

Инструментальные средства моделирования

Модуль 1

Домашнее задание

Бобер С.А.

October 1, 2018



Введение

Материал, прочитанный на лекциях и примеры решения задач доступны в кратком содержании курса.

Задание

Построить алгоритм численного решения и оптимизации предложенной в конкретном варианте задачи на языке Python (с использованием библиотек NumPy, SciPy, Matplotlib) и визуализировать результаты. Решение должно быть выполнено в Jupyter Notebook (Jupyter Lab) и загружено до конца модуля по следующей ссылке:

[Загрузить решение](#)

Должны быть построены следующие рисунки:

- Рисунок 1. Сетка конечных элементов. Элементы отображаются треугольниками, узлы - точками. Элементы и узлы должны быть отображены разными цветами. Отобразить номера узлов.

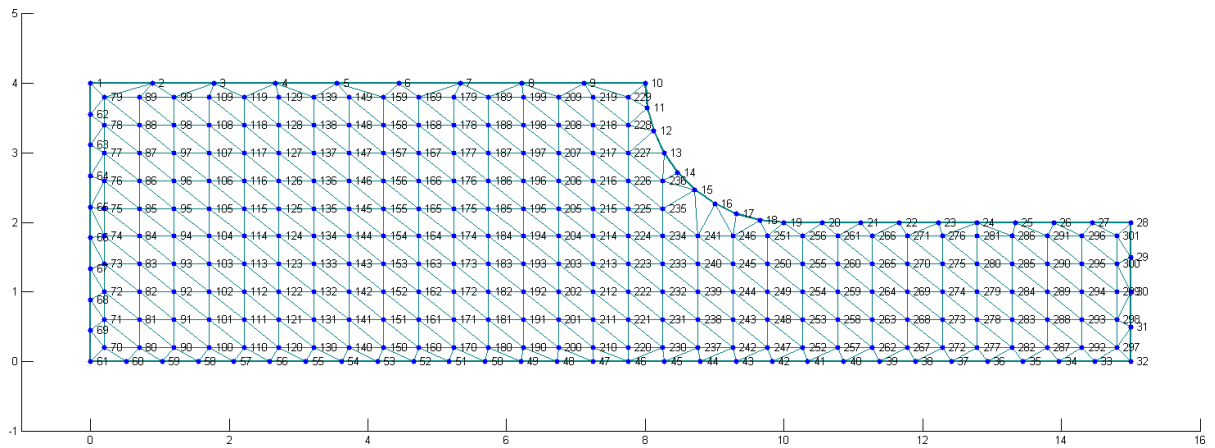


Рис. 1. Сетка конечных элементов

- Рисунок 2. Контурная карта главных напряжений. Должны быть отображены:
 - начальная форма границы детали,
 - контурная карта поля главных напряжений в узлах,
 - координаты узлов должны учитывать перемещение (с учетом масштабного коэффициента), полученное в результате решения задачи,
 - цветовая шкала (colorbar), цвета и значения в которой соответствуют отображенному полю,
 - значения главных напряжений в тех узлах, где заданы граничные условия, а также в узлах с максимальным и минимальным значением главного напряжения.

