварного шва и зон термического влияния превышают критические значения.

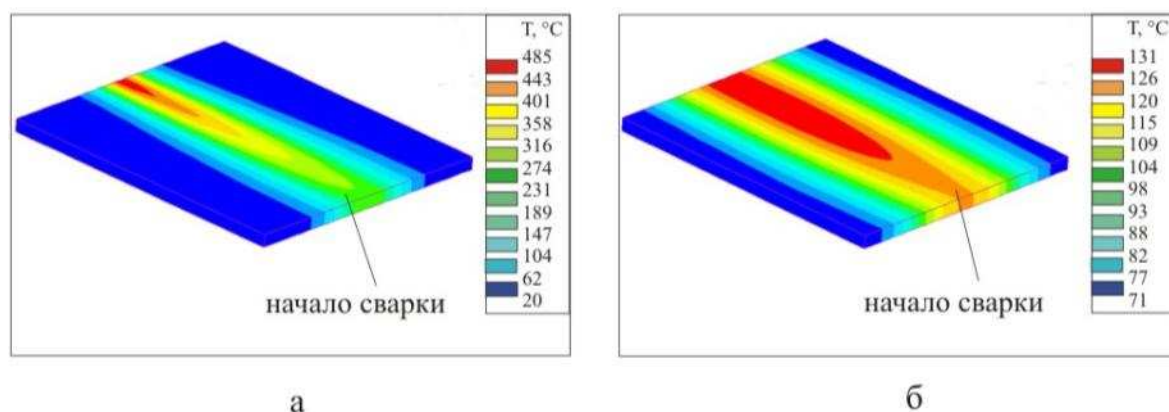


Рисунок 5.5. – Распределение температуры в зонах сварного соединения из стали 30ХГСА в процессе охлаждения: а – 4 с; б – 43 с; режим сварки: $V=20$ мм/с; $I=180$ А; $U=20$ В.

Семестр- 9, Подготовка к занятиям

Подготовка к занятиям включает в себя:

- работу с конспектом лекции, т.е. дополнение конспекта учебным материалом (учебника, учебного пособия, первоисточника, дополнительной литературы, нормативных документов и материалом электронного ресурса и сети Интернет);
- чтение текста (учебника, учебного пособия, первоисточника, дополнительной литературы);
- конспектирование текста (работа со справочниками, нормативными документами);
- составление плана и тезисов ответа;
- аналитическая обработка текста (аннотирование, редактирование, конспект-анализ);
- подготовка сообщений на семинаре;
- подготовка рефератов на заданную тему;
- ответы на контрольные вопросы;
- решение задач и упражнений по образцу;
- решение вариативных задач и упражнений;
- выполнение чертежей и схем;
- разработка алгоритмов и программ.

На подготовку к практическим и лабораторным занятиям отводится 36 часов.

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

1. Оценка знаний студентов по дисциплине производится на основе модульно-рейтинговой системы с максимальным итоговым рейтингом, равным 100 баллам.

Рейтинг студента по дисциплине является основой для выставления итоговой оценки по дисциплине в "буквенной" форме в соответствии с 15-уровневой шкалой оценок European Credit Transfer System - ECTS (таблица 6.1), а также в традиционной форме (четырёхуровневая шкала либо "зачтено"). Итоговая оценка в двух формах проставляется в ведомость и зачетную книжку студента.

Таблица 6.1

Характеристика работы студента	Диапазон баллов рейтинга	Оценка ECTS	Традиционная (4-уровневая) шкала оценки	
1	2	3	4	
"Отлично" – работа высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с основным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	98 – 100	A+	отлично	зачтено
	94 – 97	A		
	90 – 93	A-		
"Очень хорошо" – работа хорошая, уровень выполнения отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с основным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	87 – 89	B+	хорошо	
	84 – 86	B		
	80 – 83	B-		
"Хорошо" – уровень выполнения работы отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с основным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки	77 – 79	C+	хорошо	
	74 – 76	C		
	70 – 73	C-	удовлетворительно	
"Удовлетворительно" – уровень выполнения работы отвечает большинству	67 – 69	D+		

основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, некоторые практические навыки работы с основным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки	64 – 66	D		
	60 – 63	D-		
"Посредственно" – работа слабая, уровень выполнения не отвечает большинству требований, теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному	50 – 59	E		
"Неудовлетворительно" (с возможностью пересдачи) – теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	25 – 49	FX	не удовлетворительно	зачтено
"Неудовлетворительно" (без возможности пересдачи) – теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий	0 - 24	F		

2. Рейтинг по дисциплине определяется как сумма баллов за работу в семестре (текущая аттестация, до 80 баллов) и баллов, полученных в результате итоговой аттестации (зачет, до 20 баллов).

