

| | |
|---|--|
|  | МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)» |
|---|--|

Кафедра прикладной математики
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕН
 на заседании кафедры ПМ
« 04 » июня 2021 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой ПМ


/Ю.Е. Воскобойников/
(подпись) ФИО

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Современные программные и технологические комплексы
(наименование дисциплины)

08.04.01 Строительство
код и наименование направления подготовки/специальности

Водоснабжение и водоотведение
наименование ОПОП ВО (направленность/профиль)

магистрант
квалификация выпускника

Показатели и критерии оценивания компетенций, шкалы оценивания

Оценивание формирования компетенций производится на основе показателей оценивания, указанных в п.2. рабочей программы дисциплины.

Связь компетенций и их компонент приведена в п.2 рабочей программы дисциплины.

1.1 Формирование и контроль показателей оценивания

Оценивание уровня освоения обучающимся компетенций осуществляется с помощью форм промежуточной аттестации и текущего контроля. Формы промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости по дисциплине, с помощью которых производится оценивание, указаны в учебном плане и в п. 3, 4 рабочей программы дисциплины.

В таблице приведена информация о формировании результатов обучения по дисциплине разделами дисциплины, а также о контроле показателей оценивания компетенций.

| Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине) | Контролируемый раздел (тема дисциплины) | Вид аттестации | Наименование оценочного средства |
|--|---|--|---|
| ОПК-2. Способен анализировать, критически осмысливать и представлять информацию, осуществлять поиск научно-технической информации, приобретать новые знания, в том числе с помощью информационных технологий | Введение в системы автоматизированного проектирования Введение в системы автоматизированного проектирования Введение в системы автоматизированного проектирования Решение задач с использованием программного комплекса ANSYS Введение. ANSYS Workbench. . История пакета ANSYS. Основные компоненты пакета и типы анализа. Работа в оболочке ANSYS Workbench. Модуль DesignModeler. Работа в модуле DesignModeler. Создание и преобразование 3D моделей. Модуль ANSYS Meshing. Импорт и направление геометрии из внешних CAD систем. Построение сетки в модуле ANSYS Meshing (глобальные методы). Решение задач механики деформируемого твердого тела в ПК ANSYS. Решение задач механики деформируемого твердого тела в ПК ANSYS. | промежуточная аттестация (зачет) текущий контроль | Вопросы к зачету Темы сообщений Комплект разноуровневых задач Контрольная работа Комплект тестовых заданий Кейс-задача Комплект заданий для расчетно-графической работы |

1.2 Критерии оценивания компетенций и шкалы оценивания

При проведении промежуточной аттестации в форме зачета используется шкала оценивания: «Не зачленено», «Зачленено». Показателями оценивания являются знания, умения и навыки обучающегося, полученные при изучении дисциплины.

Критериями оценивания достижения показателей являются:

| Показатель оценивания | Критерий оценивания |
|-----------------------|--|
| Знания | знания терминов, определений, понятий; |
| | объем освоенного материала, усвоение всех тем, разделов дисциплины; |
| | полнота, системность, прочность знаний; |
| | правильность ответов на вопросы; |
| | четкость изложения изученного материала; |
| Умения | степень самостоятельности выполнения действия (умения); |
| | осознанность выполнения действия (умения); |
| | умение анализировать изученный материал; |
| | умение выбирать методику выполнения задания; |
| | умение выполнять задания различной сложности; |
| Навыки | навыки самопроверки, качество сформированных навыков; |
| | навыки анализа результатов выполнения заданий, решения задач; |
| | навыки представления результатов решения задач, качество оформления заданий; |
| | навыки обоснования выполнения заданий, принятия решений; |
| | быстрота и качество выполнения заданий. |

2 Типовые контрольные задания для оценивания формирования компетенций при проведении промежуточной аттестации

2.1 Промежуточная аттестация по дисциплине

Форма(ы) промежуточной аттестации: **зачет**

Перечень типовых вопросов (заданий) для проведения зачета в 1-3 семестрах:

| № | Наименование раздела дисциплины | Типовые вопросы/задания | Код индикатора достижения компетенции |
|----|---|--|---------------------------------------|
| 1. | Введение в системы автоматизированного проектирования | 1. Состав программного комплекса ANSYS. Графические оболочки и решатели. Приложения Workbench, Workbench Mechanical, DesignModeler, SCDM, Mechanical APDL. 2. Пространственное и трехмерное моделирование конструкции на ЭВМ. Современное состояние МКЭ и перспективы развития. Программный комплекс ANSYS. 3. Создание проекта в оболочке ANSYS Workbench. 4. Решение инженерных задач в ANSYS. 5. Работа в модуле DesignModeler. 6. Инструменты для создания эскиза в DesignModeler. 7. Создание и преобразование 3D моделей. 8. Импорт и направление геометрии из внешних CAD систем. 9. Построение сетки в модуле ANSYS Meshing (глобальные методы). | ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3 |

| | | |
|--|---|--|
| | 10. Создание конформных и неконформных сеток. 11. Построение поверхностных и объемных сеток, гибридных сеток. 12. Выделение областей течения из твердотельной геометрии. 13. Построение сеток в областях течений и твердых телах для задач сопряженного теплообмена. 14. Решение дифференциальных уравнений. 15. Решение нелинейных задач. | |
|--|---|--|

3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок осуществления текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

3.2. Промежуточная аттестация по дисциплине в форме зачёта проводится в 1-3 семестрах.

Ниже приведены правила оценивания формирования компетенций по показателю оценивания «Знания».

| Критерий оценивания | Уровень освоения и оценка | |
|---|---|---|
| | Не засчитано | Засчитано |
| знания терминов, определений, понятий; | Не знает терминов и определений | Знает термины и определения |
| объем освоенного материала, усвоение всех тем, разделов дисциплины; | Не знает значительной части материала дисциплины | Знает материал дисциплины в полном объёме |
| полнота, системность, прочность знаний; | Знания материала бессистемные, не отвечает на большинство вопросов по темам дисциплины | Даёт достаточно четкие и полные ответы на вопросы |
| правильность ответов на вопросы; | Неправильно отвечает на большинство вопросов, допускает грубые ошибки | Отвечает на вопросы правильно |
| четкость изложения изученного материала; | Излагает знания без логической последовательности, не сопровождает ответ рисунками, схемами | Излагает материал достаточно четко, без нарушений в логической последовательности. Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно |

Ниже приведены правила оценивания формирования компетенций по показателю оценивания «Умения».

| Критерий оценивания | Уровень освоения и оценка | |
|---|---|--|
| | Не засчитано | Засчитано |
| степень самостоятельности выполнения действия (умения); | Не может самостоятельно выполнить задание | Выполняет задание самостоятельно, грамотно выбирает стандартную методику, использует нужную литературу при необходимости |

| | | |
|---|--|--|
| осознанность выполнения действия (умения); | Выполняет задания по примеру, не осознанно, не может ответить на вопросы преподавателя по алгоритму и методике решения | Выполняет задания осознанно, допуская недочеты, может уверенно ответить на вопросы преподавателя по алгоритму и методике решения |
| умение анализировать изученный материал; | Не имеет навыков анализа изученного материала, | Делает корректные выводы по изученному материалу, |
| умение выбирать методику выполнения задания; | Не может выбрать методику выполнения заданий | Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий |
| умение выполнять задания различной сложности; | Не имеет навыков выполнения учебных заданий | Имеет навыки выполнения стандартных учебных заданий |