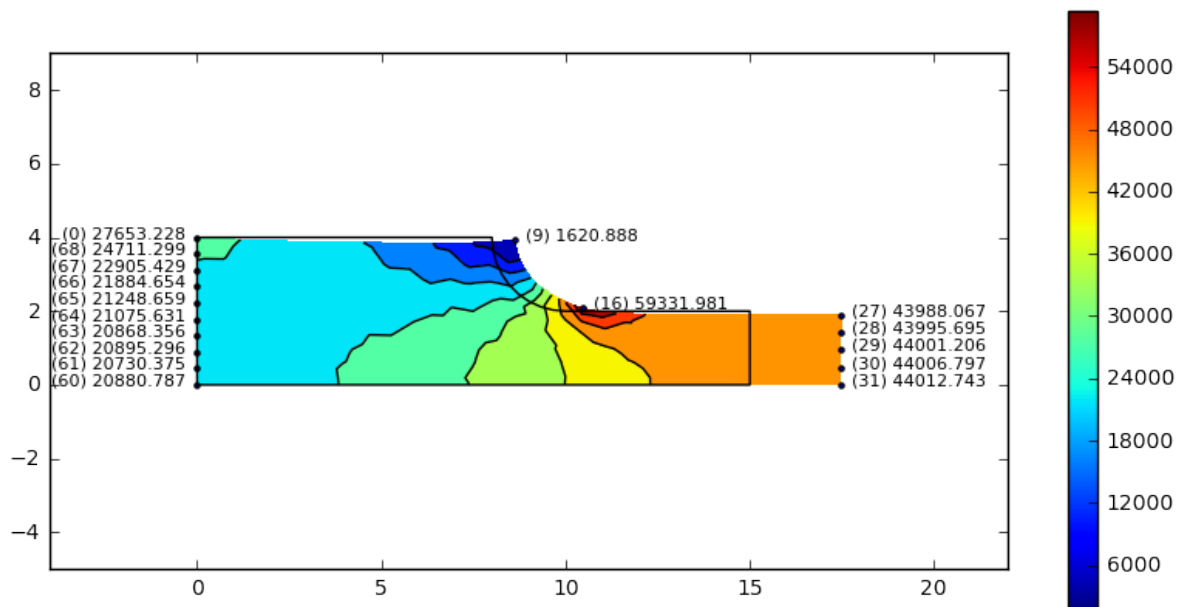
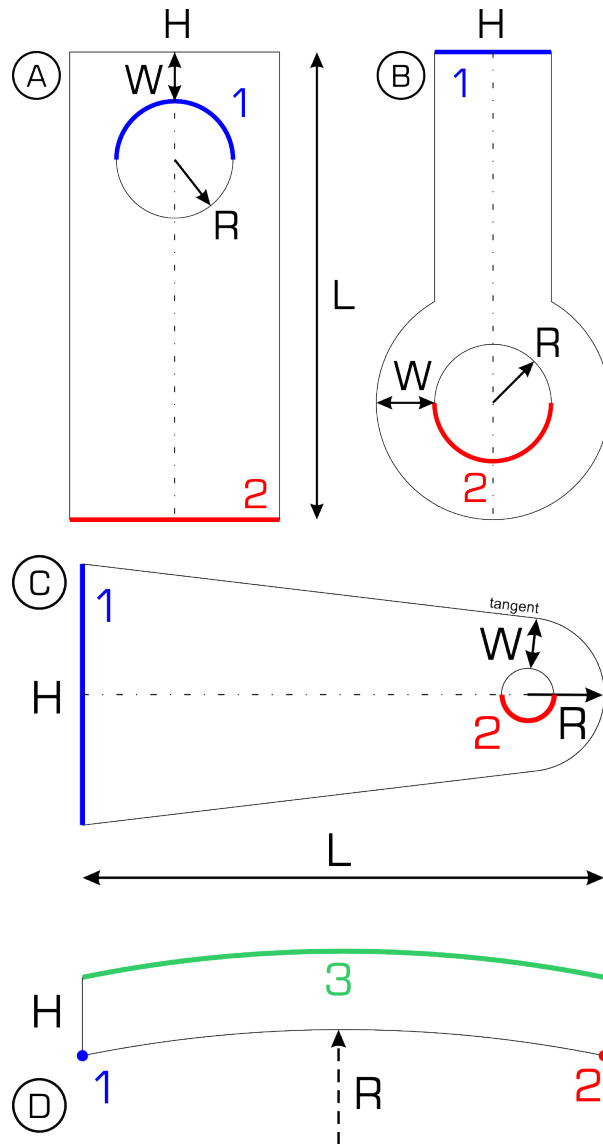


Рис. 2. Контурная карта главных напряжений

Типы деталей

На рисунке 3 приведены изображения 6 типов деталей A - F. Детали характеризуются размерами L , H , W и радиусом R . На каждой детали указаны зоны границ, пронумерованные 1, 2, 3.



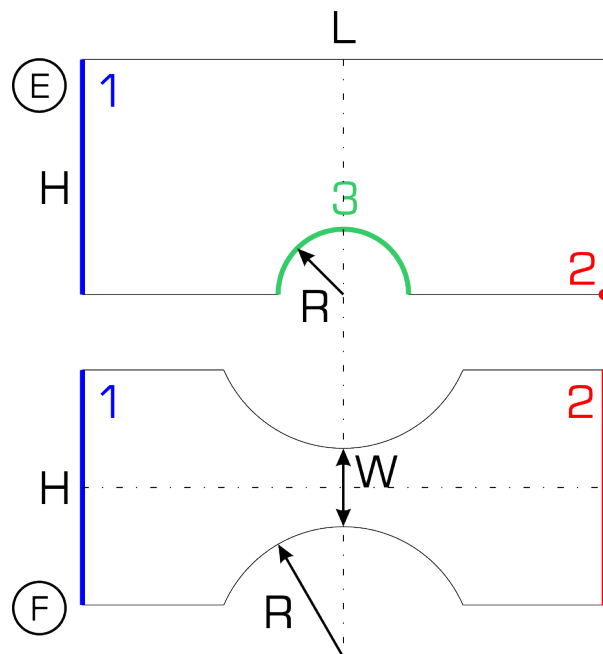


Рис. 3. Типовые детали

Свойства материала

В качестве материала для деталей послужит конструкционная сталь различного качества. В таблице 1 указаны упругие свойства этих сталей, необходимые для расчетов.

