

## Лабораторная работа №5

### Пространственная задача теории упругости

Цель работы: Для пространственной задачи определить напряженно-деформированное состояние методом конечных элементов.

Задание на лабораторную работу.

Для выбранного варианта необходимо:

1. Построить математическую модель физической системы. Рассматривается задача моделирования пространственного напряжённо деформированного состояния пластины с вырезами при различных граничных условиях.
2. Разработать методику исследования математической модели методом конечных элементов.
3. Разработать программное обеспечение, которое должно удовлетворять следующим требованиям:
  - обеспечить ввод исходных данных с помощью GUI;
  - решать задачу методом конечных элементов;
  - отобразить в виде графиков (двумерного и трёхмерного) результаты решения;
  - все результаты решения сохранять как в тестовые файлы (для претендующих на оценки 4-5), так и в файлы специальных форматов (для всех остальных).
4. Провести верификацию полученных результатов с помощью конечноэлементного комплекса ANSYS. Вывести эпюры перемещений, деформаций и напряжений.
5. Оформить отчет о проделанной работе.

## Содержание отчета.

1. Название, цель работы.
2. Задание к лабораторной работе.
3. Описание математической модели задачи.
4. Приложение к отчету:
  - а) программа для определения напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов;
  - б) результаты решения задачи в виде графиков (двумерного и трёхмерного);
  - в) log-файл решения задачи в ANSYS;
  - г) результаты решения задачи в ANSYS, сравнением с результатами из п. б);
  - д) провести указанное в задании исследование математической модели (таблица 1).
5. Сделать выводы по работе.

## Контрольные вопросы

1. Дайте определение пространственной задачи. Приведите примеры.
2. Каковы исходные данные и результаты при решении задачи.
3. Опишите структуру программного комплекса для решения задачи с помощью метода конечных элементов.
4. Опишите методы оптимизации вычислительного процесса.
5. Расскажите о методе Гаусса для решения СЛАУ. Приведите пример распараллеливания алгоритма.
6. Расскажите о методе сопряженных градиентов для решения СЛАУ. Приведите пример распараллеливания алгоритма.
7. Расскажите о методе Холесского для решения СЛАУ. Приведите пример распараллеливания алгоритма.
8. Расскажите о решении задачи в ANSYS.
9. Расскажите о верификации задачи.

Таблица 1

**Варианты заданий для лабораторной работы**

<b>№ варианта</b>	<b>Физическая система</b>	<b>Материал пластинок</b>	<b>Предмет исследования</b>	<b>Формат сохранения результатов</b>	<b>Тип конечного элемента</b>
1	Пластинка с круглым отверстием в центре	медь	Влияние размера отверстия на максимальный прогиб	XML Exell	Кубический треугольный элемент
2	Пластинка в два круга с круглыми отверстиями в центре, центры которых находятся на расстоянии 3 радиусов друг от друга	бронза	Влияния близости расположения отверстий на максимальный прогиб	XML MathCAD	Квадратичный треугольный элемент
3	Пластинка с прямоугольным отверстием в центре	латунь	Влияние размера отверстия на максимальное значение напряжений	XML Exell	Квадратичный четырёхугольный элемент
4	Пластинка в два квадрата с квадратными отверстиями в центре, центры которых находятся на расстоянии 2 длин сторон друг от друга	сталь	Влияния близости расположения отверстий на максимальное значение напряжений	XML MathCAD	Квадратичный четырёхугольный элемент
5	Пластинка с шестигранным отверстием в центре	алюминий	Влияние размера отверстия на максимальное значение деформаций	XML Exell	Линейный треугольный элемент
6	Пластинка в два шестигранных отверстия в центре, центры которых находятся на расстоянии 3 радиусов друг от друга	золото	Влияния близости расположения отверстий на максимальное значение деформаций	XML MathCAD	Линейный треугольный элемент
7	Пластинка с круглым отверстием в центре	сталь	Влияния граничных условий на значение максимального перемещения	XML Exell	Линейный треугольный элемент
8	Пластинка в два	алюминий	Влияния	XML	Квадратичный