Ниже приведены правила оценивания формирования компетенций по показателю оценивания «Навыки».

| Критерий оценивания | Уровень освоения и оценка | |
|--|--|--|
| | Не засчитано | Засчитано |
| навыки самопроверки, качество сформированных навыков; | Навыки самопроверки отсутствуют | Имеет навыки самопроверки, хорошо сформированы навыки выполнения заданий |
| навыки анализа результатов выполнения заданий, решения задач; | Делает некорректные выводы | Делает корректные выводы по результатам решения задачи |
| навыки представления результатов решения задач, качество оформления заданий; | Не может проиллюстрировать решение задачи поясняющими схемами, рисунками | Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно |
| навыки обоснования выполнения заданий, принятия решений; | Допускает грубые ошибки при обосновании методики выполнении заданий, не может принять верное решение | Алгоритм выполнения задания верный, принимает верные решения |
| быстрота и качество выполнения заданий. | Задания выполняет с низким качеством, крайне медленно | Выполняет задания уверенно, с хорошим качеством |

4 Контрольные работы для оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля по дисциплине «Современные программные и технологические комплексы»

| | |
|---|---|
|  | МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ |
| | федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)» |

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по теме «Создание геометрических моделей»

Создать геометрическую (твердотельную) модель детали по ее наглядному изображению (рис. 1). Геометрическое моделирование выполнить с помощью приложений Ansys DesignModeler или Ansys SpaceClaim, либо другой подобной CAD-системы. Готовую модель экспортовать в один из универсальных форматов файлов (*.sat, *.stp, *.x_t, *.iges).

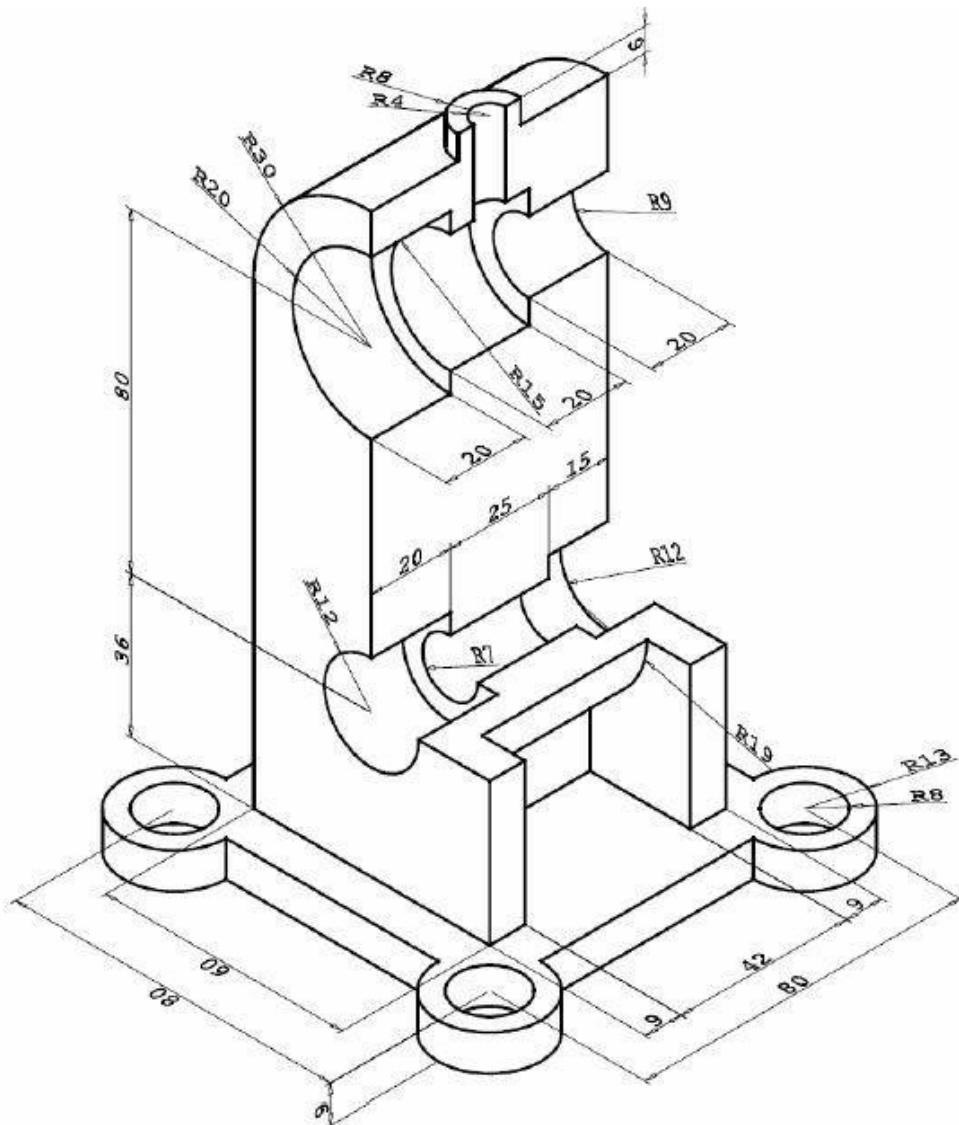


Рис. 1. Деталь

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по теме «Генерация конечноэлементной сетки»

Построить сетку для расчетной области, заданной геометрической моделью, изображенной на рисунке 1. Требуемая конфигурация сетки: преобладание элементов формы гексаэдра; элементы первого порядка (без срединных узлов); увеличенная плотность сетки на криволинейных поверхностях.

Выполнить анализ качества сетки. Вычислить значения следующих метрик качества сетки: якобиан, ортогональность, скошенность и др.