3. Текущая аттестация студента по дисциплине в седьмом семестре осуществляется по следующим разделам:

- выполнение и защита 8-ми лабораторных работ – до 36 баллов;

- выполнение и защита 8-ми практических работ – до 16 баллов;
- выполнение и защита расчетно-графического задания (РГЗ) – до 28 баллов.

3.1. Начисление баллов за лабораторные работы осуществляется по следующей схеме:

защита лабораторной работы в соответствии с уровнем знаний:

- "удовлетворительно" – 2 балла;
- "хорошо" – 3 баллов;
- "отлично" – 4,5 баллов.

- Несвоевременная защита лабораторной работы – минус 0,5 балл/нед;
- отсутствие студента при выполнении лабораторной работы в соответствии с расписанием – минус 1 балл.
- если день выполнения лабораторной работы совпадает с праздничным днем, студент имеет возможность защитить теоретическую часть данной работы, без выполнения практической части.

3.2. Начисление баллов за практические работы осуществляется по следующей схеме:

- защита практической работы в соответствии с уровнем знаний:

- "удовлетворительно" – 1 балла;
- "хорошо" – 1,5 балл;
- "отлично" – 2 балла.

- Несвоевременная защита практической работы – минус 0,5 балл/нед;
- отсутствие студента при выполнении практической работы в соответствии с расписанием – минус 1 балл.

Если день выполнения практической работы совпадает с праздничным днем, студент имеет возможность защитить теоретическую часть данной работы, без выполнения практической части.

3.3. Начисление баллов за выполнение и защиту расчетно-графической работы осуществляется по следующей схеме:

- систематическая работа над заданием в течение семестра – 6 баллов:

1) построение 3D модели рассчитываемого объекта, подготовка базы данных материала – 7 неделя (2 балла);

2) построение конечно-элементной модели, определение начальных и граничных условий – 12 неделя, (2 балла);

3) работа в постпроцессоре: решение, анализ результатов, составление пояснительной записки – 16 неделя, (2 балла).

- защита РГЗ на 16 неделе – 1 балл.

- результаты защиты РГЗ:

"удовлетворительно" – 16...17 баллов;

"хорошо" – 18...19 баллов;

"отлично" – 20...21 балла.

4. Студент допускается к сдаче зачета при условии, если он выполнил и защитил все лабораторные работы и расчетно-графическое задание, и набрал не менее 40 баллов.

5. Если студент в семестре работал не систематически, в результате чего не набрал требуемое количество баллов, то ему выдается дополнительное задание, тематика и объем которого определяются преподавателем.

6. Если по результатам работы в семестре студент не набрал 25 баллов, ему выставляется итоговая оценка по дисциплине "не зачтено" (F), без права последующей пересдачи. В этом случае студенту предлагается изучить дисциплину повторно на платной основе.

- 7. Итоговая аттестация по дисциплине – зачет:

"удовлетворительно" – 10...13 баллов;

"хорошо" – 14...17 баллов;

"отлично" – 18...20 баллов.

8. Если в результате сдачи зачета студент не набирает 10 баллов или с учетом сдачи зачета его суммарный рейтинг не превышает 49 баллов, ему выставляется оценка "не зачтено" (FX) с возможностью пересдачи.

9. При пересдаче зачета студент имеет возможность получить оценку не выше E.

10. Студент имеет возможность получить дополнительно до 20 баллов при выполнении работ, не предусмотренных основной программой освоения курса. Данные виды работ согласуются с преподавателем.