<b>№ вар иан та</b>	<b>Физическая система</b>	<b>Материал пластинки</b>	<b>Предмет исследования</b>	<b>Формат сохранения результатов</b>	<b>Тип конечного элемента</b>
	круглыми отверстиями в центре, центры которых находятся на расстоянии 3 радиусов друг от друга	й	граничных условий на значение максимального перемещения	MathCAD	ый треугольный элемент
9	Пластинка с прямоугольным отверстием в центре	золото	Влияния граничных условий на значение максимального перемещения	XML Exell	Квадратичный четырёхугольный элемент
10	Пластинка в два квадратными отверстиями в центре, центры которых находятся на расстоянии 2 длин сторон друг от друга	медь	Влияния граничных условий на значение максимального перемещения	XML MathCAD	Линейный треугольный элемент
11	Пластинка с шестиугольным отверстием в центре	бронза	Влияния граничных условий на значение максимального перемещения	XML Exell	Линейный треугольный элемент
12	Пластинка в два шестиугольными отверстиями в центре, центры которых находятся на расстоянии 3 радиусов друг от друга	латунь	Влияния граничных условий на значение максимального перемещения	XML MathCAD	Линейный треугольный элемент
13	Пластинка с круглым отверстием в центре	бронза	Влияния вида нагрузки на значение максимального напряжения	XML Exell	Квадратичный треугольный элемент
14	Пластинка в два круглыми отверстиями в центре, центры которых находятся на расстоянии 3 радиусов друг от друга	латунь	Влияния вида нагрузки на значение максимального напряжения	XML MathCAD	Квадратичный треугольный элемент

<b>№ вар иан та</b>	<b>Физическая система</b>	<b>Материал пластинки</b>	<b>Предмет исследования</b>	<b>Формат сохранения результатов</b>	<b>Тип конечного элемента</b>
15	Пластина с прямоугольным отверстием в центре	сталь	Влияния вида нагрузки на значение максимального напряжения	XML Exell	Кубический треугольный элемент
16	Пластина в два квадратных отверстия в центре, центры которых находятся на расстоянии 2 длин сторон друг от друга	алюминий	Влияния вида нагрузки на значение максимального напряжения	XML MathCAD	Кубический треугольный элемент
17	Пластина с шестиугольным отверстием в центре	золото	Влияния вида нагрузки на значение максимального напряжения	XML MathCAD	Линейный треугольный элемент
18	Пластина в два шестиугольных отверстия в центре, центры которых находятся на расстоянии 3 радиусов друг от друга	сталь	Влияния вида нагрузки на значение максимального напряжения	XML Exell	Линейный треугольный элемент
19	Пластина с круглым отверстием в центре	бронза	Влияние точки приложения сосредоточенной нагрузки на величину максимальных деформаций	XML MathCAD	Кубический треугольный элемент
20	Пластина в два круглых отверстия в центре, центры которых находятся на расстоянии 3 радиусов друг от друга	латунь	Влияние точки приложения сосредоточенной нагрузки на величину максимальных деформаций	XML Exell	Квадратный треугольный элемент
21	Пластина с прямоугольным отверстием в центре	сталь	Влияние точки приложения сосредоточенной нагрузки на величину максимальных деформаций	XML MathCAD	Кубический четырёхугольный элемент

<b>№ вар иан та</b>	<b>Физическая система</b>	<b>Материал пластинок</b>	<b>Предмет исследования</b>	<b>Формат сохранения результатов</b>	<b>Тип конечного элемента</b>
22	Пластинка в два квадратных отверстия в центре, центры которых находятся на расстоянии 2 длин сторон друг от друга	алюминий	Влияние точки приложения сосредоточенной нагрузки на величину максимальных деформаций	XML Exell	Кубический треугольный элемент
23	Пластинка с шестигранным отверстием в центре	золото	Влияние точки приложения сосредоточенной нагрузки на величину максимальных деформаций	XML MathCAD	Линейный треугольный элемент
24	Пластинка в два шестигранными отверстиями в центре, центры которых находятся на расстоянии 3 радиусов друг от друга	сталь	Влияние точки приложения сосредоточенной нагрузки на величину максимальных деформаций	XML Exell	Линейный треугольный элемент
25	Пластинка с круглым отверстием в центре	латунь	Влияние материала пластинки на величину максимальных деформаций	XML MathCAD	Квадратичный треугольный элемент
26	Пластинка в два круглыми отверстиями в центре, центры которых находятся на расстоянии 3 радиусов друг от друга	сталь	Влияние материала пластинки на величину максимальных деформаций	XML Exell	Кубический треугольный элемент
27	Пластинка с прямоугольным отверстием в центре	алюминий	Влияние материала пластинки на величину максимальных деформаций	XML MathCAD	Кубический четырёхугольный элемент
28	Пластинка в два квадратными отверстиями в центре, центры которых находятся на расстоянии 2 длин сторон друг от друга	золото	Влияние материала пластинки на величину максимальных деформаций	XML Exell	Кубический четырёхугольный элемент