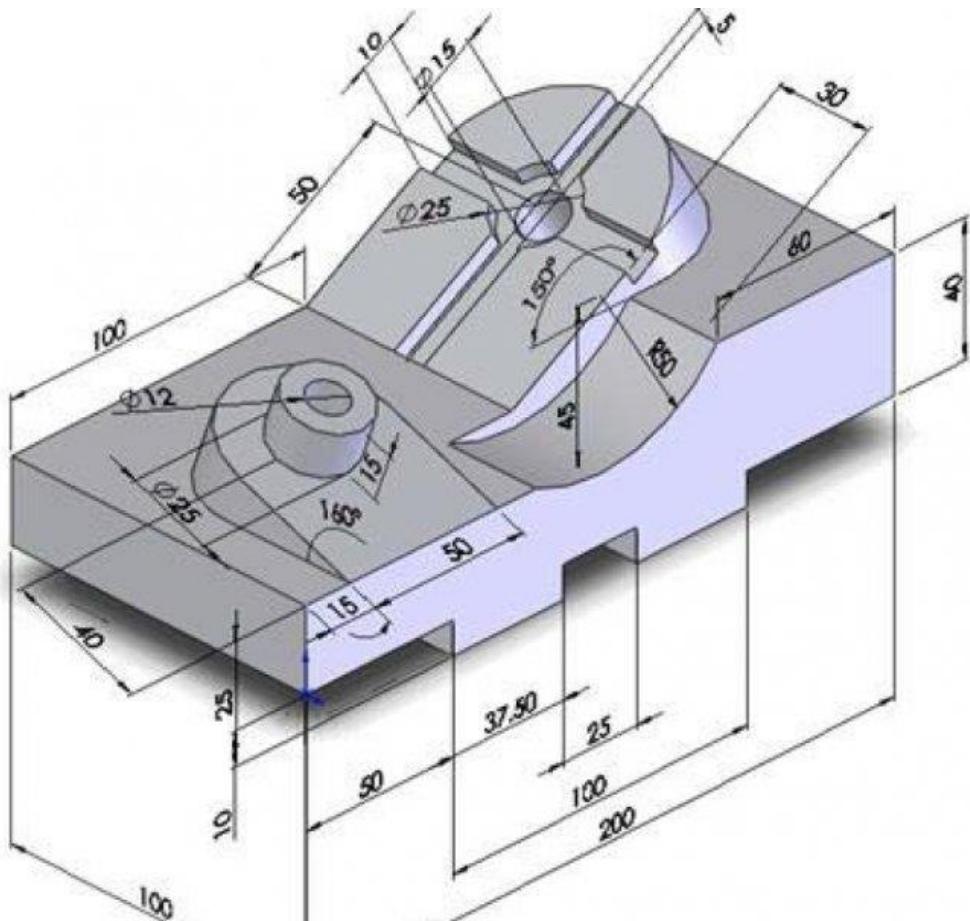


Рис. 1. Геометрическая модель

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА по теме «Конечноэлементный анализ напряженно-деформированного состояния конструкций»

Дана механическая система, представленную толстостенным полым цилиндром (трубой). На внутреннюю стенку трубы действует равномерно распределенная нагрузка (давление), а деформации цилиндра в осевом направлении стеснены (перемещения в осевом направлении отсутствуют, т.е. имеют нулевую величину).

Требуется вычислить перемещения, механические деформации и напряжения, возникающие в данном твердом теле, т.е. определить напряженно-деформируемое состояние данной механической системы, описываемое вектор-функцией перемещений $\mathbf{u}(r, \varphi, z)$, вектор-функцией деформаций $\boldsymbol{\epsilon}(r, \varphi, z)$ и вектор-функцией напряжений $\boldsymbol{\sigma}(r, \varphi, z)$.

На рисунке 1 показана расчетная область и схема граничных условий. Изображена цилиндрическая система координат (r, φ, z) , которая используется при решении задачи.

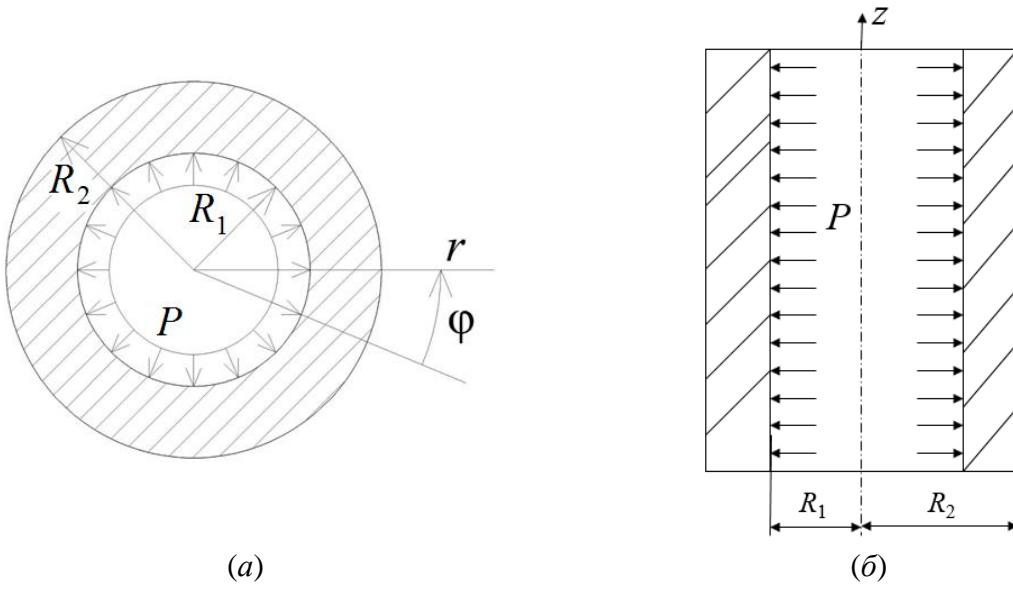


Рис. 1. Схема задачи Ламе

Система уравнений упругости имеет единственное решение, когда на границе области Ω заданы значения искомых величин (u, ε, σ). Поэтому сформулируем краевую задачу. Введем следующие граничные условия (рис. 2):

- 1) $u_z(r, \varphi, z) = 0 \forall \{r, \varphi, z\} \in \Gamma_1$;
- 2) $\sigma_{rr}(r, \varphi, z) = -P \forall \{r, \varphi, z\} \in \Gamma_2$, где P – величина давления на внутреннюю поверхность трубы
 $\sigma_{rr}(R_1) = -P, \sigma_{rr}(R_2) = 0$.

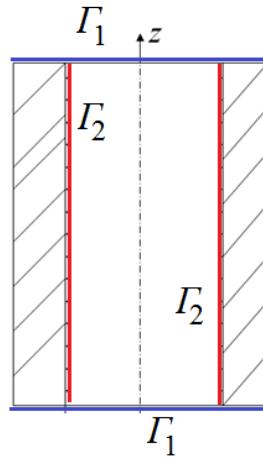


Рис. 2. Схема задания граничных условий

Эта краевая задача для уравнений упругости носит название «задача Ламе». Известно ее аналитическое решение, представленное формулами:

$$\begin{aligned} u_r(r) &= \frac{P}{E}(1+\nu) \frac{R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \left[(1-2\nu)r + \frac{R_2^2}{r} \right]; \\ \varepsilon_{rr}(r) &= \frac{P}{E}(1+\nu) \frac{R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \left[(1-2\nu) - \frac{R_2^2}{r^2} \right]; \\ \varepsilon_{\varphi\varphi}(r) &= \frac{P}{E}(1+\nu) \frac{R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \left[(1-2\nu) + \frac{R_2^2}{r^2} \right]; \\ \sigma_{rr}(r) &= P \frac{R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \left[1 - \frac{R_2^2}{r^2} \right]; \end{aligned}$$

$$\sigma_{\varphi\varphi}(r) = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left[(1+\nu)\varepsilon_{\varphi\varphi} + \nu\varepsilon_{rr} \right] \equiv P \frac{R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} \left[1 + \frac{R_2^2}{r^2} \right];$$

$$\sigma_{zz}(r) = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \nu (\varepsilon_{rr} + \varepsilon_{\varphi\varphi}) \equiv 2P\nu \frac{R_1^2}{R_2^2 - R_1^2}.$$

Здесь r, φ, z – координаты точки в цилиндрической системе координат, $\mathbf{x} = \{r, \varphi, z\}, \mathbf{x} \in \Omega$; $u_r(r)$ – перемещения в направлении r (компоненты вектора перемещения); $\varepsilon_{rr}(r), \varepsilon_{\varphi\varphi}(r)$ – относительные деформации (компоненты тензора деформаций); $\sigma_{rr}(r), \sigma_{\varphi\varphi}(r), \sigma_{zz}(r)$ – механические напряжения (компоненты тензора напряжений); P – величина равномерно-распределенной нагрузки; E, ν – механические характеристики материала; R_1, R_2 – внутренний и внешний радиусы трубы, соответственно.

