

SolidWorks Simulation 2020

Statyczna analiza wytrzymałościowa



Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiejkolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Helion SA dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Helion SA nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Małgorzata Kulik

Projekt okładki: Studio Gravite / Olsztyn Obarek, Pokoński, Pazdrijowski, Zaprucki Grafika na okładce została wykorzystana za zgodą Shutterstock.com

Helion SA ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63 e-mail: *helion@helion.pl* WWW: *http://helion.pl* (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku! Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres *http://helion.pl/user/opinie/swsi20* Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Kody źródłowe wybranych przykładów dostępne są pod adresem: *ftp://ftp.helion.pl/przyklady/swsi20.zip*

ISBN: 978-83-283-6847-7

Copyright © Helion 2020

Printed in Poland.

Kup książkę

- Poleć książkę
- Oceń książkę

Księgarnia internetowa

• Lubię to! » Nasza społeczność

Spis treści

Wprowadzenie	7
Rozdział 1. Informacje wprowadzające	9
1.1. Konwencja ksiażki	9
1.2. Pliki przykładów	
1.3. Operacje Linia podziałowa, Punkt, Układ współrzędnych	
Rozdział 2. Wprowadzenie do obliczeń w SolidWorks Simulation	15
2.1. Metoda MES	
2.2. Typy siatki	
2.3. Generator siatki i jej jakość	
2.4. Rodzaj solvera	
2.5. Kontakt	
Rozdział 3. Podstawy pracy w SolidWorks Simulation	27
3.1. Uruchamianie i konfigurowanie dodatku Simulation	
3.2. Tworzenie badania, mocowanie, obciążenie, siatka	
3.2.1. Model bryłowy	
3.2.2. Model belkowy	
3.2.3. Model skorupy (powłokowy)	
3.3. Właściwości badania	
3.4. Definiowanie kontaktu i sprawdzenie umocowania	
3.5. Raport	
3.6. Częste problemy	
Rozdział 4. Obliczenia z zastosowaniem siatki belki	63
4.1. Obliczenia pojedynczej belki	

Rozdział 5. Podstawy obliczeń z zastosowaniem siatki bryłowej	89
5.1. Podstawy obliczeń części	
5.2. Wpływ gęstości siatki i uproszczeń geometrii na wartość wyników	
5.3. Wpływ rodzaju zamocowania na wartość obliczonych naprężeń	
Rozdział 6. Podstawy obliczeń części wieloobiektowych	115
6.1. Podstawowe rodzaje kontaktu – przykład 1.	115
6.2. Podstawowe rodzaje kontaktu – przykład 2	120
6.3. Zastosowanie połączeń – spoina	
6.4. Zastosowanie połączeń – śruba	
Rozdział 7. Obliczenia konstrukcji symetrycznych	137
7.1. Symetria osiowa	137
7.2. Symetria względem płaszczyzny	140
Rozdział 8. Automatyczne dostosowanie siatki	145
8.1. Siatka adaptacyjna	145
8.2. Opcja Automatyczne przejście	149
8.3. Siatka oparta na krzywiźnie	153
Rozdział 9. Obliczenia złożeń	157
9.1. Podstawy	157
9.2. Kontakt powierzchnia do powierzchni	163
9.3. Siły zrównoważone	167
9.4. Połączenie Kołek	171
9.5. Obliczenia z zadanym przemieszczeniem	174
9.6. Odległe obciążenie i połączenia łożysko i sprężyna	176
9.7. Pasowanie skurczowe	
Rozdział 10. Obliczenia z zastosowaniem siatki skorupy	
10.1. Model blaszany	
10.2. Porównanie wyników obliczeń modelu bryłowego i skorupowego	191
10.2.1. Siatka bryłowa	
10.2.2. Siatka skorupy	
10.3. Model powierzchniowy	
10.3.1. Podstawy	
10.3.2. Porównanie obliczeń modelu powierzchniowego i modelu bryłowego	
10.4. Porównanie wyników obliczeń siatki skorupy cienkiej i grubej	

Rozdział 11. Obliczenia z zastosowaniem siatki mieszanej	215
11.1. Kontakt wiązany	
11.2. Kontakt mieszany	
Rozdział 12. Obliczenia zmęczeniowe	229
12.1. Podstawy obliczeń zmęczeniowych	
12.2. Przykłady wzmocnienia konstrukcji	
Rozdział 13. Obciążenie termiczne	243
Rozdział 14. Obliczenia wytrzymałościowe na podstawie analizy ruchu	249
14.1. Tworzenie złożenia	
14.2. Analiza ruchu w SolidWorks Motion	
14.3. Obliczenia wytrzymałościowe	
Rozdział 15. Biblioteka, własny kontakt, odległa masa	265
15.1. Biblioteka	
15.1.1. Istniejąca biblioteka Simulation	
15.1.2. Tworzenie własnej biblioteki	
15.2. Własny kontakt	
15.3. Odległa masa	
15.4. Badanie projektu	
Przykład 1. Obliczenia belek	279
P1.1. Belka statycznie wyznaczalna obciążona dwoma siłami	
P1.2. Belka statycznie niewyznaczalna obciążona jedną siłą	
P1.2.1. Obliczenia modelu zapisanego pod inną nazwą	
P1.2.2. Obliczenia z zastosowaniem konfiguracji	
P1.3. Belka obciążona ciągłym obciążeniem	
P1.4. Belka na trzech podporach	
P1.4.1. Belka bez przegubu	
P1.4.2. Belka z przegubem	
Przykład 2. Uproszczenia w obliczaniu złożeń	
P2.1. Obliczenia złożenia z płytkami	
P2.2. Obliczenia uproszczonego złożenia	
P2.3. Obliczenia części	
P2.4. Porównanie wyników obliczeń	

Przykład 3. Naprężenia w belce suwnicy podwieszanej	317
P3.1. Naprężenia lokalne	
P3.1.1. Obliczenia analityczne	
P3.1.2. Obliczenia z zastosowaniem SolidWorks Simulation	
P3.2. Obliczenia naprężeń sumarycznych	
Skorowidz	

Rozdział 5. Podstawy obliczeń z zastosowaniem siatki bryłowej

5.1. Podstawy obliczeń części

Plik przykładu: Rozdział 05\1 Płytka.

W tym podrozdziale zostaną zaprezentowane obliczenia na przykładzie części przedstawionej na rysunku 5.1. Materiał części o nazwie *Płytka* to stal S235JR.

RYSUNEK 5.1.

Rysunek części Płytka



Rozpoczynanie obliczeń (rysunek 5.2):

- Uruchom dodatek SolidWorks Simulation.
- Utwórz nowe badanie o nazwie Analiza1.

Na rysunku 5.2 pokazano stan drzewa Simulation po utworzeniu badania.