E - модуль упругости (Юнга),

σ_T - предел текучести при растяжении.

Табл. 1. Свойства материалов

№	E , ГПа	μ	σ_T , МПа
1	200	0.27	300
2	210	0.29	600
3	220	0.31	900

Критерий прочности

В этом задании принимается следующий простейший критерий прочности (выхода из зоны упругости): если первое главное напряжение превышает предел текучести σ_T .

Этапы решения

- Построение разбиения границы, генерации узлов и конечных элементов для указанного типа детали;
- Построение глобальной матрицы жесткости;
- Расчет граничных условий в указанных зонах (1-3) и внесение их в систему уравнений МКЭ;
- Решение задачи теории упругости при фиксированном параметре, и визуализация полученных при решении данных;
- Проверка корректности решения, исправление ошибок;

- Создание процедуры для оптимизации задачи по указанному параметру;
- Выполнение оптимизации и визуализация результатов.

Варианты заданий

Вариант 1

Рассчитать минимальную толщину t (см), при которой деталь A упруго деформируется равномерно распределенной по зоне границы 1 нагрузкой $P = 20$ кг под углом 15° . Деталь изготовлена из стали №2, имеет размеры $L, H, W, R = 10, 5, 1, 2$ см, а зона границы 2 не перемещается.

Вариант 2

Равномерно распределенная нагрузка $P = 40$ кг, приложенная к зоне 1 под углом 30° , деформирует деталь B с размерами $L, H, W, R = 10, 8, 2, 2$ см. Найти наименьшую толщину детали t (см), при которой не возникает пластической деформации, если зона 2 неподвижна, а деталь изготовлена из стали №2.

Вариант 3

Рассчитать максимальное смещение U (см) детали C , которое она способна выдержать (до возникновения пластической деформации) при воздействии равномерно распределенного усилия P (кг) на зону границы 1 под углом 75° . Деталь имеет размеры $L, H, W, R = 10, 5, 1, 7$ см, толщину - 2 (см), материал - №3, а зона границы 2 закреплена.

Вариант 4

Деталь D с размерами $L, H, R = 10, 1, 25$ см и толщиной 3 см подвержена упругой деформации посредством приложенного к зоне 3 равномерно распределенного усилия P (кг), действующего под углом -45° . Зона 2 закреплена, зона 1 свободно движется вдоль оси X . Определить наибольшее смещение детали U (см) при условии сохранения упругой деформации, если деталь изготовлена из стали №3.

Вариант 5

Рассчитать максимальную величину равномерно распределенного усилия P (Н/см²), приходящегося на зону границы 3 и действующего под углом -60° , которую деталь E из стали №2 способна выдержать (не допуская пластической деформации). Размеры детали - $L, H, R = 15, 5, 1$ см, толщина - 8 см. Зона 1 закреплена, зона 2 свободно движется вдоль оси X .

Вариант 6

Зона 2 границы детали F закреплена, а зона 1 равномерно нагружена усилием P (Н/см²) под углом 0° . Деталь задана следующими размерами: $L, H, W, R = 15, 5, 2, 7$ см и толщиной $t = 1$ см. При условии сохранения упругости деформации определить наибольшую величину усилия P , если деталь изготовлена из стали №1.

Вариант 7

Рассчитать минимальную толщину t (см), при которой деталь A упруго деформируется равномерно распределенной по зоне границы 1 нагрузкой $P = 30$ кг под углом 15° . Деталь изготовлена из стали №1, имеет размеры $L, H, W, R = 10, 7, 2, 3$ см, а зона границы 2 не перемещается.

Вариант 8

Равномерно распределенная нагрузка $P = 35$ кг, приложенная к зоне 1 под углом -30° , деформирует деталь B с размерами $L, H, W, R = 10, 5, 1, 4$ см. Найти наименьшую толщину детали t (см), при которой не возникает пластической деформации, если зона 2 неподвижна, а деталь изготовлена из стали №1.

Вариант 9

Рассчитать максимальное смещение U (см) детали C , которое она способна выдержать (до возникновения пластической деформации) при воздействии равномерно распределенного усилия P (кг) на зону границы 1 под углом 60° . Деталь имеет размеры $L, H, W, R = 10, 5, 1, 2$ см, толщину - 6 (см), материал - №2, а зона границы 2 закреплена.