Найти численное решение задачи Ламе при следующих параметрах:

- основные геометрические характеристики: $R_1 = 0.03$ м (внутренний радиус), $R_2 = 0.05$ м (наружный радиус);
- механические характеристики материала: $E = 200$ ГПа, $\nu = 0.3$;
- величина равномерно-распределенной нагрузки $P = 100$ кПа.

Выполнить сравнение численного и аналитического решений. Исследовать сходимость по сетке.

Составитель



М.Н. Данилов

(подпись)

Заведующий кафедрой



Ю.Е. Воскобойников

(подпись)

«_1_» июня 2021 г.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

Кафедра **Прикладной математики**
(наименование кафедры)

ТЕМЫ СООБЩЕНИЙ

Современные программные и технологические комплексы (наименование дисциплины)

1. Обзор конечноэлементных программных комплексов для решения задач проектирования строительных конструкций.
2. Обзор современного программного обеспечения для генерации сетки.
3. Анализ напряженно-деформированного состояния железобетонной конструкции с помощью программного комплекса Ansys.
4. Опыт применения программного комплекса Ansys к решению задачи проектирования металлической конструкции.
5. Система определяющих уравнений теории пластичности и численные методы интегрирования дифференциально-алгебраических уравнений.
6. Исследование процесса деформирования конструкции с применением конечноэлементного моделирования.
7. Примеры применения численного моделирования при выполнении научных исследований в области механики железобетона.
8. Исследование воздействия ветровых нагрузок на высотные здания. Эксперимент в аэродинамической трубе и численное моделирование.
9. История развития конечноэлементного анализа напряженно-деформированного состояния конструкций.
10. Аспекты применения метода конечных элементов при решении задач механики трещин.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если он знает термины и определения, основной материал дисциплины, даёт правильные ответы на дополнительные вопросы;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если он не знает терминов и определений, значительной части материала дисциплины, неправильно отвечает на большинство вопросов, допускает грубые ошибки

Составитель


подпись)

М.Н. Данилов

«_1 » июня 2021 г.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

Кафедра **Прикладной математики**
(наименование кафедры)

Комплект разноуровневых задач (заданий)

по дисциплине **Современные программные и технологические комплексы**
(наименование дисциплины)

1 Задачи базового уровня

Задача 1. Построить 2D геометрическую модель и выполнить генерацию конечноэлементной сетки из элементов формы треугольника для замкнутой области, изображенной на рисунке 1.

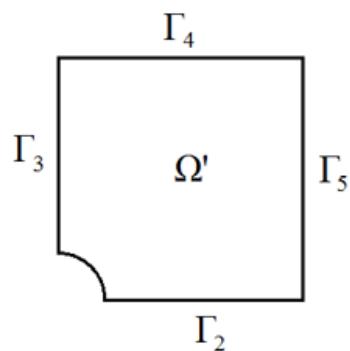


Рис. 1. Геометрическая конфигурация

Задача 2. Численно решить краевую задачу для уравнения теплопроводности с использованием пакета Ansys. Геометрия расчетной области изображена на рисунке 1. Размеры сторон Γ_4 и Γ_5 составляют 10 см; радиус криволинейной границы –2 см. Границные условия:

$$1) T(\mathbf{x}) = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}, \forall \mathbf{x} \in \Gamma_3$$

$$2) \frac{\partial T(\mathbf{x})}{\partial n} = 25, \forall \mathbf{x} \in \Gamma_2$$

$$3) T(\mathbf{x}) = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}, \forall \mathbf{x} \in \Gamma_5$$

2 Задачи продвинутого уровня

Задача 1. Построить 3D геометрическую модель и выполнить генерацию конечноэлементной сетки с преобладанием элементов формы гексаэдра для замкнутой области, изображенной на рисунке 2.

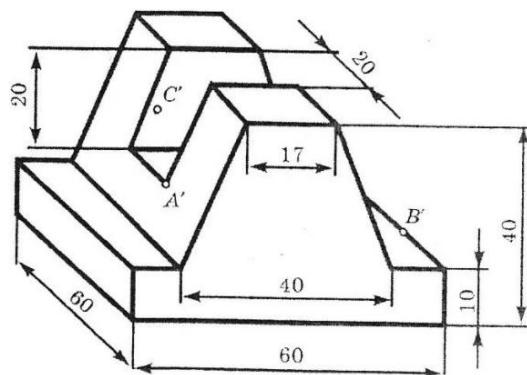


Рис. 2. Геометрическая конфигурация

Задача 2. Численно решить краевую задачу для уравнения теплопроводности с использованием пакета Ansys. Геометрия расчетной области изображена на рисунке 2. Границные условия:

- 1) на нижней грани $T(\mathbf{x}) = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$,
- 2) на остальных поверхностях задать условия конвективного теплообмена с окружающей средой.

Определить температуры в точках A , B и C . Построить изоконтуры распределения температур.

3. Задачи углубленного уровня

Задача 1. Построить 3D геометрическую модель и выполнить генерацию конечноэлементной сетки с преобладанием элементов формы гексаэдра для замкнутой области, изображенной на рисунке 3.