Definiowanie umocowania (rysunek 5.3):

- Na pasku Simulation rozwiń listę Doradca umocowań i wydaj polecenie Nieruchoma geometria.
- Zaznacz ścianę jak na rysunku 5.3.



RYSUNEK 5.3. Definicja umocowania

Definiowanie obciążenia (rysunek 5.4):

- Na pasku Simulation rozwiń listę Doradca obciążeń zewnętrznych i wydaj polecenie Siła.
- Zdefiniuj wartość i położenie siły jak na rysunku 5.4.



RYSUNEK 5.4. Definicja siły

Tworzenie siatki (rysunek 5.5):

- Na pasku Simulation rozwiń listę Uruchom to badanie i wydaj polecenie Utwórz siatkę.
- Wprowadź parametry siatki jak na rysunku 5.5.

RYSUNEK 5.5.

Parametry siatki

Uruchom to badanie	 Parametry siatki Siatka standardowa Siatka oparta na krzywiźnie Siatka oparta na mieszanej 	
Uruchom to badanieUtwórz siatkę	[] mm ∨ ▲ 5.00mm ∨ ♥	
	● 0.25mm ✓ ■ ■ ■ ■ Automatyczne przejście	

Liczbę elementów skończonych można sprawdzić po kliknięciu ikony *Siatka* w drzewie Simulation i wybraniu polecenia *Szczegóły* (rysunek 5.6). W przykładzie całkowita liczba węzłów wynosi 15122. Ważną informacją jest procent elementów o współczynniku kształtu, korzystnie jest, gdy jak największy procent wartości współczynnika jest mniejszy od 3 oraz jak najmniejszy procent wartości jest większy niż 10.

Rysunek 5.6. Szczegóły siatki	🕅 🗥 Phy	Sonda	Siatka Szczegóły	-
0,	Połacz 6	<u>U</u> kryj siatkę	Nazwa badania	Analiza1 (-Domyślna-)
		Ukryj wszystł	Typ siatki	Siatka bryłowa
		7	Użyty generator siatki	Siatka standardowa
	🖉 Sta 🖓	<u>∠</u> astosuj ster	Automatyczne przejście	Wyłączone
	🔹 🕂 🖁 Obcią:	Diagnostyka	Uwzględnij automatyczne pętle siatki	Wyłączone
	🕹 Siła 🗖	Szczegóły	Punkty jakobianu siatki wysokiej jakości	16 punktów
	Siatka		Rozmiar elementu	5 mm
			Tolerancja	0,25 mm
	📰 Opcje wyn	IKOW	Jakość siatki	Wysoka
			Całkowita liczba węzłów	15122
			Całkowita liczba elementów	9283
			Maksymalny współczynnik kształtu	4,2523
			Procent elementów o współczynniku kształtu <3	99,9
			Procent elementów o współczynniku kształtu >10	0
			% zniekształconych elementów (jakobian)	0
			Liczba zniekształconych elementów	0
			Czas do ukończenia siatki (hh:mm:ss)	00:00:02
			Nazwa komputera	CA

Lokalne zagęszczenie siatki (rysunek 5.7):

 Na pasku Simulation wydaj polecenie Siatka/Zastosuj sterowanie lub kliknij prawym przyciskiem myszy ikonę Siatka w drzewie Simulation i wybierz polecenie Zastosuj sterowanie siatki.

- Zaznacz ścianę i wprowadź parametry jak na rysunku 5.7.
- Utwórz ponownie siatkę, nie zmieniając jej globalnych parametrów.



Rysunek 5.7. Lokalne zagęszczenie siatki

Wskazówka

Po wprowadzeniu sterowania siatki w drzewie Simulation wyświetlane są wykrzykniki (rysunek 5.8), które oznaczają, że istniejące wykresy (w tym przypadku siatka) nie są aktualne i wymagają przeliczenia — w tym przypadku ponownego utworzenia siatki. Po ponownym utworzeniu siatki całkowita liczba węzłów jest wyższa niż bez zagęszczenia (rysunek 5.9) — pod warunkiem, że globalne parametry siatki nie uległy zmianie.



RYSUNEK 5.8. Drzewo Simulation przed ponownym utworzeniem siatki oraz siatka po wykonaniu zagęszczenia

Rysunek 5.9. Szczegóły siatki z lokalnym	Siatka Szczegóły	Siatka Szczegóły 🚽 👘 🗙				
	Nazwa badania.	Analiza1 (-Domyślna-)				
zagęszczeniem	Typ siatki	Siatka bryłowa				
	Użyty generator siatki	Siatka standardowa				
	Automatyczne przejście	Wyłączone				
	Uwzględnij automatyczne pętle siatki	Wyłączone				
	Punkty jakobianu siatki wysokiej jakości	16 punktów				
	Sterowanie siatki	Zdefiniowane				
	Rozmiar elementu	5 mm				
	Tolerancja	0,25 mm				
	Jakość siatki	Wysoka				
	Całkowita liczba węzłów	22300				
	Całkowita liczba elementów	13773				
	Maksymalny współczynnik kształtu	3,5988				

Uruchamianie obliczeń:

■ Na pasku Simulation kliknij polecenie Uruchom to badanie.

Na rysunku 5.10 pokazano wykres naprężenia zredukowanego według Misesa (hipoteza zbliżona do hipotezy Hubera). Skala deformacji i jednostki mogą być u użytkownika inne, jeżeli opcje domyślne mają inne ustawienia. Opcje domyślne SolidWorks Simulation zostały omówione w rozdziale 1. Ugięcie jest widoczne, jeżeli na pasku *Simulation* została włączona opcja *Zdeformowane wyniki*.



RYSUNEK 5.10. Wykres naprężenia

Zmiana ustawień wykresu:

 W drzewie Simulation kliknij prawym przyciskiem myszy wykres Naprężenie1 i wybierz Edytuj definicję (rysunek 5.11). Polecenia Opcje wykresu i Ustawienia otwierają to samo okno, ale aktywują inne zakładki.



Rysunek 5.12 przedstawia możliwości zmiany ustawień wykresu dostępnych na karcie *Definicja*. W przykładzie zmieniono skalę zdeformowanego kształtu. Rysunek 5.13 pokazuje fragment karty *Opcje wykresu*, w której zaznaczona została opcja *Pokaż max adnotację*. Na rysunku 5.14 pokazano natomiast przykład dwóch ustawień wykresu.

