

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
Национальный исследовательский Томский Политехнический университет

**Самостоятельная работа с модулем топологической  
оптимизации в ANSYS Workbench  
Лабораторная работа №4**

Томск – 2023

## Содержание

	С.
1 Введение.....	4
2 Создание 3D-модели .....	5
3 Создание расчётной задачи и задание материала.....	7
4 Общие настройки для статического анализа и топологической оптимизации .....	8
5 Настройки статического анализа.....	9
6 Настройки анализа топологической оптимизации .....	10
7 Обработка результатов .....	14
8 Содержание отчёта.....	15

## **Цели лабораторной работы**

1. Продолжить знакомиться с возможностями программы Space Claim Direct Modeler (SCDM).
2. Получить навыки работы с проектами и материалами в ANSYS Workbench.
3. Научиться создавать конечно-элементную сетку, устанавливать различного вида нагрузки и граничные условия, настраивать выходные данные.
4. Самостоятельно создать и решить задачу топологической оптимизации.

## 1 Введение

В настоящее время существует два пути при создании новой конструкции: параметрическая и топологическая оптимизация.

При параметрической оптимизации конструктор полностью контролирует параметр или набор параметров, которые определяют форму модели. То есть, конструктор самостоятельно решает какие параметры, определяющие форму модели необходимо изменять в процессе проектирования, чтобы добиться результатов, удовлетворяющих техническому заданию, рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 – Параметрическая оптимизация конструкции

Во время топологической оптимизации, форма модели полностью передаётся оптимизирующему алгоритму, что позволяет добиться необычных результатов, не похожих на классический дизайн.

Другими словами, топологическая оптимизация – нахождение наиболее выгодного с точки зрения минимума массы распределения материала в силовых конструкциях, рисунок 1.2.



Рисунок 1.2 – Топологическая оптимизация конструкции

## 2 Создание 3D-модели

2.1 В любой САПР создайте 3D-деталь по эскизу, представленному на рисунке 2.1, размеры взять согласно номеру варианта из таблицы 1. Номер варианта выдаёт преподаватель.

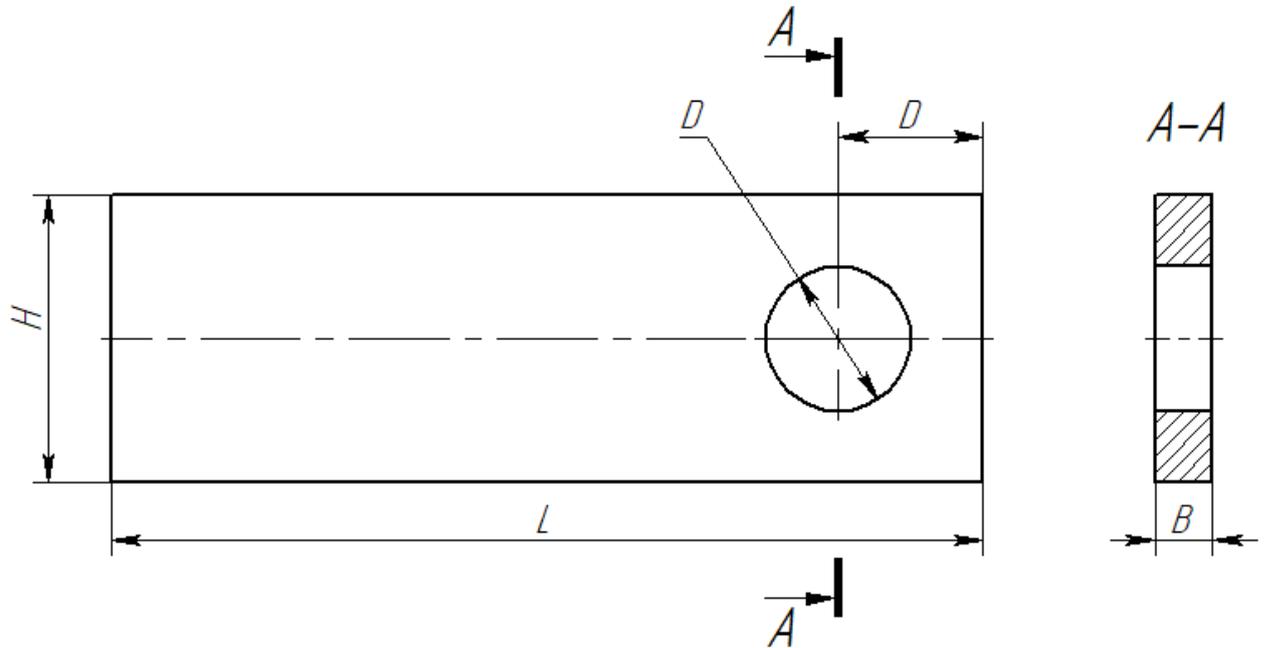


Рисунок 2.1 – Эскиз для создания 3D-модели

2.2 Сохраните созданную 3D-модель в формате геометрической модели Parasolid и загрузите её в ANSYS Workbench.

