

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ РЫЧАГА

Парахневич В.С.

Научный руководитель – Напрасников В.В. , к.т.н., доцент

Цель работы – рассчитать напряжённо-деформированное состояние конструкции рычага (рисунок 1) и провести оптимизацию по следующим критериям: суммарная масса конструкции, максимальное эквивалентное напряжение.

Конструкция изготовлена из стали (модуль Юнга $E = 2,2 * 10^5$ МПа, плотность $\rho = 7850$ кг/м³, коэффициент Пуассона $\mu = 0.3$).



Рисунок 1 – Вид рычага и конечно-элементная модель

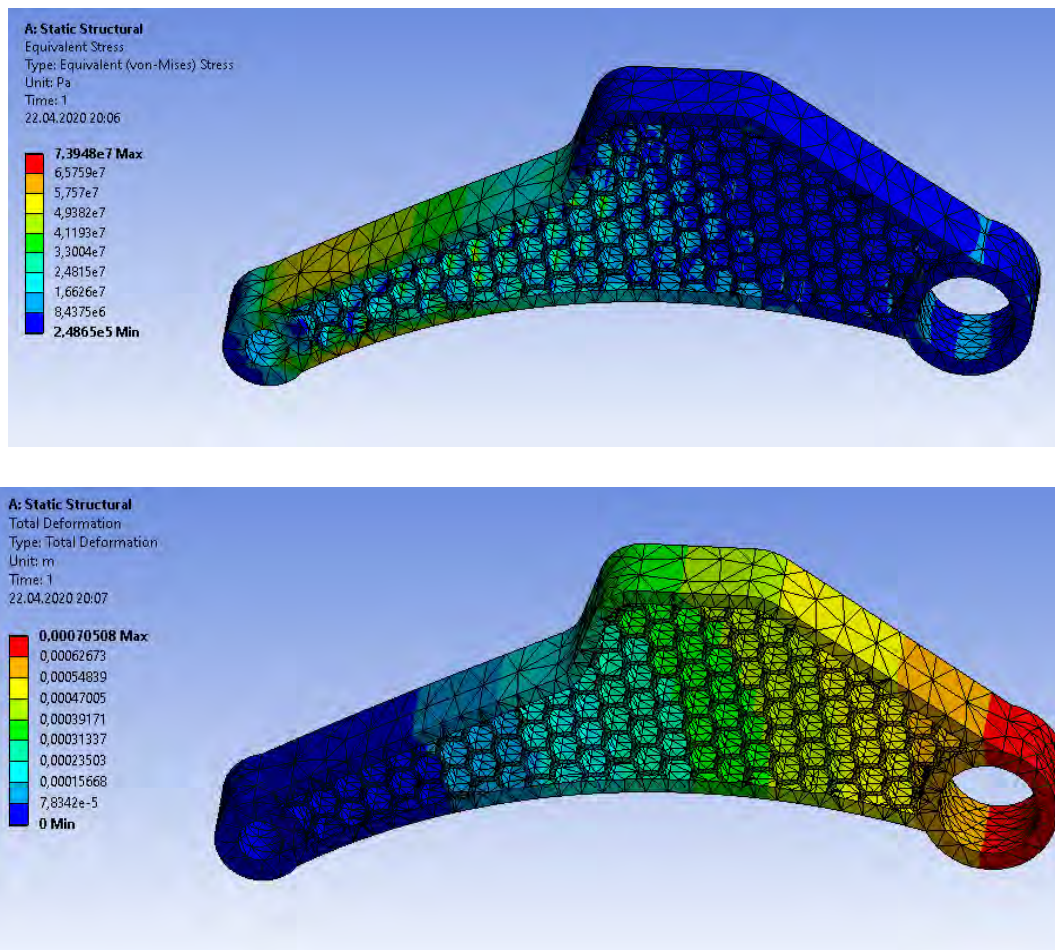


Рисунок 2 – Результаты моделирования. Картина напряжений (вверху) и перемещений (внизу).

На рисунке 2 видно, что максимальное эквивалентное напряжение (73,948 МПа) не превышает предел текучести.

Мы можем провести оптимизацию с целью уменьшить максимальное напряжение, а также уменьшить массу конструкции.