RYSUNEK 5.12.	Definicja Opcje w	vykresu Ustawienia	VON: Naprężenie zredukowane wg Misesa 🛛 🗡
Opeje kurty Dejinieju	Wyświetlanie		SX: X Naprężenie normalne SY: Y Naprężenie normalne
	VON: Napręże	nie zredukowane wg Misesa 🛛 🗸	SZ: Z Naprężenie normalne TXY: Naprężenie ścinające w kier. Y na płasz. YZ
	N/mm^2 (MPa	a) ~	TYZ: Naprężenie scinające w kier. Z na płasz. YZ TYZ: Naprężenie ścinające w kier. Z na płasz. XZ P1: Naprężenie 1sze główne
	Zaawansowane opc	ie	 P2: Naprężenie 2gie główne P3: Naprężenie 3cie główne
	Zdeformowany k	ształt	VON: Naprężenie zredukowane wg Misesa INT: Natężenie naprężenia(P1-P3)
	Automatycz	ny 2091	IRI: Napręzenie trojosiowe (P1+P2+P3) ERR: Błąd normy energii CP: Ciśnienie kontaktowe
	C Rzeczywista	skala	Zaawansowane opcje
	🔘 Zdef. przez	użytkownika	Pokaż jako wykres tensora
	100		Pokaż wykres tylko na wybranych elementach
			🔘 Wartości węzła
			🔾 Wartości elementu
			Średnie naprężenia w środkowych węzłach (tylko siatki bryłowe wysokiej jakości)
		1	
Definicja Op	ije wykresu Ustawienia	and the second	• Max: 30,1
Opcje wyświetl	ania	× -	
Pokaż	min adnotację		
🗸 Pokaż	max adnotację		
🗹 Pokaż	szczegóły wykresu		
🗸 Pokaż	legendę	+∎• Normalna ∨	
Pokaż pokaza	min/max zakres tylko na mych częściach	111.11 1.1e2 zmiennoprzecinkowy ~	
Autom wartoś	atycznie zdefiniowana ć maksymalna		
		✓ UZyj separatora 1000	

RYSUNEK 5.13. Fragment karty Opcje wykresu

Rysunek 5.14. Dwa przykłady ustawień wykresu	Definicja Opcje wykresu Ustawienia	Definicja Opcje wykresu Ustawienia
	Opcje izochromy ^ Ciągła ~	Opcje izochromy
	Opcje granicy ^ Model ~	Opcje granicy
	0	

Definicja nowego wykresu:

 W drzewie Simulation kliknij prawym przyciskiem myszy Wyniki i wybierz Zdefiniuj wykres współczynnika bezpieczeństwa (rysunek 5.15).



 W wyświetlonym oknie wybierz Max naprężenie zredukowane wg Misesa (rysunek 5.16), a następnie w kolejnych krokach ustaw wymagane parametry. W przykładzie minimalny współczynnik bezpieczeństwa wynosi 7,79899.

🕸 Współczynnik bezpieczeństwa	3	Krok 2 z 3	Krok 3 z 3
✓ × ⊚) Dalej	N/mm^2 (MPa)	Rozkład współczynnika bezpieczeństwa (FOS)
Krok 1 z 3 Wszystkie Wybrane obiekty	^	 Ustaw granicę naprężenia na Granica plastyczności Wytrzymałość graniczną Zdef. przez użytkownika 	Obszary poniżej Owspółczynnika bezpieczeństwa
Automatyczny Automatyczny Max naprężenie zredukowane wg Mis Max naprężenie ścinające (Tresca) rai Max naprężenie Mohra-Coulomba mat Max naprężenie normalne por Automatyczny	Sesa •	Współczynnik mnożenia	Wynik współczynnika bezpieczeństwa W oparciu o kryterium maksymalnego naprężenia zredukowanego wg Misesa: Minimalny współczynnik bezpieczeństwa: 7.79899

RYSUNEK 5.16. Kolejne kroki definicji wykresu współczynnika bezpieczeństwa

Przycinanie izo:

- Pokaż wykres *Naprężenie* jak na rysunku 5.17 lub dwukrotnie kliknij wykres w drzewie Simulation.
- W drzewie Simulation kliknij prawym przyciskiem myszy Naprężenie1 i wybierz Przycinanie izo.
- Ustaw wartość przycinania na 20 MPa.



RYSUNEK 5.17. Definicja Przycinania izo

Wykres *Przycinanie izo* pokazuje obszary, gdzie naprężenie jest większe bądź mniejsze od ustalonej wartości — przełączanie przyciskiem *Odwróć kierunek przycinania*. Po wyświetleniu wykresu (rysunek 5.17) można odczytać procent objętości modelu zajmowany przez naprężenia spełniające kryterium. Pierwsza wartość, *12,34%*, dotyczy procentu elementów skończonych, w których naprężenia są wyświetlane, wartość *6,46%* odnosi się do procentu objętości modelu. Wartości nie są równe ze względu na zagęszczenie siatki — proporcjonalnie więcej elementów skończonych jest w obszarach, w których występują wyższe naprężenia.

Po ponownym wywołaniu polecenia *Przycinanie izo* można wyłączyć przycinanie przyciskiem *Przycinanie włączone/wyłączone* (rysunek 5.18). Jeżeli chcemy pozostawić wykres nieprzycięty i przycięty można zdefiniować nowy wykres naprężenia, wykonać przycięcie i zmienić nazwę wykresu (rysunek 5.18).

Uzyskany wynik można analizować bardziej szczegółowo za pomocą poleceń w menu *Simulation/Narzędzia wyników* (rysunek 5.19). Przykładem może być polecenie *Sonda*, którego działanie pokazano na rysunku 5.20 — w przykładzie po wybraniu opcji *Na wybranych elementach* zaznaczono krawędź, kliknięty został przycisk *Aktualizuj*, a następnie przycisk *Wykres*. W oknie *Wynik sondy* można posortować wartości naprężenia i zaznaczyć wiersz w tabeli, wówczas zostanie wyświetlona lokalizacja węzła we współrzędnych *X*, *Y*, *Z* (rysunek 5.21).



RYSUNEK 5.20. Wynik zastosowania polecenia Sonda



Wyświetlony w poleceniu *Sonda* wykres pokazywany jest w oddzielnym oknie Windows. Po kliknięciu poza oknem wykresu zostaje on ukryty. Ponowne zastosowanie przycisku *Wykres* spowoduje utworzenie kolejnego okna. W oknie wykresu (w przykładzie *Wykres krawędzi* — rysunek 5.22) można ustawić parametry wykresu oraz zapisać jako plik zewnętrzny. Po zapisaniu w formacie *.*csv* będzie można otworzyć plik w Excelu.

RYSUNEK 5.21.

