

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКОГО СИДЕНЬЯ

Коледа А.Г., Напрасников В.В.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

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

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

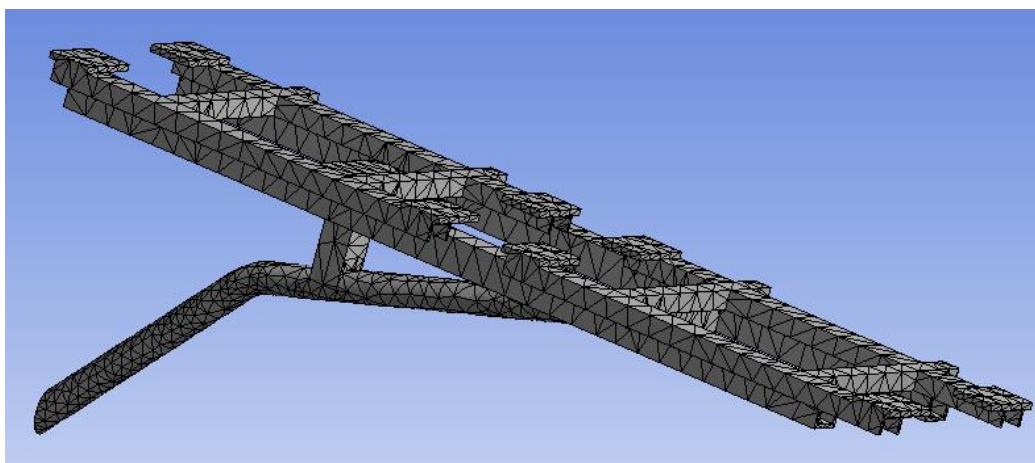
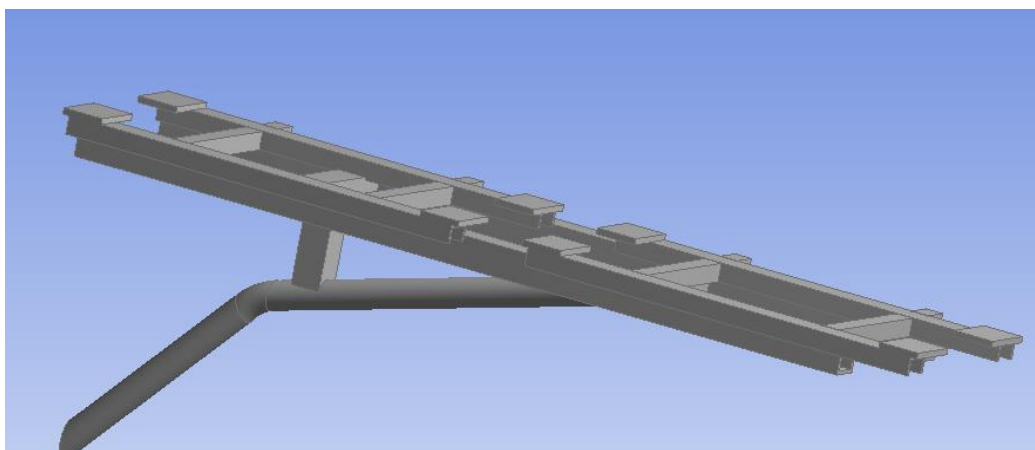