11. Если с учетом работ, сверх предусмотренных основной программой освоения курса, студент набрал свыше 90 баллов, итоговая оценка по дисциплине может быть выставлена без проведения итоговой аттестации ("автомат"). При этом в ведомость и зачетную книжку студента выставляется оценка "зачтено", что соответствует группе уровней "А" шкалы ESTS.

12. Мониторинг качества освоения дисциплины студентом проводится в форме выставления преподавателями оценок за контрольные недели (7 и 12 недели семестра). Оценки выставляются по трехбалльной системе:

Седьмая контрольная неделя:

"2" – защита одной лабораторной работы, подбор режущего инструмента и расчет режимов резания;

"1" - защита одной лабораторной работы;

"0" – невыполнение ни одного из вышеперечисленных пунктов.

Двенадцатая контрольная неделя:

"2" – защита двух лабораторных работ, выбор металлорежущего оборудования, составление компоновочной схемы и структурной схемы станка;

"1" – защита двух лабораторных работ и выполнение расчетно-графической работы в объеме: подбор режущего инструмента и расчет режимов резания, выбор металлорежущего оборудования, составление компоновочной схемы;

"0" – невыполнение ни одного из вышеперечисленных пунктов.

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Болдин А. Н. Основы автоматизированного проектирования : учебное пособие [для вузов] / А. Н. Болдин, А. Н. Задиранов ; Федер. агентство по образованию, Моск. гос. индустр. ун-т. - М., 2006. - 103 с. : ил. - Рекомендовано УМО.
2. Тинников Д. В. Автоматизированное проектирование деталей сложной геометрии с использованием программного продукта PowerSHAPE : справочное пособие / Д. В. Тинников, В. В. Иванцовский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 64, [2] с. : ил.
3. Присекин В. Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : [учебник] / В. Л. Присекин, Г. И. Расторгуев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 237 с. : ил.

В электронном виде

1. Тинников Д. В. Автоматизированное проектирование деталей сложной геометрии с использованием программного продукта PowerSHAPE : справочное пособие / Д. В. Тинников, В. В. Иванцовский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/tinn.rar>
2. Присекин В. Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : [учебник] / В. Л. Присекин, Г. И. Расторгуев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 237 с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/prisekin.pdf>

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Ли К. Основы САПР CAD/CAM/CAE / Кунву Ли ; [пер. с англ.: А. Вахитов, Д. Солнышков]. – СПб. [и др.] : Питер, 2004. – 559 с. : ил.
2. Басов К. А. ANSYS в примерах и задачах / К. А. Басов. - М., 2002. - 223 с. : ил.
3. Алямовский А. А. SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов / Алямовский А. А. - М., 2004. - 431 с.
4. Каплун А. Б. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева. - М., 2003. - 269, [1] с. : ил.
5. Малюх В. Н. Введение в современные САПР / В. Н. Малюх. - М., 2010. - 190, [1] с. : ил.
6. Менгес Г. Как делать литьевые формы : [материалы и технологии, оценка стоимости, конструирование, техническое обслуживание : справочник] / Георг Менгес, Вальтер Микаэли, Пауль Морен ; пер. с англ. 3-его изд. под ред. В. Г. Дувидзона и Э. Л. Калинчева. - СПб., 2007. - 639 с, [6] л. ил. : ил.
7. Голованов А. И. Метод конечных элементов в статике и динамике тонкостенных конструкций / А. И. Голованов, О. Н. Тюленева, А. Ф. Шигабутдинов. - М., 2006. - 391 с. : ил.. - Передан по книгообмену из Казанского гос. ун-та.
8. Зарубин В. С. Расчет теплонапряженных конструкций / В. С. Зарубин, И. В. Станкевич. - М., 2005. - 351 с. : ил.
9. Ильин В. П. Методы и технологии конечных элементов / В. П. Ильин ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т вычисл. математики и мат. геофизики. - Новосибирск, 2007. - 370 с. : ил.
10. Киреев В. И. Численные методы в примерах и задачах : учебное пособие для вузов / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев. - М., 2004. - 479, [1] с. : ил.. - На обороте тит. л. инициалы указ. ошибочно: Киреев Андрей Владимирович, Пантелеев Владимир Иванович. - Рекомендовано УМО.