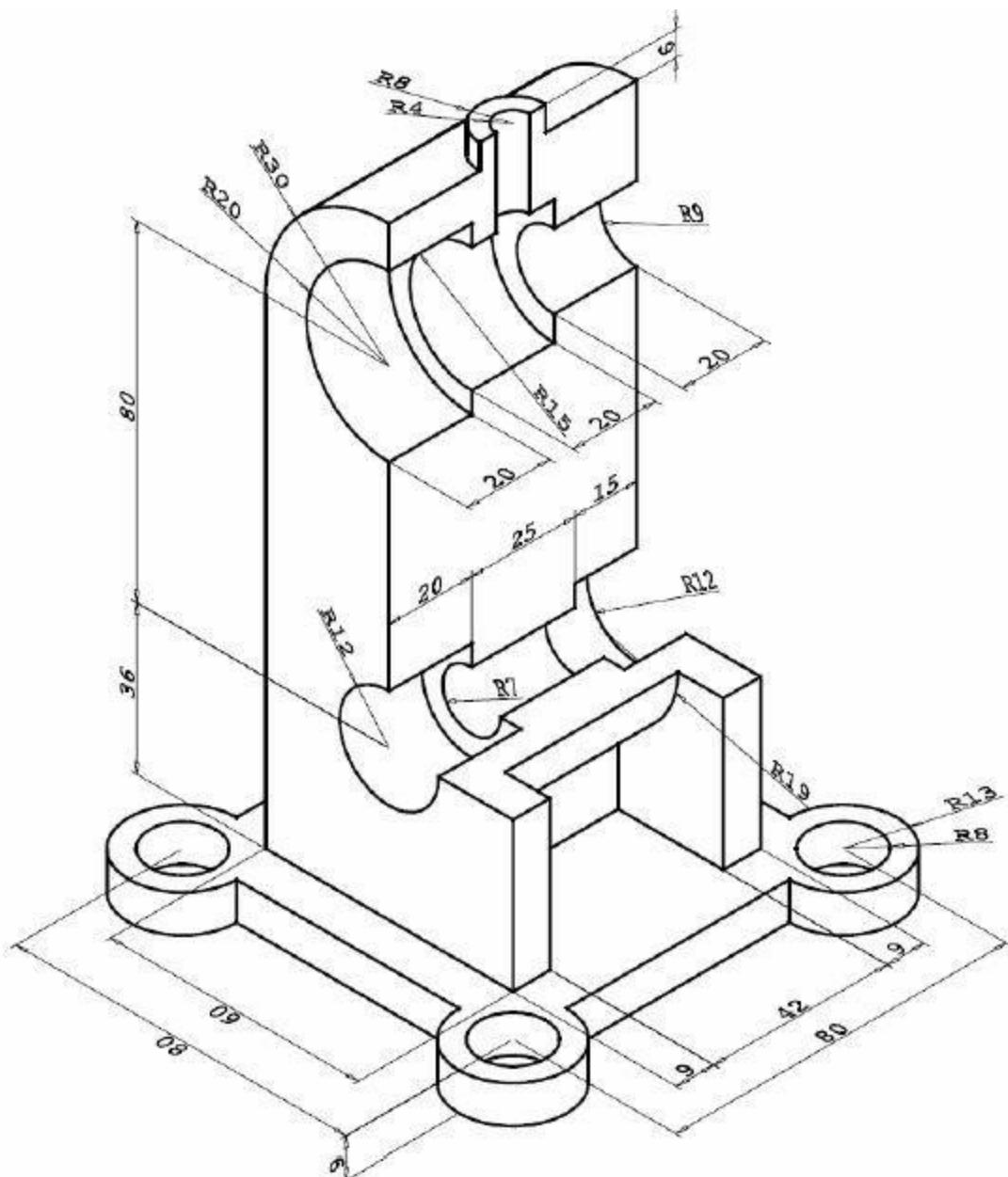


Рис. 3. Деталь

Задача 2. Известен материал, из которого выполнена деталь – сталь 36НХТЮ. Для данного материала найти в справочниках по физико-механическим свойствам материалов^{*}: модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность, предел текучести, теплопроводность, удельную теплоемкость, коэффициент линейного температурного расширения.

Выбрать произвольную схему нагружения детали, включающую:

- равномерно распределенную нагрузку на некоторую поверхность (давление);
 - сосредоточенную силу на некоторой малой части поверхности;
 - момент (силовой фактор, вызывающий поворот);
 - жесткую заделку (ограничение поступательного движения и поворотов).

Выполнить конечноэлементный анализ напряженно-деформированного состояния детали в линейно-упругой постановке при действии статических механических нагрузок. Величины

* См. также марочники сталей, ГОСТы

чины нагрузок из п. 3 подобрать такими, чтобы эквивалентные напряжения по Мизесу не превышали 1/10 предела прочности материала. Определить предельную величину равномерно распределенной нагрузки, которую деталь способна воспринять без разрушения и перехода в стадию пластического деформирования (все остальные нагрузки принять неизменными).

Выполнить анализ результатов расчета. Построить изополя перемещений, деформаций и напряжений. Описать полученные результаты письменно.

Выбрать произвольную схему тепловых воздействий на деталь:

- постоянная температура на некоторой малой поверхности детали;
- тепловой поток;
- конвективный теплообмен с окружающей средой.

Выполнить конечноэлементный анализ температурных полей в детали в стационарной постановке (при условии, что температуры не меняются в течении времени). Величины температурных воздействий из п. 6 подобрать такими, чтобы максимальная температура детали составляла 250-350 °C.

Выполнить анализ результатов расчета. Построить изополя температур, тепловых потоков. Описать полученные результаты письменно.

Выполнить конечноэлементный анализ напряженно-деформированного состояния детали в линейно-упругой постановке при температурном воздействии, рассчитать температурные напряжения и деформации. Построить изополя перемещений, деформаций и напряжений. Описать полученные результаты письменно.

Составить отчет, содержащий: исходные данные, постановку задачи, описание хода решения задачи, полученные результаты.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если произведены все расчеты без ошибок, даны пояснения к полученным результатам с приложением порядка их получения;
- оценка «хорошо», если произведены все расчеты без ошибок студент может объяснить их физический смысл;
- оценка «удовлетворительно», если расчеты произведены с ошибками, однако студент понимает их физическое значение;
- оценка «неудовлетворительно» если произведенные расчеты сделаны с ошибками и студент не может объяснить их физический смысл.

Составитель
(подпись)

«_26_»_февраля 2021



М.Н. Данилов



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

Кафедра **Прикладной математики**
(наименование кафедры)

Комплект заданий для расчетно-графической работы

по дисциплине **Современные программные и технологические комплексы**
(наименование дисциплины)

1. Реализовать в пакете MathCAD четырехугольный линейный конечный элемент (узловой шаблон, базисные функции и их частные производные). Выполнить интерполяцию функции двух переменных с помощью метода конечных элементов. Вычислить определенный интеграл по области КЭ с помощью квадратурных формул Гаусса.

2. Реализовать в пакете MathCAD вычислительный алгоритм для решения краевой задачи для уравнения Пуассона с применением конечноэлементной аппроксимации функций многих переменных.

На рисунке 1 показана расчетная область и схема задания граничных условий.

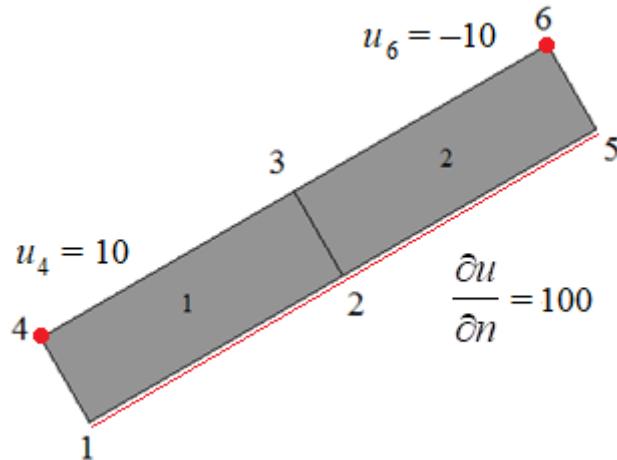


Рис. 1. Схема задания граничных условий, сетка (числами отмечены номера узлов и элементов)

Размеры прямоугольника: длина 6 ед, ширина 1 ед. Угол наклона 30° .