Rysunek 5.21. Szczegółowa analiza wyników poleceniem Sonda	Węzeł Wartość (N 19699 418 22208 419 419704 22213 18 17 1704 19	V/mm^2 (MPa))▼ X (mm) ↑ 30.1 9459833 30.1 9861145 30.0 8687744 30.0 0138855 30.0 0138855 30.0 8687744 29.9 9861145 > >	Węzeł: Lokalizacja X, Y, Z: Wartość:	19699 66,5; 19,9; 12 mm 30,1 N/mm^2 (MPa)
Rysunek 5.22. Okno Wykres krawędzi	Wykres krawędzi File Options Help Save As Print Close 20.00 8 10.00 9 0.00 0.20 0 0d W wg M	adania: Analiza 1(-Domyślna statyczna naprężenie węzłow 0.40 0.60 0.80 1.00 egłość parametryczna disesa (N/mm ² 2 (MPa))	Xapisywar Nazv Ye I A Ukryj fold	nie jako va pliku: Wykres krawędzi.csv ako typ: CSV files (*.csv) CSV files (*.csv) Bitmap files (*.bmp) Metafile (*.wmf) JPEG files (*.jpg) PNG files (*.png)

Do analizy wyników służą również polecenia w menu Simulation/Lista wyników (rysunek 5.23). Po wydaniu polecenia Simulation/Lista wyników/Naprężenie i kliknięciu w wyświetlonym oknie opcji Zakres możliwe będzie wyświetlenie wartości naprężeń na wybranej lokalizacji — w przykładzie Płaszczyzna przednia. Po kliknięciu OK w oknie zostaje wyświetlone okno Lista wyników (rysunek 5.24), którego zawartość można zapisać w formacie *.csv.



Lista wynikó	w				-	- 🗆	\times
Nazwa badar Jednostki: [Wybrane odr	nia: Analiza1 N/mm^2 (MPa) niesienie: Płaszczyzn	na przednia	ımer kroku: 1				
Węzeł	SX	SY	SZ	TXY	TXZ	TYZ	^
1	-1,57284e-01	5,84307e+00	-9,31157e-02	1,17535e-02	1,05061e-01	1,04932e-02	
2	2,46834e-02	5,75450e+00	6,12494e-03	-8,28657e-01	2,67890e-02	2,07946e-01	
3	3,95189e-01	5,91159e+00	-2,75481e-02	-1,75766e+00	-3,46344e-02	4,10945e-01	
4	1,01537e+00	6,09430e+00	-5,58760e-02	-2,63959e+00	-1,11869e-01	7,14313e-01	
5	1,93884e+00	6,42321e+00	-2,25377e-02	-3,74969e+00	-2,46115e-01	6,77701e-01	
6	3,23364e+00	6,62655e+00	-6,37298e-02	-4,80583e+00	-4,02124e-01	9,22717e-01	
7	4,79844e+00	6,79410e+00	-3,75321e-02	-5,90449e+00	-5,00702e-01	7,76911e-01	
8	6,87498e+00	6,88732e+00	-4,89669e-02	-6,91200e+00	-6,21121e-01	8,13787e-01	
9	9,56707e+00	6,40877e+00	6,16289e-02	-7,80023e+00	-8,75199e-01	8,71236e-01	
10	1 266320±01	5 655510±00	2 082844 03	8.45010₀±00	1 098530±00	R 98777A 01	~
Zamknij			Zapisz			Pom	oc

RYSUNEK 5.24. Lista wyników

Istnieje możliwość przeanalizowania jakości siatki po wydaniu polecenia *Utwórz wykres jakości siatki* (rysunek 5.25). Analiza może zostać przeprowadzona w zakresie *Siatka* (tworzy wykres przedstawiający siatkę), *Współczynnik kształtu* oraz *Jakobian*.



W podobny sposób można dokonać analizy wyników wykresu Przemieszczenie1 i Odkształcenie1.

5.2. Wpływ gęstości siatki i uproszczeń geometrii na wartość wyników

Plik przykładu: Rozdział 05\2 Karb.

W tym podrozdziale obliczenia zostaną wykonane na modelu, którego szkic pokazano na rysunku 5.26. Grubość modelu wynosi 20 mm (wyciągnięcie symetryczne do płaszczyzny). Materiał to stal S235JR.



RYSUNEK 5.26. Szkic modelu

Po przeciwnej stronie względem wcięcia podzielono ścianę zgodnie z wymiarami na rysunku 5.27.



RYSUNEK 5.27. Podział ściany

Umocowanie modelu zostało przedstawione na rysunku 5.28 (nieruchoma geometria), a obciążenie — na rysunku 5.29 (siła działająca na ścianę). W definicji siły została wskazana dwa razy ta sama ściana.





Na rysunku 5.30 przedstawiono parametry siatki, którą należy utworzyć.



Parametry siatki



Na rysunku 5.31 pokazano wyniki obliczeń z wybranymi opcjami *Opcje izochromy: Ciągła, Opcje granicy: Siatka* (siatka będzie widoczna na wykresie naprężenia). Wartość naprężeń maksymalnych wyniosła *108,6 MPa*.



RYSUNEK 5.31. Wyniki obliczeń

Kolejne zmiany siatki będą wykonywane w kopiach badania, co pozwoli na porównanie wyników. W tym celu należy skopiować badanie *Analiza1*, sposób kopiowania badania pokazano na rysunku 5.32 — nowe badanie będzie miało nazwę Analiza2.



Kopiowanie badania



W badaniu *Analiza2* wprowadzono sterowanie siatki, której lokalizację i parametry pokazano na rysunku 5.33. Na rysunku 5.34 przedstawiono wyniki obliczeń po wprowadzeniu lokalnego zagęszczenia siatki.



Po skopiowaniu badania *Analiza2* pod nową nazwą Analiza3 zostało zmienione sterowanie siatki (rysunek 5.35). Na rysunku 5.35 pokazano również wyniki obliczeń badania *Analiza3*.



W przeprowadzonych badaniach wyniki bardzo się różnią w granicach naprężeń maksymalnych między 108,6 MPa a 400,9 MPa. Przy granicy plastyczności wynoszącej 235 MPa wyniki mogą doprowadzić do skrajnie różnych wniosków dotyczących wytrzymałości konstrukcji (współczynnik bezpieczeństwa osiągnął, odpowiednio, wartości 2,2; 1,1; 0,59). W celu uzyskania miarodajnych wniosków wyniki należy poddać ocenie.

Na rysunku 5.36 przedstawiono *Przycinanie izo* wykresu naprężenia uzyskanego w badaniu *Analiza3*. Jak wynika z wykresu, naprężenia większe od 150 MPa występują na krawędzi karbu i zajmują 0,06% objętości geometrycznej.

Diagnostyka punktu aktywnego naprężenia:

- W drzewie Simulation kliknij prawym przyciskiem myszy Wyniki i wybierz Diagnostyka punktu aktywnego naprężenia (rysunek 5.37).
- Ustaw Współczynnik czułości (na początek nie ustawiaj wysokiego współczynnika w celu ograniczenia czasu obliczeń).
- Kliknij przycisk Rozpocznij diagnozę punktów aktywnych naprężeń.
- Po wyświetleniu informacji o wykryciu punktów aktywnego naprężenia (rysunek 5.38) kliknij OK.
- W oknie Punkt aktywny naprężenia (rysunek 5.39) kliknij przycisk Rozpocznij diagnozę punktów osobliwych naprężeń. W oknie tym można ustawić poziom zagęszczenia siatki.