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Ивликов С. Ю. Основы конечно-элементного моделирования в системе ANSYS : учебное пособие / С. Ю. Ивликов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 66, [1] с. : ил.
2. Соловейчик Ю. Г. Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач : [учебное пособие] / Ю. Г. Соловейчик, М. Э. Рояк, М. Г. Персова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 895 с. : ил.

В электронном виде

1. Ивликов С. Ю. Основы конечно-элементного моделирования в системе ANSYS : учебное пособие / С. Ю. Ивликов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 66, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2007/ivlikov.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ "Высокие технологии".

8.2 Программное обеспечение

1. ANSYS, ANSYS ACADEMIC RESEARCH AUTODYN, Программный комплекс для интерактивного нелинейного динамического анализа
2. ESI Group, SYSWELLD (SWD-CT-11-2006), Программный комплекс для 3-D моделирования процессов сварки и термообработки

9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине

Для зачета каждому студенту выдается 1 (один) пакет, содержащий 10 (десять) вопросов из различных модулей. Для получения зачета необходимо правильно ответить на 10 (десять) вопросов. Время проведения зачета 120 мин.

Список вопросов

Модуль 1: Метода конечных элементов

1. Что называется конечно-элементной моделью?
2. Что такое степени свободы элемента, модели?
3. Как выполняется аппроксимация искомых функций в МКЭ?
4. Назовите типы конечных элементов. Что означает порядок конечного элемента?
5. Запишите матричное уравнение жёсткости элемента.
6. Как выводятся общие уравнения МКЭ из условий равновесия узлов?
7. Как обосновать МКЭ на базе принципа возможных перемещений?
8. Запишите разрешающие уравнения МКЭ для статического деформирования.
9. Как выполняется сборка общих матриц из элементных?
10. Назовите основные свойства матрицы жёсткости.
11. Как учитываются граничные условия в перемещениях (связи)?
12. Как привести распределённые нагрузки к узловым?
13. Назовите методы решения уравнений МКЭ в статической задаче.
14. Каковы возможные причины нелинейности уравнений МКЭ?
15. Как записывается матричное дифференциальное уравнение движения МКЭ?
16. Что такое матрица масс и матрица демпфирования?
17. В чем заключается вариационный способ обоснования МКЭ для задачи теплопроводности?
18. Запишите основные матрицы МКЭ для задачи теплопроводности.
19. Запишите разрешающие уравнения МКЭ для стационарной и нестационарной задач теплопроводности.
20. Как решаются дифференциальные уравнения МКЭ для нестационарной задачи теплопроводности?
21. Каковы особенности реализации МКЭ в программе ANSYS?

Модуль 2: Основы работы в ANSYS WORKBENCH и SYSWELD.

1. Запустите ANSYS Workbench. Ответьте на следующие вопросы:
 - Что называется проектом в Workbench?
 - Для чего предназначены окна Project Schematic и Toolbox?
 - Какие виды инженерного анализа реализуются блоками Static Structural, Transient Structural, Steady-State Thermal и Modal?
 - Какие основные элементы имеет каждый блок инженерного анализа?
 - Для чего предназначена кнопка Import на панели инструментов?
 - Для чего предназначены кнопки Refresh Project и Update Project на панели инструментов?
2. Создайте новый проект и разместите в нем блок статического прочно-статического анализа. Переименуйте созданный блок как «Статический анализ». Добавьте в проект еще один независимый блок модального анализа и задайте ему имя «Модальный анализ». Ответьте на следующие вопросы:
 - Какие этапы инженерного анализа реализуются в элементах Geometry, Model, Results?
 - Что показывают значки в правой части каждого элемента блока?
 - Как вызывается контекстное меню элемента блока? Какие команды оно содержит?
 - Можно ли заменить вид инженерного анализа в блоке, не удаляя его?
 - Изменяются ли параметры КЭ-сетки в блоке «Статический анализ», если их изменить в блоке «Модальный анализ»?

3. Поставлена задача: исследовать прочность конструкции при заданном нагружении и нагреве до высокой температуры. Создайте новый проект и разместите в нем необходимые связанные блоки инженерного анализа. Ответьте на следующие вопросы:

- Что дает установление связей между блоками? Каким типам принадлежат созданные связи?