В качестве оптимизируемых параметров возьмем:

- параметр $h_1 = 8$ мм – толщина стенки швеллера;
- параметр $h_2 = 17$ мм – диаметр окружности (описанного шестиугольника «соты»). Необходим для толщины стенки ячейки)

Критерии оптимальности:

- минимизация объема (volume);
- минимизация эквивалентного напряжения.

Максимальное эквивалентное напряжения (EquivalentStressMaximum) не должно превышать 80 МПа.

Предварительно была исследована чувствительность двух выходных параметров по отношению к двум входным параметрам. Результаты представлены на рисунке 3, а предложенные кандидаты на рисунке 4.

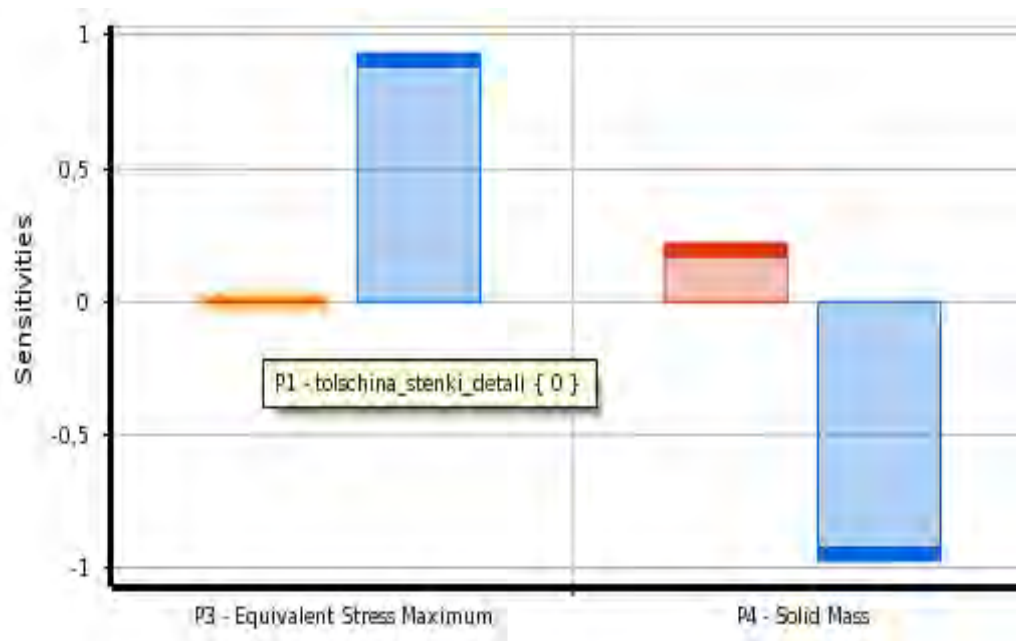


Рисунок 3 – Влияние входных параметров на выходные

10		Candidate Point 1	Candidate Point 1 (verified)	Candidate Point 2	Candidate Point 2 (verified)	Candidate Point 3	Candidate Point 3 (verified)
11	P1 - tolschina_stenki_detali (mm)	6,07		6,646		7,158	
12	P5 - tolschina_soti (mm)	16,393		16,34		16,331	
13	P3 - Equivalent Stress Maximum (Pa)	★★★ 7,9347E+07	✘ 8,3088E+07	★★★ 7,7417E+07	✘ 8,6866E+07	★★★ 7,7102E+07	★★★ 6,8734E+07
14	P4 - Solid Mass (kg)	— 6,7667	— 6,7697	— 6,9378	— 6,9397	— 7,0567	— 7,057

Рисунок 4 – Кандидаты решения

В процессе оптимизации модели рычага по критериям EquivalentStressMaximum, SolidMass было установлено, что оптимальным является вариант при наборе параметров, приведенных в таблице 1.

В результате оптимизации объем конструкции уменьшился на 7,22%. Максимальное эквивалентное напряжение уменьшилось на 24,08% и теперь не превышает предел текучести.

Таблица 1 Результаты оптимизации

	Начальное состояние	Оптимальное состояние	Процентное соотношение, %
h1, мм	8	6,07	-25
h2, мм	17	16,393	-3,6
Максимальное напряжение, Па	73,948 * 10 ⁶	79,347* 10 ⁶	7,3
Масса, кг	7,2	6,7667	6,1