Таблица 1 – Размеры детали

<b>№ Варианта</b>	<b>L, мм</b>	<b>B, мм</b>	<b>H, мм</b>	<b>D, мм</b>
1	100	8	80	60
2	110	9	70	55
3	120	10	60	45
4	130	11	50	40
5	140	12	40	35
6	150	8	30	20
7	160	9	80	55
8	170	10	70	50
9	180	11	60	40
10	190	12	50	35
11	200	8	40	30
12	210	9	30	15
13	220	10	80	60
14	230	11	70	55
15	100	12	60	45
16	110	8	50	40
17	120	9	40	35
18	130	10	30	20
19	140	11	80	55
20	150	12	70	50
21	160	8	60	40
22	170	9	50	35
23	180	10	40	30
24	190	11	30	15
25	200	12	80	60
26	210	8	70	55
27	220	9	60	40
28	230	10	50	35
29	100	11	40	30
30	110	12	30	20

### **3 Создание расчётной задачи и задание материала**

3.1 Создайте статический анализ (Static Structural) и связанный с ним анализ топологической оптимизации (Topology Optimization).

3.2 Материал детали для всех вариантов взять Aluminum Alloy из базы General Materials в ANSYS Workbench.

## 4 Общие настройки для статического анализа и топологической оптимизации

4.1 Размер конечно-элементной сетки (Element Size) в настройках сетки (Mesh) задать таким, чтобы количество узлов (Nodes) конечных элементов не превышало 200 тыс.

### 4.2 Создание именованного компонента.

На данном шаге необходимо создать именованный компонент поверхности окружности. Задайте имя набору – Remote Point. Поверхность подсвечена красным цветом на рисунке 4.1.

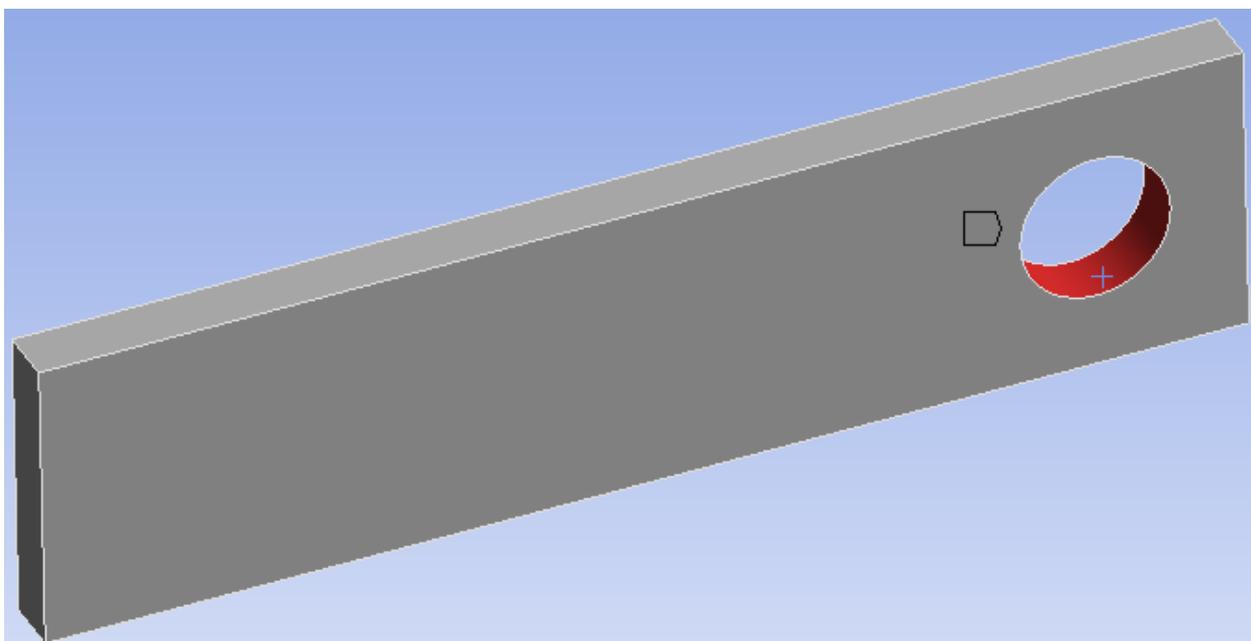


Рисунок 4.1 – Поверхность для создания именованного набора

## 5 Настройки статического анализа

5.1 Провести полное закрепление согласно рисунку 5.1.