В точках 4 и 6 заданы значения функции u (условия Дирихле), а на границе, образованной узлами 1, 2 и 5 задано значение производной $\frac{\partial u}{\partial n}$ (условия Неймана).

Источниковый член в уравнении Пуассона отсутствует:

$$f = 0.$$

Задача решается в 2D постановке.

Конечноэлементная сетка показана на рисунке 1. Общее количество узлов – 6. Общее количество элементов – 2. Координаты узлов приведены в таблице:

| № узла | Координата | |
|--------|------------|-----------|
| | x | y |
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0.025981 | 0.015 |
| 3 | 0.020981 | 0.02366 |
| 4 | -0.005 | 0.0086603 |
| 5 | 0.051962 | 0.03 |
| 6 | 0.046962 | 0.03866 |

Аппроксимацию искомой функции $u(\mathbf{x})$ выполнить с помощью четырехугольных линейных конечных элементов.

3. Решить краевую задачу, сформулированную в п. 2, с помощью программного обеспечения Ansys. Сравнить и проанализировать результаты, полученные с помощью MathCAD и Ansys.

4. С помощью программного обеспечения Ansys получить численное решение задачи Кирша

Рассматривается плоская область произвольного размера и формы (рис. 1), растянутая равномерно распределенной нагрузкой P , действующей на границе области в направлении X . Область приобретает однородное напряженно-деформированное состояние. В область вводится отверстие круглой формы. Диаметр отверстия равен d .

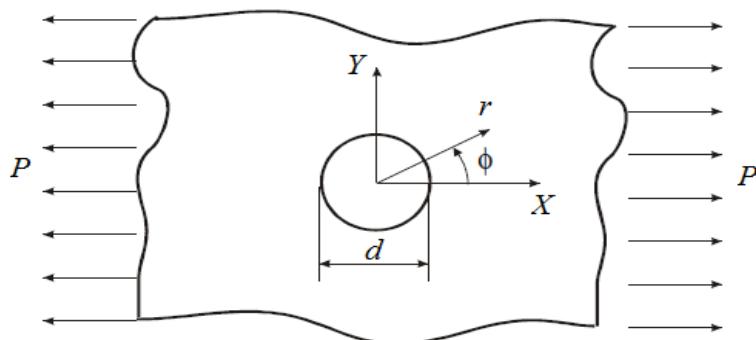


Рис. 0. Схема

Требуется определить напряжения в окрестности отверстия.

Известно аналитическое решение задачи. В полярных координатах напряжения σ_r (радиальная компонента), σ_ϕ (окружная компонента) и $\tau_{r\phi}$ (касательное) определяются формулами:

$$\sigma_r = \frac{p}{2} \left[\left(1 - \frac{a^2}{r^2} \right) + \left(1 - 4 \frac{a^2}{r^2} + 3 \frac{a^4}{r^4} \right) \cos 2\varphi \right]$$

$$\sigma_\varphi = \frac{p}{2} \left[\left(1 + \frac{a^2}{r^2} \right) - \left(1 + 3 \frac{a^4}{r^4} \right) \cos 2\varphi \right]$$

$$\tau_{r\varphi} = -\frac{p}{2} \left[\left(1 + 2 \frac{a^2}{r^2} - 3 \frac{a^4}{r^4} \right) \sin 2\varphi \right]$$

На границе отверстия (при $r = d/2$)

$$\sigma_r = 0, \quad \sigma_\varphi = p(1 - 2 \cos 2\varphi);$$

$$(\sigma_\varphi)_{\max} = 3p \quad \text{при } \varphi = \pm \frac{\pi}{2}$$

$$(\sigma_\varphi)_{\min} = -p \quad \text{при } \varphi = 0, \pi$$

Сравнить численное и аналитическое решения. Исследовать сходимость по сетке.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если произведены все расчеты без ошибок, даны пояснения к полученным результатам с приложением порядка их получения;
- оценка «хорошо», если произведены все расчеты без ошибок студент может объяснить их физический смысл;
- оценка «удовлетворительно», если расчеты произведены с ошибками, однако студент понимает их физическое значение;
- оценка «неудовлетворительно» если произведенные расчеты сделаны с ошибками и студент не может объяснить их физический смысл.

Составитель



(подпись)

М.Н. Данилов

«_1 »__июня _2021 г.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

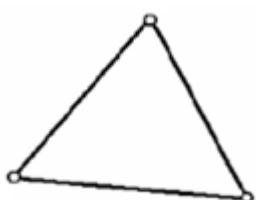
Кафедра **Прикладной математики**
(наименование кафедры)

Комплект тестовых заданий

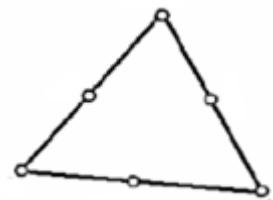
по дисциплине **Современные программные и технологические комплексы**
(наименование дисциплины)

Задание № 1

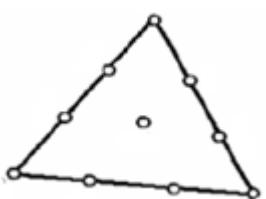
Укажите названия типов элементов, изображенных ниже



А)



Б)



В)

Укажите соответствие **для каждого** нумерованного элемента задания

- элементы первого порядка (линейные базисные функции);
- элементы второго порядка (квадратичные базисные функции);
- элементы высокого порядка (кубические базисные функции).

Задание № 2

Построение сетки для объемных тел в пакете Ansys выполняется с использованием КЭ следующих форм

Укажите **не менее двух** вариантов:

1. Квадрат
2. Гексаэдр
3. Октаэдр
4. Пирамида
5. Призма
6. Тетраэдр
7. Додекаэдр

| | |
|--|---|
| <p>Задание № 3</p> <p>Аппроксимирующая функция для комплекс-элемента содержит</p> | <p>Укажите не менее двух вариантов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Трансцендентные функции 2. Константу 3. Линейные члены 4. Члены второго, третьего и более высокого порядка 5. Комплексные числа |
| <p>Задание № 4</p> <p>Выберете типы тел, которые используются в геометрических редакторах Ansys</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Тела-линии 2. Гиперплоскости 3. Координатные плоскости 4. Тела-поверхности 5. Объемные тела 6. Полубесконечные области пространства 7. Сплайны |
| <p>Задание № 5</p> <p>Перечислите граничные условия для уравнения стационарной теплопроводности</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Заданные температуры 2. Заданные тепловые потоки 3. Заданные скорости изменения температур 4. Конвективный теплообмен с окружающей средой 5. Заданные плотности тепловых потоков 6. Условия лучистого теплообмена 7. Объемный источник тепла 8. Охлаждение или нагревание |

Задание № 6

Перечислите граничные условия для уравнений упругости

1. Заданные перемещения
2. Заданные модули упругости
3. Заданные напряжения
4. Объемные силы
5. Скорости деформации
6. Сосредоточенные силы