Вариант 10

Деталь D с размерами $L, H, R = 15, 1, 200$ см и толщиной 2 см подвержена упругой деформации посредством приложенного к зоне 3 равномерно распределенного усилия P (кг), действующего под углом -60° . Зона 2 закреплена, зона 1 свободно движется вдоль оси X . Определить наибольшее смещение детали U (см) при условии сохранения упругой деформации, если деталь изготовлена из стали №2.

Вариант 11

Рассчитать максимальную величину равномерно распределенного усилия P (Н/см²), приходящегося на зону границы 3 и действующего под углом 45° , которую деталь E из стали №2 способна выдержать (не допуская пластической деформации). Размеры детали - $L, H, R = 10, 5, 4$ см, толщина - 2 см. Зона 1 закреплена, зона 2 свободно движется вдоль оси X .

Вариант 12

Зона 2 границы детали F закреплена, а зона 1 равномерно нагружена усилием P (Н/см²) под углом -90° . Деталь задана следующими размерами: $L, H, W, R = 10, 10, 6, 4$ см и толщиной $t = 1$ см. При условии сохранения упругости деформации определить наибольшую величину усилия P , если деталь изготовлена из стали №1.

Вариант 13

Рассчитать минимальную толщину t (см), при которой деталь A упруго деформируется равномерно распределенной по зоне границы 1 нагрузкой $P = 25$ кг под углом -90° . Деталь изготовлена из стали №1, имеет размеры $L, H, W, R = 15, 5, 1, 1$ см, а зона границы 2 не перемещается.

Вариант 14

Равномерно распределенная нагрузка $P = 10$ кг, приложенная к зоне 1 под углом -75° , деформирует деталь B с размерами $L, H, W, R = 15, 5, 2, 5$ см. Найти наименьшую толщину детали t (см), при которой не возникает пластической деформации, если зона 2 неподвижна, а деталь изготовлена из стали №2.

Вариант 15

Рассчитать максимальное смещение U (см) детали C , которое она способна выдержать (до возникновения пластической деформации) при воздействии равномерно распределенного усилия P (кг) на зону границы 1 под углом 30° . Деталь имеет размеры $L, H, W, R = 10, 5, 1, 7$ см, толщину - 6 (см), материал - №3, а зона границы 2 закреплена.

Вариант 16

Деталь D с размерами $L, H, R = 10, 1, 25$ см и толщиной 3 см подвержена упругой деформации посредством приложенного к зоне 3 равномерно распределенного усилия P (кг), действующего под углом -15° . Зона 2 закреплена, зона 1 свободно движется вдоль оси X . Определить наибольшее смещение детали U (см) при условии сохранения упругой деформации, если деталь изготовлена из стали №2.

Вариант 17

Рассчитать максимальную величину равномерно распределенного усилия P (Н/см²), приходящегося на зону границы 3 и действующего под углом 60° , которую деталь E из стали №2 способна выдержать (не допуская пластической деформации). Размеры детали - $L, H, R = 15, 5, 1$ см, толщина - 9 см. Зона 1 закреплена, зона 2 свободно движется вдоль оси X .

Вариант 18

Зона 2 границы детали F закреплена, а зона 1 равномерно нагружена усилием P (Н/см²) под углом 15° . Деталь задана следующими размерами: $L, H, W, R = 15, 5, 2, 7$ см и толщиной $t = 1$ см. При условии сохранения упругости деформации определить наибольшую величину усилия P , если деталь изготовлена из стали №3.

Вариант 19

Рассчитать минимальную толщину t (см), при которой деталь A упруго деформируется равномерно распределенной по зоне границы 1 нагрузкой $P = 45$ кг под углом -15° . Деталь изготовлена из стали №1, имеет размеры $L, H, W, R = 10, 10, 1, 4$ см, а зона границы 2 не перемещается.

Вариант 20

Равномерно распределенная нагрузка $P = 30$ кг, приложенная к зоне 1 под углом 60° , деформирует деталь B с размерами $L, H, W, R = 5, 1, 1, 1$ см. Найти наименьшую толщину детали t (см), при которой не возникает пластической деформации, если зона 2 неподвижна, а деталь изготовлена из стали №2.

Вариант 21

Рассчитать максимальное смещение U (см) детали C , которое она способна выдержать (до возникновения пластической деформации) при воздействии равномерно распределенного усилия P (кг) на зону границы 1 под углом -90° . Деталь имеет размеры $L, H, W, R = 10, 5, 1, 2$ см, толщину - 9 (см), материал - №3, а зона границы 2 закреплена.

