

**Metoda elementów skończonych
– przykłady obliczeń numerycznych
w programie SOLIDWORKS Simulation**

Paweł Lonkwić
Piotr Penkała

Chełm 2020

Recenzenci merytoryczni:

INŻ. MARCIN CHOŁUJ, PM SOLUTION
INŻ. PIOTR SZULTA, SOLIDEXPERT POLSKA

Recenzent naukowy:

DR HAB. INŻ. SYLWESTER SAMBORSKI, PROF. POLITECHNIKI LUBELSKIEJ

Projekt okładki:

MARIUSZ MACIUK

ISBN

978-83-956345-2-9

INSTYTUT NAUK TECHNICZNYCH I LOTNICTWA
PAŃSTWOWA WYŻSZA SZKOŁA ZAWODOWA W CHEŁMIE
UL. POCZTOWA 54, 22-100 CHEŁM, POLSKA

Spis treści

Od Autorów	5
Część I	7
1 Wprowadzenie	9
2 Zasady pracy w programie SOLIDWORKS Simulation	13
3 Analiza ściskania tulei dwukołnierzowej	21
3.1 Budowa modelu geometrycznego tulei	21
3.2 Definicja właściwości materiałowych	23
3.3 Definicja badania	23
3.4 Schemat obciążenia	24
3.5 Budowa siatki	25
3.6 Obliczenia numeryczne i wizualizacja otrzymanych wyników	27
4 Analiza statyczna rozciągania pręta o przekroju kołowym	31
4.1 Geometria modelu	31
4.2 Definiowanie właściwości materiałowych	32
4.3 Definicja badania	33
4.4 Definicja warunków brzegowych i obciążenia	33
4.5 Budowa siatki	35
4.6 Obliczenia numeryczne i wizualizacja otrzymanych wyników	36
4.7 Model analityczny rozciąganej próbki	38
5 Analiza drgań własnych wspornika	41
5.1 Budowa modelu geometrycznego wspornika	41
5.2 Definicja właściwości materiałowych	45

5.3	Definicja badania	45
5.4	Warunki brzegowe analizy	46
5.5	Budowa siatki	46
5.6	Obliczenia numeryczne i wizualizacja otrzymanych wyników	47
6	Analiza obciążenia wspornika prowadnicy dźwigu z mocowaniem typu kotwa	51
6.1	Geometryczna definicja złożenia	52
6.2	Definicja właściwości materiałowych	64
6.3	Definicja badania	65
6.4	Definicja warunków brzegowych mocowania wspornika .	65
6.5	Budowa siatki	68
6.6	Obliczenia numeryczne wspornika oraz wizualizacja wyników	69
7	Analiza zmęczeniowa części typu dźwignia	73
7.1	Definicja geometrii klucza	74
7.2	Definicja właściwości materiałowych	77
7.3	Definicja badania oraz warunków brzegowych	78
7.4	Budowa siatki	79
7.5	Zmęczeniowe obliczenia numeryczne klucza i wizualizacja otrzymanych wyników	80
8	Numeryczna analiza ramy zespołu napędowego dźwigu z obciążeniem odległym	85
8.1	Geometryczna definicja ramy zespołu napędowego dźwigu	85
8.2	Definicja właściwości materiałowych	89
8.3	Definicja badania	90
8.4	Definicja warunków brzegowych ramy	90
8.5	Budowa siatki	93
8.6	Obliczenia numeryczne i wizualizacja otrzymanych wyników	95
9	Analiza statyczna belki montażowej dwustronnie utwierdzonej – model bryłowy	99
9.1	Definicja geometrii belki	100
9.2	Definicja właściwości materiałowych	102