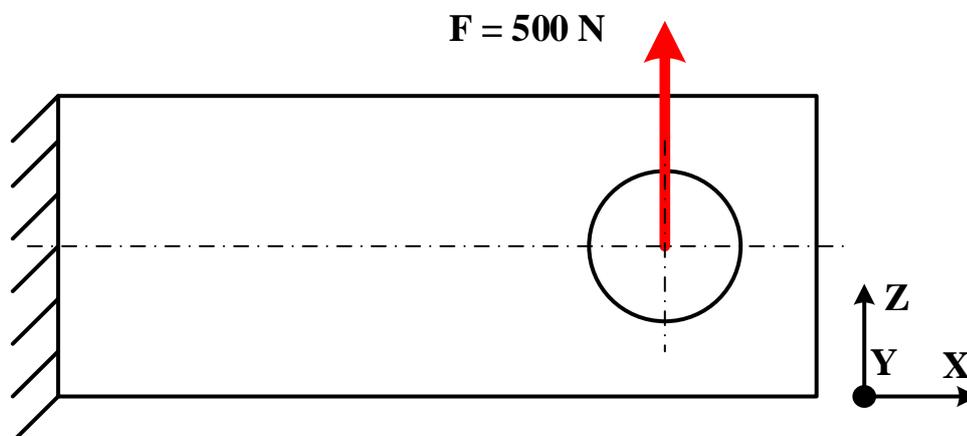


Рисунок 5.1 – Задача для топологической оптимизации

5.2 Нагрузка равная 500 Н прикладывается к поверхности отверстия как граничное условие Bearing Load (Нагрузка на подшипник) и находится там же, где и остальные нагрузки возможные для статического анализа. Нагрузка на подшипник прикладывается перпендикулярно плоскости отверстия вдоль оси Z, рисунок 5.1.

У Вас ось приложения нагрузки может быть другой.

5.3 После задания всех настроек запустите задачу статического анализа на расчёт.

5.4 По окончании расчёта убедитесь в адекватности результатов и переходите к следующему разделу.

## 6 Настройки анализа топологической оптимизации

6.1 В качестве **Optimization Region** (Регион оптимизации топологического анализа) автоматически будут исключены: 1 – поверхность закрепления; 2 – поверхность приложения силы, рисунок 6.1.

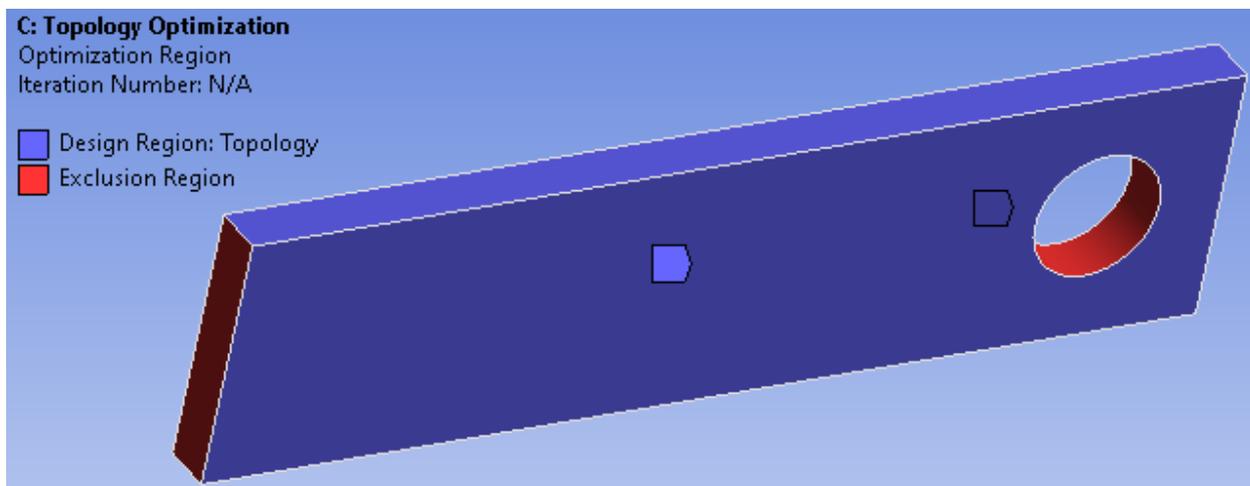


Рисунок 6.1 – Регион топологической оптимизации

6.2 Целью (**Objective**) топологической оптимизации является минимизация массы детали, рисунок 6.2.