Po wykryciu punktów osobliwych naprężeń pojawi się komunikat programu (rysunek 5.40). Po kliknięciu *OK* w oknie komunikatu można prześledzić występowanie punktów osobliwych, np. *Wyizoluj punkt osobliwy naprężeń* (rysunek 5.41).



Aktywne punkty naprężeń są wykrywane w obszarach nieregularnych gradientów naprężeń, w tych obszarach mogą występować punkty osobliwe.

Nieregularne gradienty naprężeń mogą występować:

- 1. W pobliżu ostrych krawędzi geometrycznych oraz w narożnikach obiektów bryłowych i skorupowych.
- 2. W obszarach, gdzie zastosowano umocowania uniemożliwiające odkształcenie elementów.
- **3.** W miejscach lokalizacji obciążeń na krawędziach lub wierzchołkach w modelu obliczanym z zastosowaniem siatki bryłowej.





RYSUNEK 5.39.

Okno Punkt aktywny naprężenia

Wyniki punktów aktywnych 🔨	wg Misesa (N/mm^2 (MPa))
Pokaż/Ukryj punkty	Punkt aktywny naprężenia
Wyizoluj punkty aktywne	269,7
naprężeń	- 243,5
	- 216,4
Wykryj punkty osobliwe naprężeń	- 189,4
Poziom zagęszczenia siatki	- 162,4
2	- 135,4
Współczynnik ograniczania wielkości elementu przez poziomy	- 108,4
▲ 0.7	- 81,3
▲▲▲ 1.5	- 54,3
Szczegóły zagęszczenia siatki	- 27,3
mm ~	0,3
Uwzględnij Elementy wiodące	
✓ Krawędź <1>	> Granica plastyczności: 235,0
Rozpocznij diagnozę punktów osobliwych naprężeń	



RYSUNEK 5.40. Komunikat o wykryciu punktów osobliwych naprężeń



Zaokrąglenie w nowej konfiguracji:

- Przejdź na kartę *Model* i utwórz nową konfigurację o nazwie *Zaokrąglenie* (rysunek 5.42).
- Zaokrąglij krawędź karbu promieniem 1 mm.
- Przy aktywnej konfiguracji Zaokrąglenie utwórz nowe badanie Analiza4.
- Z drzewa badania Analiza3 przeciągnij na zakładkę Analiza4: Umocowanie (Stały-1), Obciążenie (Siła-1), Sterowanie siatki (Sterowanie-1) (rysunek 5.43).



RYSUNEK 5.43. Kopiowanie ustawień i edycja sterowania siatką w badaniu Analiza4

- W badaniu Analiza4 edytuj Sterowanie-1 i dodaj do wyboru ścianę zaokrąglenia.
- Uruchom to badanie.

Na rysunku 5.44 pokazano wynik obliczeń badania *Analiza4* oraz efekt polecenia *Diagnostyka punktu aktywnego naprężenia*. Dalsze zagęszczenie siatki nie zwiększa w istotnym zakresie wartości naprężeń maksymalnych. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że model nie wytrzyma obciążenia (choć z badania *Analiza1* wypływa odmienny wniosek).





108

Występowanie w modelu ostrych krawędzi, które w rzeczywistości nie istnieją, może prowadzić do wypaczenia wyników. Gęstość siatki ma wpływ na uzyskane wyniki, zatem nie należy poprzestać na pierwszych uzyskanych wynikach, ale każdy wynik należy poddać ocenie z wykorzystaniem dostępnych w programie narzędzi.

Dostęp do wyników badań wykonanych w nieaktywnej konfiguracji będzie możliwy po aktywacji konfiguracji SolidWorks (rysunek 5.45).



5.3. Wpływ rodzaju zamocowania na wartość obliczonych naprężeń

Plik przykładu: Rozdział 05\3 Taboret.

W tym podrozdziale zostanie omówiony wpływ zastosowania właściwych mocowań na wyniki obliczeń. Do tego celu posłuży model taboretu (rysunek 5.46), którego nogi celowo nie są pionowe.

Rzeczywiste warunki użytkowania taboretu:

- 1. Taboret stoi na podłodze i nie jest do niej zamocowany.
- 2. Siła obciążająca ścianę górną 1000 N.
- 3. Materiał taboretu to stal S235JR.

RYSUNEK 5.46.

Model taboretu



Obliczenia z umocowaniem Nieruchoma geometria:

- Utwórz badanie Analiza1.
- Umocuj, stosując opcję Nieruchoma geometria (odebrane wszystkie stopnie swobody) cztery ściany dolne nóg jak na rysunku 5.47.



- Zdefiniuj siłę o wartości 1000 N jak na rysunku 5.48.
- Utwórz siatkę z parametrami jak na rysunku 5.49.
- Wykonaj obliczenia (*Uruchom to badanie*).



Na rysunku 5.50 przedstawiono wyniki obliczeń. Wartość maksymalnych naprężeń wynosi 65,9 *MPa*. Przy granicy plastyczności wynoszącej 235 *MPa* wartość naprężeń wydaje się bezpieczna. Czy jednak możemy uznać, że konstrukcja jest dobrze zaprojektowana i może zostać skierowana do produkcji? Taboret jest ustawiony swobodnie na podłodze, lecz czy uwzględniona została możliwość rozsuwania się pochylonych nóg?

Odpowiedź może wydawać się oczywista — jeżeli dół nóg może się przesuwać po podłodze, mocowanie *Nieruchoma geometria* nie jest odpowiednie. Odpowiedź jest oczywista, o ile takie pytanie sobie zadamy.

Zatem jakie umocowanie jest odpowiednie — kolejna próba będzie uwzględniała umocowanie *Przesuwanie*.



🔶 Granica plastyczności: 235,0

Obliczenia z umocowaniem Nieruchoma geometria:

Skopiuj badanie *Analiza1* i nadaj nowemu badaniu nazwę Analiza2 (rysunek 5.51).

RYSUNEK 5.51.

Kopiowanie badania



■ Edytuj umocowanie *Stały-1* i zmień typ mocowania na *Przesuwanie* (rysunek 5.52).



■ Kliknij *Uruchom to badanie*.

Po uruchomieniu obliczeń zostały wyświetlone komunikaty programu pokazane na rysunku 5.53 (drugi komunikat zostaje wyświetlony po kliknięciu *OK* w oknie pierwszego komunikatu). Bardzo trudno jest znaleźć przyczynę niepowodzenia ze względu na nieprecyzyjną treść komunikatów.

Przyczyną jest niestabilność modelu, tzn. możliwość ruchu modelu po powierzchni podparcia.