Вариант 22

Деталь D с размерами $L, H, R = 15, 1, 200$ см и толщиной 4 см подвержена упругой деформации посредством приложенного к зоне 3 равномерно распределенного усилия P (кг), действующего под углом -75° . Зона 2 закреплена, зона 1 свободно движется вдоль оси X . Определить наибольшее смещение детали U (см) при условии сохранения упругой деформации, если деталь изготовлена из стали №3.

Вариант 23

Рассчитать максимальную величину равномерно распределенного усилия P (Н/см²), приходящегося на зону границы 3 и действующего под углом -15° , которую деталь E из стали №1 способна выдержать (не допуская пластической деформации). Размеры детали - $L, H, R = 10, 5, 4$ см, толщина - 9 см. Зона 1 закреплена, зона 2 свободно движется вдоль оси X .

Вариант 24

Зона 2 границы детали F закреплена, а зона 1 равномерно нагружена усилием P (Н/см²) под углом -45° . Деталь задана следующими размерами: $L, H, W, R = 10, 10, 6, 4$ см и толщиной $t = 3$ см. При условии сохранения упругости деформации определить наибольшую величину усилия P , если деталь изготовлена из стали №1.

Вариант 25

Рассчитать минимальную толщину t (см), при которой деталь A упруго деформируется равномерно распределенной по зоне границы 1 нагрузкой $P = 30$ кг под углом -75° . Деталь изготовлена из стали №1, имеет размеры $L, H, W, R = 15, 5, 5, 2$ см, а зона границы 2 не перемещается.

Вариант 26

Равномерно распределенная нагрузка $P = 45$ кг, приложенная к зоне 1 под углом 75° , деформирует деталь B с размерами $L, H, W, R = 10, 2, 1, 3$ см. Найти наименьшую толщину детали t (см), при которой не возникает пластической деформации, если зона 2 неподвижна, а деталь изготовлена из стали №2.

Вариант 27

Рассчитать максимальное смещение U (см) детали C , которое она способна выдержать (до возникновения пластической деформации) при воздействии равномерно распределенного усилия P (кг) на зону границы 1 под углом 0° . Деталь имеет размеры $L, H, W, R = 10, 5, 1, 7$ см, толщину - 5 (см), материал - №1, а зона границы 2 закреплена.

Вариант 28

Деталь D с размерами $L, H, R = 10, 1, 25$ см и толщиной 8 см подвержена упругой деформации посредством приложенного к зоне 3 равномерно распределенного усилия P (кг), действующего под углом 90° . Зона 2 закреплена, зона 1 свободно движется вдоль оси X . Определить наибольшее смещение детали U (см) при условии сохранения упругой деформации, если деталь изготовлена из стали №3.

Вариант 29

Рассчитать максимальную величину равномерно распределенного усилия P (Н/см²), приходящегося на зону границы 3 и действующего под углом -15° , которую деталь E из стали №3 способна выдержать (не допуская пластической деформации). Размеры детали - $L, H, R = 15, 5, 1$ см, толщина - 7 см. Зона 1 закреплена, зона 2 свободно движется вдоль оси X .

Вариант 30

Зона 2 границы детали F закреплена, а зона 1 равномерно нагружена усилием P (Н/см²) под углом -45° . Деталь задана следующими размерами: $L, H, W, R = 15, 5, 2, 7$ см и толщиной $t = 1$ см. При условии сохранения упругости деформации определить наибольшую величину усилия P , если деталь изготовлена из стали №1.

Вариант 31

Рассчитать минимальную толщину t (см), при которой деталь A упруго деформируется равномерно распределенной по зоне границы 1 нагрузкой $P = 35$ кг под углом -45° . Деталь изготовлена из стали №2, имеет размеры $L, H, W, R = 10, 5, 1, 2$ см, а зона границы 2 не перемещается.

Вариант 32

Равномерно распределенная нагрузка $P = 20$ кг, приложенная к зоне 1 под углом 90° , деформирует деталь B с размерами $L, H, W, R = 10, 8, 2, 2$ см. Найти наименьшую толщину детали t (см), при которой не возникает пластической деформации, если зона 2 неподвижна, а деталь изготовлена из стали №3.

Вариант 33

Рассчитать максимальное смещение U (см) детали C , которое она способна выдержать (до возникновения пластической деформации) при воздействии равномерно распределенного усилия P (кг) на зону границы 1 под углом 0° . Деталь имеет размеры $L, H, W, R = 10, 5, 1, 2$ см, толщину - 4 (см), материал - №1, а зона границы 2 закреплена.