- Какой блок является корневым, а какой подчиненным?

- Как изменить свойства подчиненного элемента?

- Как вставить новый блок, не задавая связей?

4. Какое расширение имеет файл проекта Workbench?

5. В каком файле сохраняется файл геометрической модели?

6. Что сохраняется в файле file.rsfl?

Модуль 3: Геометрическое моделирование.

1. Запустите ANSYS Workbench, создайте новый блок статического прочностного анализа Static Structural. Запустите Design Modeler. Ответьте на следующие вопросы:

- Для чего предназначены окна Tree Outline и Details View?

- Чем отличается режим эскизирования от режима моделирования?

- Как управлять текущим видом в окне Graphics с помощью мыши?

2. В любой из координатных плоскостей создайте новый эскиз. С помощью инструментов группы Draw нарисуйте в нем произвольный замкнутый контур. С помощью инструментов группы Dimensions задайте все необходимые размерные параметры.

3. Создайте новую плоскость на основе одной из базовых (XYPlane, ZXPlane, ZYPlane), смещенную относительно вдоль одной из осей на 50 мм и повернутую относительно оси X на 45 градусов. В полученной плоскости создайте эскиз с произвольным замкнутым контуром из отрезков. Задайте размеры контура.

4. Командой Copy выполните копирование произвольного отрезка контура и вставьте его в этот же эскиз. Командой Move переместите полученную копию в другое место эскиза.

5. Отредактируйте полученный эскиз, добавив в него окружность и отрезок. Задайте связь - касание окружности с контуром. Задайте связь - параллельность отрезка одной из сторон контура.

6. Создайте новый эскиз с замкнутым контуром из отрезков в любой из координатных плоскостей. На основе полученного эскиза создайте объемное тело командой Extrude с произвольными параметрами. Выделите любое ребро тела, любую грань тела, любую вершину тела. Выделите все тело.

7. Создайте фаску 3 мм на произвольном ребре модели. На другом ребре создайте скругление постоянного радиуса 5 мм.

8. На произвольной грани тела создайте плоскость и эскиз. Нарисуйте в эскизе произвольный замкнутый контур. Создайте объемное тело на основе эскиза с помощью команды Revolve с углом поворота 90° вокруг произвольной оси.

9. Отредактируйте команду Revolve так, чтобы новое тело не объединялось с ранее созданным.

10. С помощью команды Body Operation создайте отраженное тело относительно любой плоскости. Задайте опции команды таким образом, чтобы исходное тело после отражения было удалено.

11. Создайте на поверхности отраженного тела новую плоскость и эскиз. Нарисуйте окружность и с ее помощью создайте сквозное отверстие в модели.

12. Создайте новый эскиз с замкнутым контуром из отрезков или дуг в любой из координатных плоскостей. Задайте геометрические размеры эскиза. На основе построенного эскиза создайте двумерную оболочку (Surface Body).

13. Выберите размерный параметр эскиза и сделайте его параметр-переменной. Задайте произвольно его значение.

14. Постройте цилиндр с высотой равной $10R$, где R - радиус основания цилиндра. Высоту и радиус основания цилиндра задайте как параметр- переменные. Измените произвольно радиус цилиндра и обновите геометрическую модель.

Модуль 4: Управление материалами и их свойствами

1. Запустите ANSYS Workbench, создайте новый блок статического прочностного анализа Static Structural. Запустите модуль управления материалами. Ответьте на следующие вопросы:

- Для чего предназначены окна Outline Filter и Outline Panel
- В каком окне находятся свойства материалов?
- Что отображается в панелях Table и Chart?

2. Создайте новый материал с именем «NewMatl». Задайте ему упругие свойства (модуль Юнга и коэффициент Пуассона).

3. Измените упругие свойства материала «NewMatl», сделав модуль Юнга зависящим от температуры. Задайте несколько значений при различных температурах.

4. Добавьте материал Aluminium Alloy из стандартной библиотеки General Materials в текущий набор материалов. Исключите плотность этого материала из перечня свойств.

5. Назначьте Aluminium Alloy в качестве материала, используемого по умолчанию для твердых тел.

6. Какими задаются пластические свойства материала?