Simulation		×
	Solver iteracyjny zatrzymany. Trudności natury numerycznej. (Nie powiodły się warunki wstępne) Należy sprawdzić warunki brzegowe modelu. Nie zapisano wyników.	< v
C	Patrz rozwiązanie w bazie wiedzy SOLIDWORKS S-02052 OK	0
	Simulation X	
	Taboret-Analiza2 : Niepowodzenie	
	ОК	

Zmiana umocowania:

Edytuj umocowanie Przesuwanie i usuń z wyboru jedną ścianę (rysunek 5.54).

RYSUNEK 5.54.	Standardowy (Przesuwanie)
Usunięcie jednej ściany w definicij	😢 Nieruchoma geometria
umocowania	Przesuwanie
	Nieruchomy zawias
	Ściana<1>
	Ściana<2>
	Ściana<3>
	Ściana<4> Wyczyść wybór
	Usuń
	Dostosuj menu

- Dodaj umocowanie *Nieruchoma geometria* do zwolnionej ściany.
- Wykonaj obliczenia.

Na rysunku 5.55 przedstawione zostały wyniki obliczeń, w których wartości naprężeń maksymalnych przekraczają wartość granicy plastyczności. Jak wiemy z poprzedniego podrozdziału, wyniki powinny zostać przeanalizowane, ale nie taki jest cel obliczeń w tym podrozdziałe.

Czy umocowanie omówione przed chwilą jest odpowiednie do rzeczywistych warunków pracy taboretu?



Po zastosowaniu umocowania *Przesuwanie* ściana zamocowana może przesuwać się wzdłuż wyobrażonej powierzchni, na której od początku się znajdowała. Jak wynika z rysunku 5.56, noga odkształca się w taki sposób, że jej dolna ściana nie odrywa się od podłoża — tak w rzeczywistych warunkach nie będzie. Na tym etapie poznawania możliwości programu nie jesteśmy w stanie w lepszy sposób odzwierciedlić rzeczywistych warunków w zakresie mocowania modelu.

Rysunek 5.56. Odkształcenie nogi



Skorowidz

A

Adaptacyjne, 147, 148 Aktualizuj, 86, 96, 297 Aktywne dodatki, 27 aktywowanie konfiguracji, 108 Analiza punktu, 148 ruchu, 249, 254 statyczna, 11, 31, 60, 186 Automatyczne dostosowanie siatki, 145 próby dla brył, 21 przejście, 21, 149-152, 190, 230 Automatycznie znajdź zestawy kontaktowe, 130, 208, 222 Automatyczny, 51 wybór solvera, 21

В

Badanie, 31 projektu, 274 ruchu, 254, 256 statyczne, 275 zmęczeniowe, 232 Bardziej dokładne, 52 Belka, 63, 65 bez przegubu, 296 na trzech podporach, 295 naprężenia lokalne, 317 obciążona ciągłym obciążeniem, 76, 291 dwoma siłami, 279 jedną siłą, 286 obliczenia, 63 podział, 87 schemat obciążenia, 325 statycznie niewyznaczalna, 286 statycznie wyznaczalna, 279

suwnicy podwieszanej, 317 szczegóły, 65 wykresy momentu, 80 z przegubem, 299 zawieszenie, 327 zmiana definicji, 79 Belki, 221 Bez penetracji, 23–25, 55, 123, 165, 192, 222 biblioteka Simulation, 265 własna, 268 Biblioteki projektu, 269 Bieżący widok, 57 błąd obliczeń, 133 Bryły i skorupy, 221

С

Cienki, 187 ciśnienie, 38, 139, 201, 218, 219 hydrostatyczne, 142, 267 Częściowy współczynnik bezpieczeństwa, 124

D

Definicja, 94 belki, 78 ciśnienia, 139, 200, 201 ciśnienia hydrostatycznego, 143 danych zmęczenia, 233 grawitacji, 37 grubości, 198 kontaktu, 53 globalnego, 122 Pasowanie skurczowe, 182 Wiązane, 199 Własny kontakt, 271 kratownicy, 85 materiału, 33, 201, 202 momentu obrotowego, 37

napędu, 255 obciążenia, 263, 282 obciążenia belki, 293 odległej masy, 273 podpory, 281 przesuwnej, 83 ruchomej, 66 połączenia śruby fundamentowej, 132 przegubu, 301 sensorów, 277 siły, 37, 67, 90, 101, 257 odśrodkowej, 230 skupionej, 77 w połączeniu, 47 skorupy, 186, 194, 198, 217 spoin punktowych, 189 układu współrzędnych, 38 umocowania, 34, 51, 90, 100 wykresu, 42 momentu gnącego, 71 naprężenia, 221 złącza śrubowego, 268 zmiennego ciśnienia, 38 Diagnostyka punktu aktywnego naprężenia, 104 Diagnoza punktów osobliwych naprężeń, 161 Direct sparse solver, 22 Dodaj czas, 260 konfigurację, 290 nowy wykres, 30 parametr, 275 przypadek, 232 sensor, 276 dodatek Simulation, 27 dodatki SOLIDWORKS, 28 Dolna powierzchnia, 193 Domyślna biblioteka, 265 Doradca obciążeń zewnętrznych, 66, 75, 76 połączeń, 224 umocowań, 33, 45, 65, 66, 126 Dotykające ściany, 222 drzewo Simulation, 32, 45 Duże przemieszczenie, 52, 128 Dwa metale, 243 dwuteownik, 18, 318 dyskretyzacja modelu, 16 Dźwignia, 157, 160

Ε

Edytuj definicję, 50, 78, 85, 94, 116, 263 równanie, 142, 200

F

FFEPlus, 22 fizyczne parametry obliczeń, 15 Funkcja siły, 257

G

Generator funkcji, 256, 257 siatki, 18 siatki opartej na krzywiźnie, 20 standardowy siatki, 20 Geometria odniesienia, 13, 189 Globalny, 262 Grawitacja, 36, 56, 287 Grubość spoiny, 124 Grupy połączeń, 82 Gwint, 168

I

Ignoruj prześwit dla kontaktu powierzchni, 51 import obciążenia, 262 obciążenia w ruchu, 261 Informacje o błędach, 50, 309 Intel Direct Sparse, 22

J

Jakobian, 41, 42, 99 Jednostki, 29

Κ

karta badania, 11 kierunek belki, 284 siły, 133 Kolory, 30 Kołek, 171, 172 koło, 321 Kompatybilna siatka, 129 komponenty złożenia, 249 komunikat błędu, 122 o niepowodzeniu, 112 programu, 235 systemu, 144, 221 Koncentryczne, 251, 252 Konfiguracje, 289, 290 konstrukcja blaszana, 185 kratownicy, 81 ramowa, 73

konstrukcja spawana, 296 symetryczna, 137 Kontakt, 22, 24, 115 globalny, 49, 116, 159, 165, 199 komponentu, 117, 120, 130 mieszany, 222 Pasowanie skurczowe, 182 Powierzchnia do powierzchni, 163, 166 profili z podłożem, 132 Wiązane, 199, 216 własny, 269 zmiana rodzaju, 116 kopiowanie badania, 72, 78, 102, 152, 159 ustawień między badaniami, 291 Kratownica, 79 podpora nieprzesuwna, 83 połączenia, 83 Krzywe oparte na stali austenitycznej ASME, 234 węglowej ASME, 232