<b>№ вар иан та</b>	<b>Физическая система</b>	<b>Материал пластинки</b>	<b>Предмет исследования</b>	<b>Формат сохранения результатов</b>	<b>Тип конечного элемента</b>
29	Пластинка с шестигранным отверстием в центре	сталь	Влияние материала пластинки на величину максимальных деформаций	XML MathCAD	Линейный треугольный элемент
30	Пластинка в два шестигранных отверстия в центре, центры которых находятся на расстоянии 3 радиусов друг от друга	аллюминий	Влияние материала пластинки на величину максимальных деформаций	XML Exell	Линейный треугольный элемент
31	Пластинка с четырьмя круглыми отверстиями в углах, центры которых находятся на расстоянии 1.5 радиуса от сторон	сталь	Влияние размера отверстия на максимальный прогиб	XML MathCAD	Квадратный треугольный элемент
32	Пластинка с четырьмя квадратными отверстиями в углах, центры которых находятся на расстоянии 1.5 длины стороны отверстия от сторон пластинки	аллюминий	Влияния близости расположения отверстий на максимальный прогиб	XML Exell	Кубический четырёхугольный элемент
33	Пластинка с четырьмя шестигранными отверстиями в углах, центры которых находятся на расстоянии 1.5 радиуса отверстия от сторон пластинки	золото	Влияние размера отверстия на максимальное значение напряжений	XML MathCAD	Линейный треугольный элемент
34	Пластинка с четырьмя круглыми отверстиями по центру сторон, центры которых находятся на расстоянии 1.5 радиуса от стороны	сталь	Влияния близости расположения отверстий на максимальное значение напряжений	XML Exell	Квадратный треугольный элемент
35	Пластинка с четырьмя квадратными отверстиями по	аллюминий	Влияние размера отверстия на максимальное	XML MathCAD	Линейный треугольный элемент

<b>№ вар иан та</b>	<b>Физическая система</b>	<b>Материал пластинки</b>	<b>Предмет исследования</b>	<b>Формат сохранения результатов</b>	<b>Тип конечного элемента</b>
	центру сторон, центры которых находятся на расстоянии 1.5 длины стороны отверстия от стороны		значение деформаций		
36	Пластинка с четырьмя шестигранными отверстиями по центру сторон, центры которых находятся на расстоянии 1.5 радиуса отверстия от стороны пластинки	золото	Влияния близости расположения отверстий на максимальное значение деформаций	XML Exell	Линейный треугольный элемент
37	Пластинка с четырьмя круглыми отверстиями в углах, центры которых находятся на расстоянии 1.5 радиуса от сторон	медь	Влияния граничных условий на значение максимального перемещения	XML MathCAD	Квадратичный треугольный элемент
38	Пластинка с четырьмя квадратными отверстиями в углах, центры которых находятся на расстоянии 1.5 длины стороны отверстия от сторон пластинки	бронза	Влияния граничных условий на значение максимального перемещения	XML Exell	Кубический четырёхугольный элемент
39	Пластинка с четырьмя шестигранными отверстиями в углах, центры которых находятся на расстоянии 1.5 радиуса отверстия от сторон пластинки	латунь	Влияния граничных условий на значение максимального перемещения	XML MathCAD	Линейный треугольный элемент
40	Пластинка с четырьмя круглыми отверстиями по центру сторон, центры которых находятся на расстоянии 1.5 радиуса от стороны	сталь	Влияния граничных условий на значение максимального перемещения	XML Exell	Квадратичный треугольный элемент
41	Пластинка с четырьмя	алюмини	Влияния	XML	Квадратичн



<b>№ вар иан та</b>	<b>Физическая система</b>	<b>Материал пластинок</b>	<b>Предмет исследования</b>	<b>Формат сохранения результатов</b>	<b>Тип конечного элемента</b>
	квадратными отверстиями по центру сторон, центры которых находятся на расстоянии 1.5 длины стороны отверстия от стороны	й	граничных условий на значение максимального перемещения	MathCAD	ый четырёхугол ьный элемент
42	Пластинка с четырьмя шестигранными отверстиями по центру сторон, центры которых находятся на расстоянии 1.5 радиуса отверстия от стороны пластинки	золото	Влияния граничных условий на значение максимального перемещения	XML Exell	Линейный треугольны й элемент
43	Пластинка с четырьмя круглыми отверстиями в углах, центры которых находятся на расстоянии 1.5 радиуса от сторон	медь	Влияния вида нагрузки на значение максимального напряжения	XML MathCAD	Квадратичн ый треугольны й элемент
44	Пластинка с четырьмя квадратными отверстиями в углах, центры которых находятся на расстоянии 1.5 длины стороны отверстия от сторон пластинки	бронза	Влияния вида нагрузки на значение максимального напряжения	XML Exell	Квадратичн ый четырёхугол ьный элемент
45	Пластинка с четырьмя шестигранными отверстиями в углах, центры которых находятся на расстоянии 1.5 радиуса отверстия от сторон пластинки	латунь	Влияния вида нагрузки на значение максимального напряжения	XML MathCAD	Линейный треугольны й элемент