7. Каким свойством задаются результаты одноосных испытаний материала на растяжение/сжатие?

8. Какие модели гиперупругих материалов используются в ANSYS? В какой группе свойств они находятся?

9. Для чего служит свойство Curve Fitting из группы свойств модели гиперупругих материалов?

Модуль 5: Генерация конечно-элементной сетки

1. В каком модуле выполняется разбиение геометрических моделей конечно-элементной сеткой?

2. Назовите два способа создания конечно-элементной сетки.

3. Опишите порядок действий при создании конечно-элементной сетки.

4. Какие элементы используются при разбиении объемных тел, плоских оболочек, одномерных тел?

5. Какие возможности имеются в Ansys Workbench для генерации сетки в составных деталях?

6. Создайте любую геометрическую модель и запустите модуль симуляции. Ознакомьтесь с рабочей областью модуля симуляции и ответьте на следующие вопросы:

- где находятся главное меню, дерево проекта, окно настроек, панели инструментов, графическое окно, окно сообщений?

- какой раздел в дереве проекта позволяет управлять настройками сетки?

- какой командой необходимо воспользоваться для предварительного просмотра поверхностной сетки?

- какие опции содержит раздел Defaults окна настроек?

- с помощью какого параметра можно изменять плотность сетки?

- какая информация предоставляется пользователю в разделе Statistics окна настроек?

7. Создайте цилиндр с произвольными размерами. Сгенерируйте сетку конечных элементов по умолчанию. Измените плотность сетки с помощью параметров Relevance и Relevance Center. Оцените качество сетки и сравните количество конечных элементов, получаемых с разными значениями задаваемых параметров.

8. Какие установки для конечно-элементной сетки позволяет осуществлять раздел Sizing окна настроек?

9. Создайте пирамиду по произвольным размерам. Сгенерируйте тетраэдральную сетку на этом объекте.

10. С помощью какой опции можно создать гексагональную сетку?
11. Создайте геометрический объект с произвольными размерами с помощью команды Extrude. Выполните на этом объекте генерацию конечно- элементной сетки посредством трансляции элементов (Sweep Method).
12. Создайте объемный шестигранник по произвольным размерам. Сгенерируйте сетку по умолчанию. Осуществите локальное изменение сетки указанием радиуса зоны изменений в форме сферы относительно любой точки.
13. Создайте геометрический объект с произвольными размерами с помощью команды Extrude. Выполните на этом объекте автоматическую генерацию конечно-элементной сетки. На одном торце измельчите сетку с помощью команды Refinement с параметром Refinement, равным 2. Сравните результаты создания сетки на противоположных торцах.
14. С помощью какой опции возможна генерация регулярной сетки на поверхности? Элементы какой формы используются для генерации регулярной сетки?
15. Для чего предназначена опция Match Control выпадающего меню панели инструментов?
16. Для чего предназначена кнопка New Section Plane на панели инструментов?
17. Создайте объем произвольной формы и сгенерируйте сетку, получаемую по умолчанию. Проведите горизонтальную плоскость сечения. Проанализируйте конечно-элементную сетку для каждой части, используя целые и рассеченные элементы.
18. Назовите причины возникновения ошибок при генерации конечно- элементной сетки.
19. Для чего предназначена кнопка Virtual Topology на панели инструментов?
20. Что представляет собой виртуальная ячейка (Virtual Cell)?

Модуль 6: Нагрузки и граничные условия. Настройка решателя.