L

Large Problem Direct Sparse, 22, 329 Linia podziałowa, 12, 157, 203 Lista wyników, 98, 99 lokalizacja naprężeń w węzłach, 324

Ł

Łożysko, 179

332

Μ

maksymalna wartość ugięcia belki, 281 maksymalne naprężenia, 292 ugięcie, 292 maksymalny moment zginający, 280, 292, 300 prześwit, 129 rozmiar elementu, 155 Masa, 276 materiał, 33, 201, 202 Max naprężenie zredukowane wg Misesa, 95 Menedżer skorupy, 186, 187 właściwości, 10 menu podręczne, 10 Simulation, 29

MES, metoda elementów skończonych, 15 generowanie siatki, 16 geometria, 15 obliczenia, 16 postprocessing, 16 warunki brzegowe, 15 metoda Clebscha, 280 MES, 15 Miedź na zewnątrz, 245 wewnątrz, 243 Min liczba elementów w okręgu, 156 mocowanie konstrukcji, 126 płyty, 212 model belki, 44, 64, 280 blaszany, 185 bryłowy, 31, 191, 207 dyskretyzacja, 16 geometryczny, 15 konstrukcji, 24 powierzchniowy, 196 skorupy, 49, 191 w dwóch konfiguracjach, 243 wieloobiektowy, 115 wirnika, 229, 273 zbiornika, 137, 215 moment maksymalny, 301 obrotowy, 36, 48, 131, 306, 312 obrotowy napędu, 258, 259 zginający, 71, 78, 283, 288, 294, 298-302

Ν

Na jednostkę długości, 76 Na płaskich ścianach, 35 Na ścianach cylindrycznych, 35, 126, 304 Nacisk, 38, 138, 142, 217 Nałóż model na zdeformowany kształt, 68, 245, 246 Naped, 255 obrotowy, 256 naprężenia, 319 lokalne, 317 maksymalne, 102, 281, 300 na dolnej ścianie belki, 329 sumaryczne, 325 w węzłach, 324 naprężenie, 70, 77, 93, 96, 136, 146-149, 161, 163, 165, 193, 202, 212, 237, 298, 302 normalne, 323, 324

osiowe, 88, 288, 293 zginające, 288, 293 Narzędzia wyników, 96, 97 Nie dotykające ściany, 129 Nie poruszający się, 46, 65 Niejednorodny rozkład, 48, 200 Niekompatybilne opcje wiązania, 51 Nieporuszający się, 296 Nieruchoma geometria, 34, 45, 51, 66, 72, 109, 287, 321 Nieruchomy zawias, 34, 126, 304, 312, 328 Niewystarczająco powiązane obiekty, 55 Normalny do płaszczyzny, 67

0

Obciążanie, 36, 74, 118, 232, 263, 282 ciągłe, 48, 280, 291 dwoma siłami, 279 jedną siłą, 286 kratownicy, 81 Moment obrotowy, 306 odległe, 176 Siła odśrodkowa, 306 Temperatura, 243 termiczne, 243 wstępne, 131 zewnętrzne, 169 Oblicz minimalny rozmiar elementu, 155 siły swobodnego obiektu, 52, 192, 195 wyniki symulacji, 260 Obliczaj, 55, 82, 87, 219, 258 obliczenia analityczne, 317 belek, 279 części, 311 konstrukcje symetryczne, 137 modelu bryłowego, 206 powierzchniowego, 206 wieloobiektowego, 115 naprężeń, 212 naprężeń sumarycznych, 325 pojedynczej belki, 63 porównanie wyników, 191, 313 siatka bryłowa, 89 mieszana, 215 skorupy, 185, 211 Simulation, 319 uproszczonego złożenia, 307 wytrzymałościowe, 249, 259 z zadanym przemieszczeniem, 174 z zastosowaniem konfiguracji, 289

złożenia z płytkami, 304 złożeń, 157, 303 zmęczeniowe, 229 Obrazy, 57 Obrót, 219 Obudowa, 177 Odległa masa, 272, 274 Odległe obciążenie/masa, 177 Odniesienia z biblioteki, 266 Odwróć górę i dół skorupy, 187, 190 Opcje, 208 generatora siatki, 20 granicy, 146 izochromy, 85, 101 kontaktu globalnego, 23 raportu, 57 wykresu, 68, 93 Operacje, 12, 141 Orientacja i widok z kamery, 255 oznaczenia numeryczne, 9

Ρ

Panewka, 250 Parametry, 275 Definicji skorupy, 186 siatki, 101 solvera, 42 spoiny, 124 tulejek, 257 Pasowanie skurczowe, 23, 182 plik hydrostaticpressure, 266 obrazu, 57 pliki *.csv, 97 *.sldalasm, 266 *.sldalprt, 266 Płaszczyzna prawa, 253 przednia, 98 Płytka, 89, 308 z otworami, 32 pochodna, 300 podpora, 281, 295 przesuwna, 83, 84 podział powierzchni, 203 ścian, 320 Pogłębiacz walcowy z nakrętką, 269 Pokaż kierunek belki, 79, 283 kontakty oparte na solverze, 56 max adnotację, 94

polecenia menu podręcznego, 10 Połączenia, 10, 47, 48 profili, 129 w kratownicy, 83 Połączenie, 66, 71 Kołek, 171, 172 łożysko i sprężyna, 176 rozproszone, 133 Popraw dokładność, 51, 175 Porównaj wyniki, 140 postprocessing, 16 Powiązania, 276 Powierzchnia do powierzchni, 51, 166 Promieniowe, 304 Przeglądaj, 250 symbole symulacji, 68 przegub, 296, 299, 301 przekrój IPE 120, 281 przemieszczenie, 136, 166, 283, 291, 294 Przenieś pasek czasu, 261 Przerwa/Kontakt, 51 Przesuwanie, 34, 110, 142, 311, 314 Przycinanie izo, 96, 103, 161 Punkt, 12, 13, 64, 66 aktywny naprężenia, 103, 105 przyłożenia siły, 64 Punkty danych, 256 jakobianu, 21 osobliwe naprężeń, 106 wyznaczania naprężeń lokalnych, 318