Рисунок 1 – Вид каркаса и конечно-элементная модель

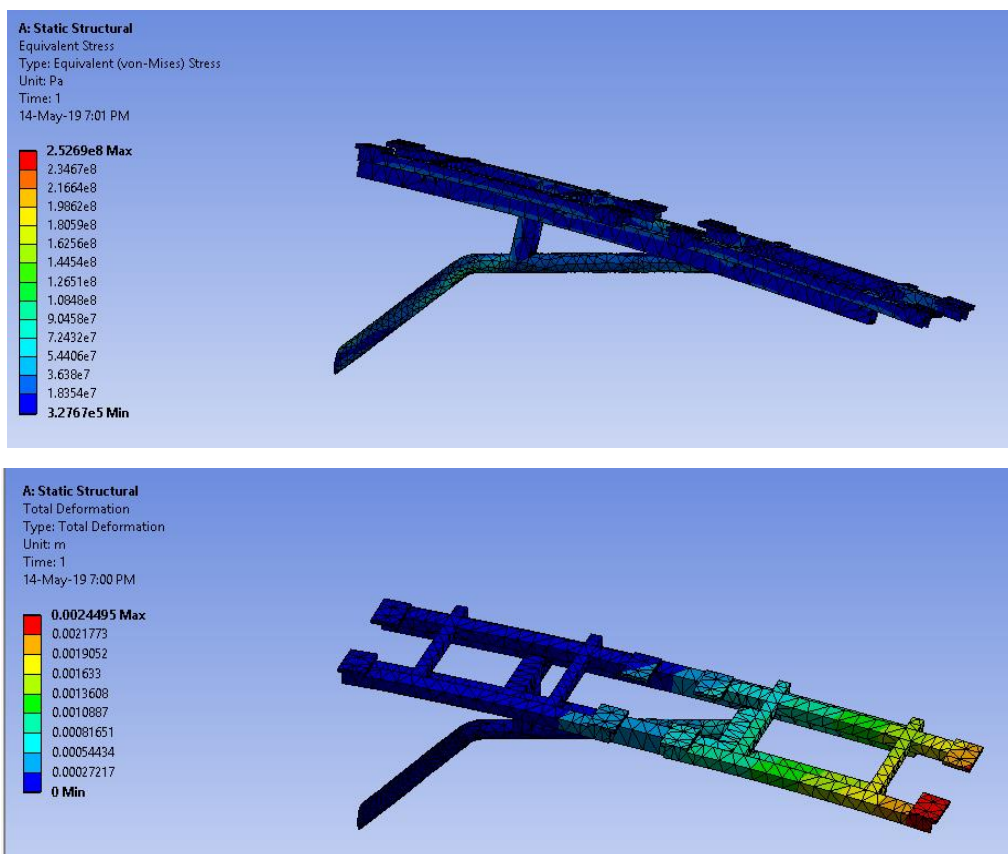


Рисунок 2 – Результаты моделирования. Картина напряжений (вверху) и перемещений (внизу).

На рисунке видно, что максимальное эквивалентное напряжение (252,6 МПа) превышает предел текучести.

Так как максимальное эквивалентное напряжение больше предела текучести стали (250 МПа), то мы можем провести оптимизацию с целью уменьшить максимальное напряжение, а также уменьшить объем.

В качестве оптимизируемых параметров возьмем:

- параметр $h_1 = 2,5$ мм – толщина стенки швеллера;
- параметр $h_2 = 2,5$ мм – толщина профильной трубы между швеллерами;
- параметр $h_3 = 3$ мм – толщина профильной трубы основания;
- параметр $d_1 = 20$ мм – толщина круглой трубы основания.

Критерии оптимальности:

- минимизация объема (volume);
- функциональные ограничения:

Максимальное эквивалентное напряжения (EquivalentStressMaximum) не должно превышать предела текучести (250 МПа).

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

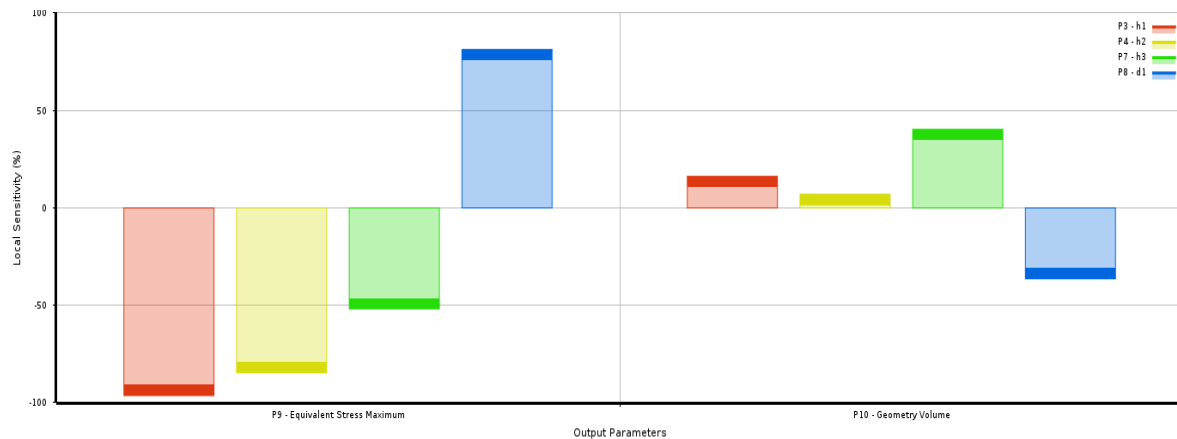


Рисунок 3 – Влияние входных параметров на выходные

Table of Schematic C2: Optimization				
	A	B	C	D
1	Optimization Study			
2	Minimize P10	Goal, Minimize P10 (Default importance)		
3	0 Pa <= P9 <= 2.5E+08 Pa	Strict Constraint, P9 values between 0 Pa and 2.5E+08 Pa (Default importance)		
4	Optimization Method			
5	Screening	The Screening optimization method uses a simple approach based on sampling and sorting. It supports multiple objectives and constraints as well as all types of input parameters. Usually it is used for preliminary design, which may lead you to apply other methods for more refined optimization results.		
6	Configuration	Generate 25 samples and find 3 candidates.		
7	Status	Converged after 25 evaluations.		
8	Candidate Points			
9		Candidate Point 1	Candidate Point 2	Candidate Point 3
10	P3 - h1 (mm)	2.44	2.32	2.62
11	P4 - h2 (mm)	2.5413	2.635	2.4006
12	P7 - h3 (mm)	2.7342	2.7787	2.7564
13	P8 - d1 (mm)	21.44	20.48	20.96
14	P9 - Equivalent Stress Maximum (Pa)	★★★ 1.9184E+08	★★★ 1.7481E+08	★★★ 1.7665E+08
15	P10 - Geometry Volume (mm ³)	★★★ 8.0524E+05	★★★ 8.235E+05	★★★ 8.2422E+05

Рисунок 4 – Кандидаты решения

В процессе оптимизации модели каркаса сиденья по критериям EquivalentStress, Volume 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	2,5	2,44	-2,4
h2, мм	2,5	2,5413	1,652
h3, мм	3	2,7342	-8,86
d1, мм	20	21,44	7,2
Максимальное напряжение, Па	$2,5269 * 10^8$	$1,9184 * 10^8$	-24,08
Объем, мм ³	$8,679 * 10^5$	$8,0524 * 10^5$	-7,22