1. Создайте новую объемную модель в блоке статического прочностного анализа. Запустите модуль симуляции. Ответьте на следующие вопросы:
 - Для чего предназначены окна Graph и Tabular Data?
 - Чем отличается информация о пошаговой нагрузке в окнах Graph и Tabular Data?
 - Какие виды нагрузок доступны в меню Environment?
 - Какая информация содержится в окнах детализации Details of../?
 - Перечислите инерционные нагрузки, которые могут быть заданы в конструкционном анализе Workbench.
 - Назовите конструкционные нагрузки, задаваемые в разделе Loads панели инструментов Environment.
 - Какие граничные условия задаются в разделе Supports панели инструментов Environment?
2. Создайте собственную координатную систему, отличающуюся по на-правлению осей и расположению от глобальной. Переименуйте ее.
3. Задайте произвольное количество шагов решения задачи в позиции Number of Steps элемента Analysis Settings. Как при этом изменяется вид таблицы в окне Tabular Data?
4. Задайте модели произвольное ускорение (Acceleration). Ответьте на следующие вопросы:
 - Какой параметр модели материала должен быть задан обязательно, чтобы стало возможным приложение инерционных нагрузок?
 - К какой части модели может быть приложено ускорение?
 - Какие параметры задаются при задании нагрузок в виде вектора?
 - Чем отличается задание нагрузки с помощью компонент (Components) по осям координат?
5. Приложите к модели гравитационное ускорение (Standard Earth Gravity). Направление ускорения задайте вдоль оси Y пользовательской (вновь созданной) системы координат.
6. Задайте угловое ускорение модели с помощью команды Rotational Velocity. Как в графическом окне изображается заданное ускорение?
7. Перечислите способы задания давления. Приложите давление в 10 Па к поверхности модели.
8. О чем говорит знак параметра Magnitude!

9. Задайте давление жидкости на несколько поверхностей вашей модели. Что является обязательным параметром для определения гидростатического давления?
10. Приложите силу к точке, ребру и поверхности модели. Ответьте на вопросы:
- Будет ли влиять на направление силы выбор системы координат?
 - В случае приложения силы к двум поверхностям изменится ли ее величина на каждой из них?
 - Что происходит с величинами силы и давления в случае увеличения площади поверхности, к которой эта сила приложена?
11. Задайте нагрузку с помощью команды Remote Force. Величину нагрузки, возрастающую в течение 4 шагов решения, задайте в табличной форме.
12. Приложите момент к точке, ребру или поверхности, используя команду Moment.
13. При помощи команды Fixed Support жестко закрепите ребро модели.
14. Задайте командой Displacement на любой поверхности объемного тела перемещение на -5 мм в направлении оси X. Ответьте на вопросы:
- Какими способами может быть задано перемещение?
 - Что означает значение «0» для компоненты перемещения?
 - Что означает значение «Free» в поле компоненты?
15. Используя команду Frictionless Support, задайте закрепление торцевой поверхности модели. Ответьте на вопросы:
- Какое перемещение запрещает данная команда?
 - На каких геометрических объектах может быть задано такое граничное условие?
 - Какому граничному условию соответствует закрепление без трения?
16. Задайте на поверхности модели закрепление, исключающее сжатие (iCompression Only Support). Ответьте на следующие вопросы:
- В каком направлении исключает перемещение данное ограничение?
 - Какого решения требует использование команды Compression Only Support?
17. Создайте в геометрической модели цилиндрическое отверстие. Закрепите цилиндрическую поверхность (Cylindrical Constraint) в осевом, радиальном или касательном направлении. Ответьте на следующие вопросы:
- Что отражают значения параметров «Free» и «Fixed»?
 - В каком случае поверхность считается закрепленной?
18. Создайте новую двумерную (плоскую) модель. С помощью команды Simply Supported запретите перемещение на ребре модели. Ответьте на следующие вопросы:
- По какой оси может запрещать перемещение данная команда?
 - Разрешается ли вращение вокруг выбранной вершины или ребра?
19. На плоской модели запретите поворот плоскости вокруг оси X (Fixed Rotation). Ответьте на следующие вопросы:
- Будет ли конструкция иметь возможность перемещаться вдоль этой оси?
 - По какому количеству осей можно запретить поворот с помощью данной команды?
 - Какие значения параметров присваиваются по умолчанию?
20. Выделите мышью позицию Analysis Settings в дереве проекта. Ответьте на вопросы:
- Какие опции могут быть заданы в разделе управления шагами численного решения (Step Controls)?
 - Какие параметры регулируются в разделе управления решателем (Solver Controls)?
 - Какие критерии сходимости могут быть использованы в процессе решения задачи (раздел Nonlinear Controls)?
 - Какие параметры могут варьироваться при управлении данными анализа (Analysis Data Management)?
21. В каких случаях используется итерационный решатель?
22. Для чего служит опция Weak Springs?
23. Для чего предназначена опция Delete Unneeded Files?