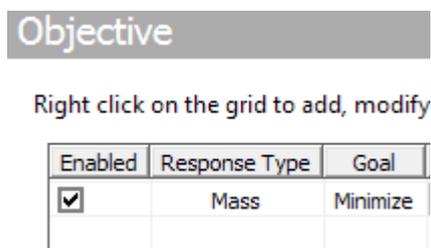
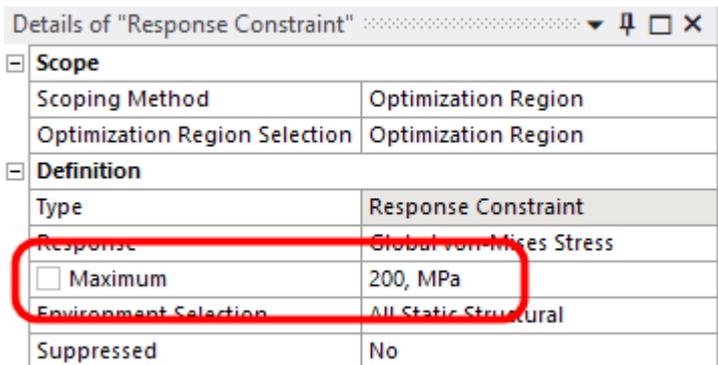


Рисунок 6.2 – Цель топологической оптимизации

6.3 Добавьте в топологический анализ ограничение **Global von-Mises Stress Constraint**. То есть, при топологической оптимизации максимальные механические напряжения не должны будут превышать заданных

пользователем. Задайте настройки как на рисунке 6.3.



Details of "Response Constraint"	
Scope	
Scoping Method	Optimization Region
Optimization Region Selection	Optimization Region
Definition	
Type	Response Constraint
Response	Global von-Mises Stress
<input checked="" type="checkbox"/> Maximum	200, MPa
Environment Selection	All Static Structural
Suppressed	No

Рисунок 6.3 – Ограничение возможных максимальных механических напряжений

6.4 Далее необходимо добавить ограничение **Manufacturing Constraint** (технологические ограничения). С помощью данного ограничения программе показывают, как можно убирать лишний материал. Либо материал можно убирать с любой стороны и на разную глубину, либо материал можно убирать только с определённой стороны и на определённую глубину.

Для данной детали предполагается, что она будет изготовлена на фрезерном станке и материал можно будет убирать только с одной стороны вдоль оси Y, рисунок 5.1.

Для добавления данного ограничения, необходимо нажать ЛКМ на строке Topology Optimization в дереве задачи, после этого в ленте появится дополнительная контекстная вкладка (Context Environment). Добавьте технологические ограничения (Pull Out Direction), рисунок 6.4.

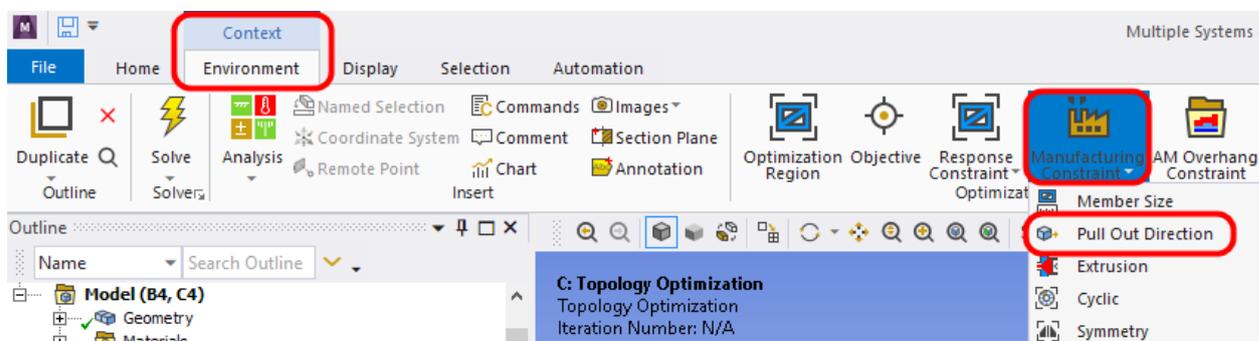


Рисунок 6.4 – Добавление технологических ограничений

В настройках **Manufacturing Constraint** задайте ось (Axis) так, чтобы стрелка была перпендикулярна толщине В (в данном случае ось Y), рисунки 2.1, 5.1, 6.5 и 6.6.