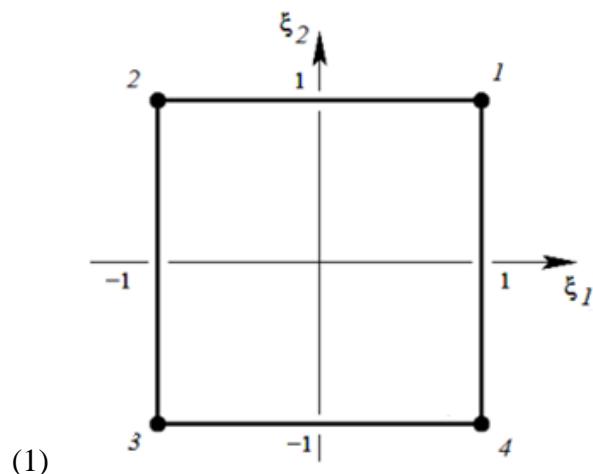
Задание № 7

Исследование сходимости по сетке выполняется с целью

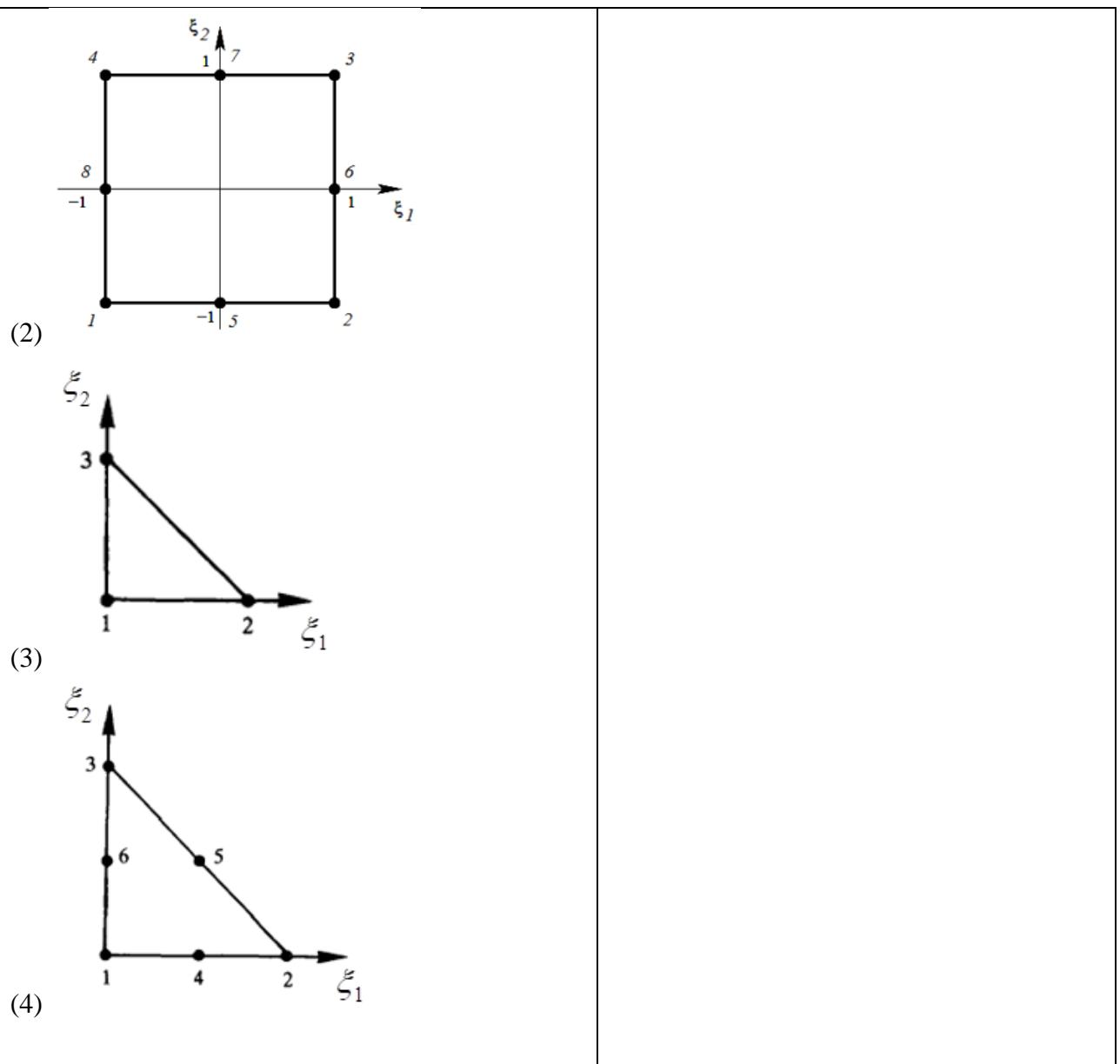
1. определения качества сетки
2. подтверждения достоверности полученного результата численного решения
3. оценки величины погрешности численного решения
4. исследования влияния плотности сетки на результат численного решения
5. поиска оптимальной сетки для решения конкретной задачи
6. выявления концентраторов напряжений

Задание № 8

Установите соответствие между спецификацией КЭ и видом аппроксимирующей функции:



- $v(\xi_1, \xi_2) = \alpha_0 + \alpha_1 \xi_1 + \alpha_2 \xi_2 + \alpha_3 \xi_1 \xi_2 + \alpha_4 \xi_1^2 + \alpha_5 \xi_2^2$
- $v(\xi_1, \xi_2) = \alpha_0 + \alpha_1 \xi_1 + \alpha_2 \xi_2$
- $v(\xi_1, \xi_2) = \alpha_0 + \alpha_1 \xi_1 + \alpha_2 \xi_2 + \alpha_3 \xi_1^2 + \alpha_4 \xi_1 \xi_2 + \alpha_5 \xi_2^2 + \alpha_6 \xi_1^2 \xi_2 + \alpha_7 \xi_1 \xi_2^2$
- $v(\xi_1, \xi_2) = \alpha_0 + \alpha_1 \xi_1 + \alpha_2 \xi_2 + \alpha_3 \xi_1 \xi_2$



Составитель


 (подпись)

М.Н. Данилов

«_1 »__июня _2021 г.

| | |
|---|---|
|  | МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)» |
|---|---|

Кафедра **Прикладной математики**
(наименование кафедры)

Кейс-задача

по дисциплине **Современные программные и технологические комплексы**
(наименование дисциплины)

Конечноэлементный анализ напряженно-деформированного состояния детали

1. Создать 3D-модель (твердотельную модель) детали по ее наглядному изображению (рис. 1). Геометрическое моделирование выполнить с помощью приложений Ansys DesignModeler или Ansys SpaceClaim, либо другой подобной CAD-системы. Готовую модель экспортировать в один из универсальных форматов файлов (*.sat, *.stp, *.x_t, *.iges) и приложить к отчету.

2. Известен материал, из которого выполнена деталь – сталь 36НХТЮ. Для данного материала найти в справочниках по физико-механическим свойствам материалов[†]: модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность, предел текучести, теплопроводность, удельную теплопроводность, коэффициент линейного температурного расширения.

3. Выбрать произвольную схему нагружения детали, включающую:

- равномерно распределенную нагрузку на некоторую поверхность (давление);
- сосредоточенную силу на некоторой малой части поверхности;
- момент (силовой фактор, вызывающий поворот);
- жесткую заделку (ограничение поступательного движения и поворотов).

