

## Лабораторная работа №4

# РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ, СТАЦИОНАРНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛА и СВЯЗАННОЙ ЗАДАЧИ ТЕРМОУПРУГОСТИ В ТРЕХМЕРНОЙ КОНСТРУКЦИИ

**Индивидуальные задания** – тела в форме букв.

Постройте трехмерную сплошную фигуру в форме заданной буквы (см. таблицу 1, буквы из лабораторной работы 2). Проведите температурный или структурный анализ, а также связанный термоупругий анализ, в соответствии со своим вариантом задания.

**Анализ А1. Температурный анализ и связанный термоупругий анализ (решение задачи теплопроводности и связанной задачи термоупругости с условиями подачи температуры и теплообмена, расчет температурных напряжений).** Сначала проведите температурный анализ: рассчитайте поле температур и вектора потока тепла в трехмерной конструкции в форме буквы при подаче на нижние грани заданных значений температуры и при задании на верхних гранях условия конвективного теплообмена. Затем дополнительно проведите связанный термоупругий анализ с теми же граничными температурными условиями, изменив тип конечного элемента и добавив условие закрепления нижних граней. Сравните результаты расчета распределения температуры и вектора потока тепла в термоупругом анализе с аналогичными результатами для чисто температурного анализа. Проведите расчет температурных напряжений и приведите результаты расчета напряженно-деформированного состояния конструкции в результате появления температурных напряжений: деформированную форму конструкции, распределение перемещений, осевых напряжений ( $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$ ,  $\sigma_{zz}$ ) и интенсивности напряжений.

**Анализ А2. Структурный анализ и связанный термоупругий анализ (решение задачи теории упругости и связанной задачи термоупругости с условиями жесткого закрепления и распределенной нагрузки, а также подачи температуры и теплообмена, расчет напряженно-деформированного состояния и температурных напряжений).** Сначала проведите структурный анализ: рассчитайте напряженно-деформированное состояние (деформированную форму конструкции, распределение перемещений, осевых напряжений ( $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$ ,  $\sigma_{zz}$ ) и интенсивности напряжений) трехмерной конструкции в форме буквы, предположив, что нижние грани буквы жестко закреплены, а на верхние грани приложена растягивающая нагрузка. Затем дополнительно проведите связанный термоупругий анализ с теми же граничными механическими условиями, изменив тип конечного элемента и добавив условие подачи температуры на закрепленные грани и теплообмен на грани с растягивающей нагрузкой. Сравните результаты расчета напряженно-деформированного состояния в термоупругом анализе с аналогичными результатами для структурного анализа. Проведите расчет полей температур и вектора потока тепла.

Рассмотрите любой изотропный материал. Материальные параметры можно принять теми же, что и для рассмотренного примера. Значения величин для граничных условий придумайте самостоятельно аналогично рассмотренному примеру.

Сравните результаты расчетов (хотя бы по степеням свободы) при использовании тетраэдральной сетки (10-узловой тетраэдр с промежуточными узлами) и гексаэдральной сетки (8-узловой линейный и 20-узловой квадратичный гексаэдр). Дополнительно сравните время расчета при использовании различных конечных элементов (см. прилагаемый файл ansys computation time).

Используйте командный режим программы ANSYS для создания твердотельной и конечно-элементной модели, задания граничных условий и решения задачи. Используйте командный или интерактивный режим ANSYS для просмотра результатов.

### Требования к отчету

Отчет должен содержать ФИО студента, полное описание задачи (вместе со схемой области и обозначенными на ней размерами) и результаты, полученные в ANSYS. В отчет следует также включить листинги входных файлов.

Приведите следующие результаты расчетов:

- конечно-элементную сетку с граничными условиями для всех типов задач
- картины распределения неизвестных величин (температура для температурного анализа, перемещения для структурного анализа, температура и перемещения для термоупругого анализа и т.д.)
- картины распределения вектора потока тепла и его модуля
- картины распределения вектора перемещений и его модуля
- картины распределения осевых напряжений
- картины распределения интенсивности напряжений

### **Таблица 1**

Здесь R – вращение (команда VROTAT); D – параллельный перенос (команда VDRAG); E – экструзия или перенос с изменением масштаба (команда VEXT).

Нечетные варианты – анализ A1, четные варианты – анализ A2.

Таблица 1

№ задания	Способ получения 3D-конструкции	Вид области	ФИО студента
1	R	<b>З</b>	Епихина Юлия
2	D	<b>О</b>	Иртаков Себастьян
3	E	<b>С</b>	Моргачева Диана
4	D	<b>У</b>	Перепелица Дарина
5	E	<b>Ф</b>	Петров Александр

6	R	<b>Ч</b>	Соболев Дмитрий
7	E	<b>Э</b>	Титаренко Евгений
8	D	<b>Ю</b>	Харитонов Владислав
9	R	<b>Д</b>	Чаликова Виктория