Details of "Manufacturing Constraint"	
[-] <b>Scope</b>	
Scoping Method	Optimization Region
Optimization Region Selection	Optimization Region
[-] <b>Definition</b>	
Type	Manufacturing Constraint
Subtype	Pull Out Direction
Suppressed	No
[-] <b>Location and Orientation</b>	
Coordinate System	Global Coordinate System
Axis	Y Axis
Direction	Along Axis

Рисунок 6.5 – Задание направления удаления материала

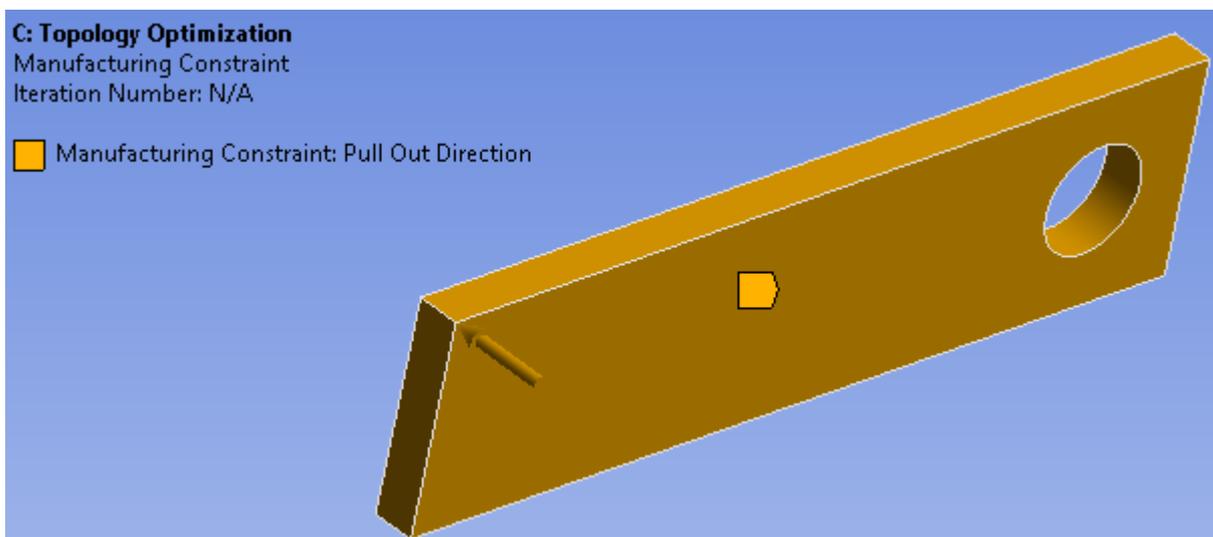


Рисунок 6.6 – Отображение направления удаления материала

6.5 Добавьте ограничение **Displacement Constraint** (максимальные перемещения) для поверхности окружности. Настройте ограничение так, чтобы максимальные допустимые напряжения вдоль оси Z не могли быть больше 0,5 мм, рисунки 5.1 и 6.7.

Details of "Response Constraint 2" ▾ ⌵ □ ×	
[-] <b>Scope</b>	
Scoping Method	Named Selection
Named Selection	Remote Point
[-] <b>Definition</b>	
Type	Response Constraint
Response	Displacement
Coordinate System	Nodal Coordinate System
X Component (Max)	Free
Y Component (Max)	Free
<input type="checkbox"/> Z Component (Max)	0,5 mm
Environment Selection	All Static Structural
Suppressed	No

Рисунок 6.7 – Задание допустимого перемещения вдоль оси Z

6.6 После задания всех настроек запустите задачу топологической оптимизации на расчёт.

## **7    Обработка результатов**

7.1 Создайте проверочную задачу, как было описано в лабораторной работе №3.

7.2 Преобразуйте сеточную модель в 3D-модель и доработайте при необходимости.

7.3 Настройте и проведите анализ топологически оптимизированной модели и сравните результаты с обычной деталью.

## **8 Содержание отчёта**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) цели работы;
- 3) конечно-элементная модель;
- 3) результаты до и после топологической оптимизации;
- 4) выводы по результатам выполнения лабораторной работы.