4. Выполнить конечноэлементный анализ напряженно-деформированного состояния детали в линейно-упругой постановке при действии статических механических нагрузок. Величины нагрузок из п. 3 подобрать такими, чтобы эквивалентные напряжения по Мизесу не превышали 1/10 предела прочности материала. Определить предельную величину равномерно распределенной нагрузки, которую деталь способна воспринять без разрушения и перехода в стадию пластического деформирования (все остальные нагрузки принять неизменными).

5. Выполнить анализ результатов расчета. Построить изополя перемещений, деформаций и напряжений. Описать полученные результаты письменно.

6. Выбрать произвольную схему тепловых воздействий на деталь:

- постоянная температура на некоторой малой поверхности детали;
- тепловой поток;
- конвективный теплообмен с окружающей средой.

[†] См. также марочники сталей, ГОСТы

7. Выполнить конечноэлементный анализ температурных полей в детали в стационарной постановке (при условии, что температуры не меняются в течении времени). Величины температурных воздействий из п. 6 подобрать такими, чтобы максимальная температура детали составляла 250-350 °С.

8. Выполнить анализ результатов расчета. Построить изополя температур, тепловых потоков. Описать полученные результаты письменно.

9. Выполнить конечноэлементный анализ напряженно-деформированного состояния детали в линейно-упругой постановке при температурном воздействии, рассчитать температурные напряжения и деформации. Построить изополя перемещений, деформаций и напряжений. Описать полученные результаты письменно.

10. Составить отчет, содержащий: исходные данные, постановку задачи, описание хода решения задачи, полученные результаты.

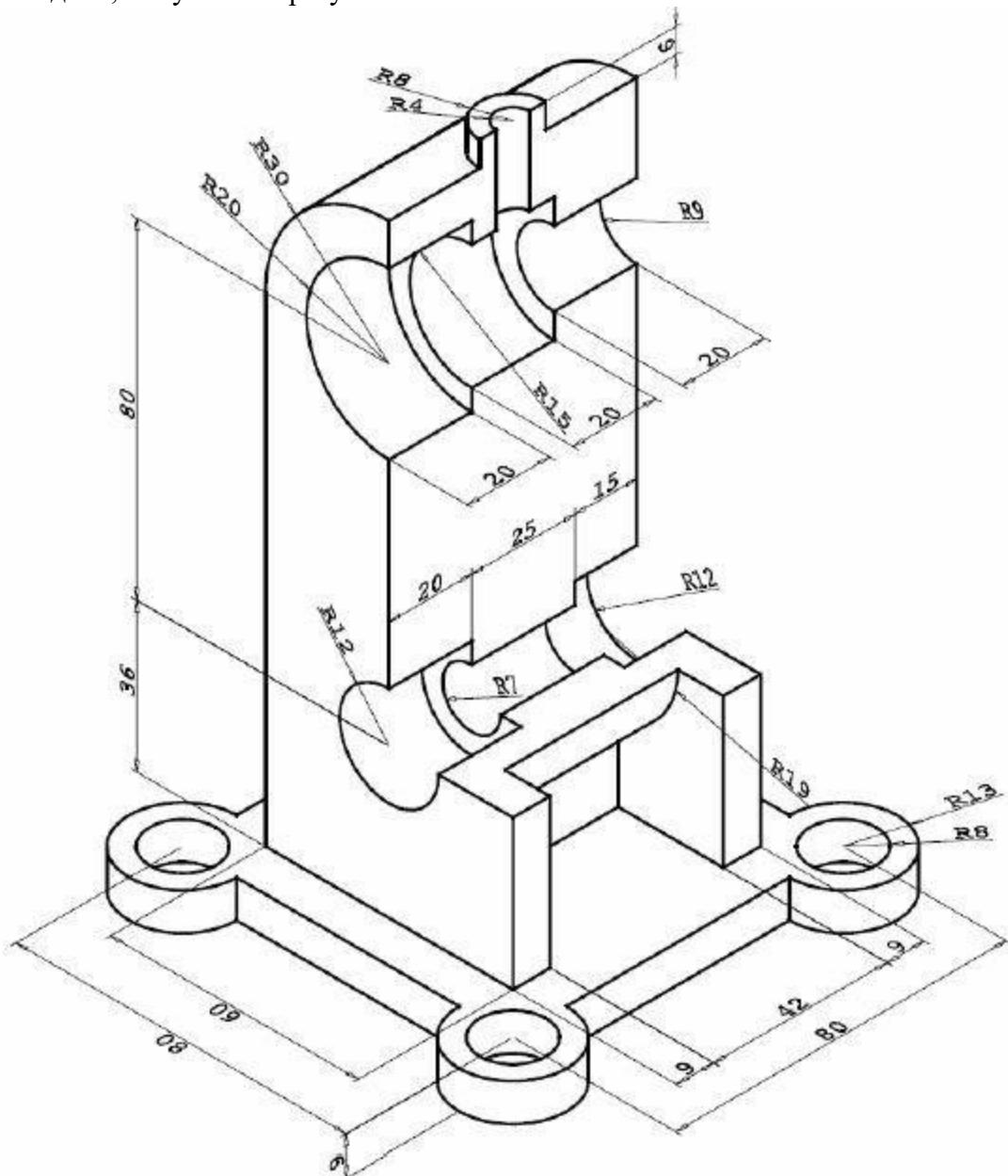


Рис. 1. Деталь

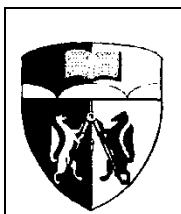
Составитель



подпись)

М.Н. Данилов

«_1 »_июня 2021 г.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет (Сибстрин)»

Кафедра **Прикладной математики**
(наименование кафедры)

Список вопросов к зачету

по дисциплине **Современные программные и технологические комплексы**
(наименование дисциплины)

1. Перечислить основное программное обеспечение, основанное на методе конечных элементов (CAD/CAE, САПР), которое применяется для расчета строительных конструкций.
2. Какие основные приложения, входящие в состав программного комплекса Ansys, применяются при выполнении анализа напряженно-деформированного состояния конструкций.
3. Как называется система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающая напряженно-деформированное состояние.
4. Формулировка краевой задачи для уравнений упругости.
5. Чем отличается аналитическое решение математической задачи от численного решения?
6. Что такое конечноэлементная сетка? Как она влияет на результат решения задачи? Как выполняется исследование сходимости по сетке?
7. Перечислите основные виды граничных условий, применяющихся при решении краевой задачи для уравнений упругости.
8. Перечислите основные методы решения систем линейных алгебраических уравнений, которые применяются при решении задач в конечноэлементных программных комплексах.
9. Дать краткое описание процедуры решения задачи (анализ напряженно-деформированного состояния конструкции) с помощью программного комплекса Ansys.
10. С помощью каких основных приложений, входящих в состав программного комплекса Ansys, можно выполнять геометрическое моделирование? Для чего используются геометрические модели?

Составитель

подпись)

М.Н. Данилов

«_1 » июня 2021 г.