9.3	Definicja badania	102
9.4	Definicja warunków brzegowych	102
9.5	Budowa siatki	104
9.6	Obliczenia numeryczne belki	104
10	Analiza statyczna belki dwustronnie utwierdzonej	
	– model bryłowo-belkowy	107
10.1	Definicja analizy obliczeń numerycznych	107
10.2	Definicja warunków brzegowych	108
10.3	Budowa siatki	109
10.4	Obliczenia numeryczne belki	109
11	Analiza statyczna belki dwustronnie utwierdzonej	
	– model powłokowy	113
11.1	Geometryczna definicja belki	113
11.2	Definicja właściwości materiałowych	116
11.3	Definicja badania	116
11.4	Definicja warunków brzegowych belki	117
11.5	Budowa siatki	117
11.6	Obliczenia numeryczne i wizualizacja otrzymanych wyników	117
12	Analiza statyczna belki dwustronnie utwierdzonej	
	– model powłokowo-belkowy	121
12.1	Definiowanie obliczeń numerycznych	121
12.2	Definicja warunków brzegowych	122
12.3	Budowa siatki	123
12.4	Obliczenia numeryczne i wizualizacja otrzymanych wyników	123
13	Modelowanie obciążenia termicznego	
	na przykładzie jednostronnie utwierdzonego pręta	127
13.1	Geometryczna definicja problemu	127
13.2	Definicja właściwości materiałowych	131
13.3	Definicja badania	134
13.4	Definicja warunków brzegowych złożenia	134
13.5	Obliczenia numeryczne i wizualizacja otrzymanych wyników	136

Część II	141
1 Kontakty i siły	145
2 Siatka	147
3 Solvery	161
4 Więzy i utwierdzenia	165
5 Wiarygodność wyników	171
Literatura	200

Od Autorów

Powodem napisania niniejszego podręcznika była chęć zmotywowania Czytelnika do potrzeby nauczenia się podstaw symulacji numerycznych, szeroko wykorzystywanych w dzisiejszej inżynierii, przy użyciu programu SOLIDWORKS Simulation. W związku z powyższym adresatem książki mogą być inżynierowie, konstruktorzy, a także studenci kierunku Mechanika i Budowa Maszyn oraz słuchacze studiów i kursów podyplomowych kształcących się na różnych kierunkach studiów inżynierskich. Materiał zawarty w książce podzielony został na dwie części.

W części I przedstawiono kilka podstawowych przykładów inżynierskich, dla których podstawy obliczeń analitycznych Czytelnik poznał w trakcie nauczania na studiach wyższych z takich przedmiotów jak: Podstawy konstrukcji maszyn czy Wytrzymałość materiałów. Każdy przykład został opisany w sposób szczegółowy od początku tworzenia modelu przestrzennego aż do wizualizacji obliczeń numerycznych, a w niektórych przypadkach dokonano także porównania wyników obliczeń numerycznych z analitycznymi. W części I Czytelnik znajdzie m.in. opis takich zagadnień jak symulacje obciążenia ciśnieniem tulei cienkościennej, rozciąganie elementu osiowosymetrycznego typu pręt, analizę zmęczeniową części typu dźwignia czy wpływ temperatury na wydłużenie pręta.

W części II opisano zagadnienia dotyczące sposobu posługiwania się programem SOLIDWORKS Simulation przez bardziej zaawansowanych użytkowników. Zwrócono uwagę na teorię samych obliczeń oraz przygotowanie modelu do przeprowadzenia symulacji. Opisano również punkty osobliwe naprężeń, wpływ jakości i gęstości siatki na dokładność obliczeń, metody adaptacyjne oraz punkty aktywne naprężeń.

Do opanowania i posługiwania się wiedzą zawartą w niniejszej książce wystarczą elementarne wiadomości z zakresu: Mechaniki, Wytrzymałości materiałów czy Podstaw konstrukcji maszyn. Przydatne jest rów-

niez ogólne rozeznanie w konstrukcjach i sposobie działania maszyn, urządzeń, a przede wszystkim pewien poziom dobrej woli, bez którego nie sposób nauczyć się czegokolwiek. Z drugiej strony, bez znajomości opisanych zagadnień nie jest już możliwe nowoczesne konstruowanie, wytwarzanie czy eksploatawanie maszyn i urządzeń.

Oddając tę pozycję Czytelnikowi, Autorzy liczą z jednej strony na cenne uwagi, podnoszące jakość kolejnego wydania. Z drugiej strony mamy świadomość, że zawarty w książce materiał nie wyczerpuje do końca przedstawionej problematyki inżynierskiej, a stanowi raczej pewien wstęp do większej całości.

Autorzy