334

R

rama, 74 Raport, 56, 57 ponowna publikacja, 59 relacia Równe, 204 Wspólne, 204 Renderuj grubość skorup w 3D, 21, 28 profil belki, 28, 67 Rozmiar elementu, 40 Rozpocznij diagnozę punktów aktywnych naprężeń, 103 diagnozę punktów osobliwych naprężeń, 103 złożenie, 250 równanie linii ugięcia, 280 momentu gnącego, 280 Równoległe, 254 równowaga statyczna, 299 Ruch, 249, 256

S

schemat belki, 63 konstrukcji kratownicy, 81 mocowania belki, 287 obciążenia, 74, 279, 287 Sekcje raportu, 56 sensor, 276 Siatka, 29 adaptacyjna, 145 automatyczne dostosowanie, 145 belki, 17 bez Automatycznego przejścia, 231 bryłowa, 16, 89, 192 generator, 18 gęstość, 99 jakości roboczej, 19 jakości wysokiej, 20 kompatybilna, 24 lokalne zagęszczenie, 91 mieszana, 215 niekompatybilna, 24 oparta na krzywiźnie, 153, 155, 209 parametry, 101 skorupy, 17, 185, 193 cienkiej, 211 grubej, 211 standardowa, 39, 150 sterowanie, 102, 103 szczegóły, 40, 91, 151, 152 z Automatycznym przejściem, 231 zmiana typu, 116, 141 Siła, 36, 47, 66, 90, 101, 257 kierunek, 133 odśrodkowa, 230, 306 reakcji, 71, 86, 297, 292, 300, 301 skupiona, 77 ścinająca, 280, 283, 284, 289, 295, 298 wartość, 133 zrównoważona, 167 Simulation, 27, 28, 65 foldery biblioteki, 266 konfigurowanie dodatku, 27 zastosowanie biblioteki, 268 skorupa, 49 solver, 16, 21 Sonda, 86, 322 Spoina, 122 grzbietowa, 124 punktowa, 188, 189 sprawdzenie umocowania, 53 Sprawdź siatkę, 260 Sprężyna, 178

sprzęgło kłowe, 177 wielopłytkowe, 303 stal konstrukcyjna S275JR, 229 stopowa, 201 stała K, 280 Standard, 131 Sterowanie siatki, 40, 102-106, 149, 200, 225 z Liczbą elementów, 284 suma momentów, 299 rzutów sił, 299 suwnica, 327 symbol pierścienia ustalającego, 173 Symetria, 142 cykliczna, 138 osiowa, 137 względem płaszczyzny, 140 Szacowana długość spoiny, 124 Szczegóły, 39, 91 belki, 18, 65 siatki, 40, 91

Ś

ściana dolna belki, 320 ściany wiązań, 252 Ścieg spoiny pachwinowej, 115, 206 Śruba, 128, 131, 224 fundamentowa, 132

Т

tabela Menedżera skorupy, 187 Tarcie, 116 Temperatura, 243 Tłok, 252, 253, 257 Traktuj jako bryłę, 45, 129, 320 jako Odległą masę, 273 wybrane obiekty jako bryły, 141, 208 Translacja, 219 tworzenie badania projektu, 31, 275 biblioteki, 268 konfiguracji, 290 modelu belki, 64 przekrojów siatki, 324 złożenia, 249

U

ugięcie, 292 Układ współrzędnych, 12, 13, 38, 141 odniesienia, 262

Ukryj/pokaż elementy, 14 Ulubione, 32 umocowanie, 33, 90, 100, 111, 118, 164, 219 koła, 321 Nieruchoma geometria, 109, 321 Nieruchomy zawias, 328 Przesuwanie, 113, 311 Uproszczony, 52 Uruchom to badanie, 11, 39, 42, 56, 67, 93, 158, 160, 221, 226 Ustaw jako sztywne, 177, 328 Ustawienia, 93 symulacji, 259 wykresu, 95 ustawienie czasu analizy, 256 Usuń, 309 obiekt, 140 usuwanie kontaktu globalnego, 182 uszkodzenie, 237 Utwórz kompatybilną siatkę, 208 nowe badanie projektu, 275 ponownie siatkę, 21 siatkę, 39, 67, 91, 155, 160 wykres jakości siatki, 41, 99 zestawy kontaktowe, 56, 117, 209, 222 Uwzględnij, 57 globalne tarcie, 51 rozkład naprężeń, 52 w raporcie, 58 Użyj geometrii odniesienia, 34, 66, 175, 296, 321 miękkiej sprężyny dla stabilizacji modelu, 52, 271 obciążenia bezwładnościowego, 53, 169, 171, 182, 192, 195, 262, 271 wg rozmiaru części, 154

W

W lokalizacji, 322 Wał, 157, 160, 250, 251, 259 Wartości z biblioteki, 266 wartość reakcji pionowej, 280 Węzeł, 286 do powierzchni, 51 Wiązane, 23, 25, 53, 56, 117, 199, 223 Wiązanie, 251 Koncentryczne, 251 Równolegle, 254 wspólne wału, 251 wygaszanie, 254 Wielowypust, 309, 312, 313 Wierzchołki, punkty, 48, 66 wirnik, 229, 236, 273 Wirtualna ściana, 23, 132 wizualizacja kontaktów, 57 Własny kontakt, 271 Właściwości, 11, 51 badania, 51, 52 badania ruchu, 256 Wpust, 157, 159, 160 współczynnik bezpieczeństwa, 125 czułości, 103 korelacji, 125 kształtu, 41, 42, 99 rozszerzalności cieplnej, 243 tarcia, 51 współczynniki dla dwuteowników równoległościennych, 319 Wstaw komponenty, 250, 251 wstawianie punktu, 64 Wybierz inny, 182 ręcznie zestawy kontaktowe, 132, 220, 271 wybór solvera, 21 Wybrane komponenty, 262 Wyciągnięcie cienkościenne, 222 dodania, 222 dodania/bazy, 60 po ścieżce, 168 Wycięcie przez wyciągnięcie po ścieżce, 168 wygaszanie obciążeń, 287 wiązania, 254 Wyizoluj punkt osobliwy naprężeń, 103 Wyklucz z analizy, 216 wykres Jakobianu, 42 konwergencji, 42 krawędzi, 98 Moment obrotowy napędu, 258, 259 momentu zginającego, 71, 78, 80, 283, 288, 294, 298, 302 naprężenia, 70, 77, 93, 136, 146-149, 161, 163, 165, 193, 202, 221, 237, 263, 298, 302 osiowego, 88, 288, 293 zginającego, 288, 293 przemieszczenia, 81, 136, 166, 238, 241, 245 263, 283, 291, 294 Przycinanie izo, 96 siatki, 120, 209 siły ścinającej, 283, 284, 289, 295, 298 statyczny, 31

trwałości, 234 uszkodzenia, 233 uszkodzenia i trwałości, 237 wizualizacji kontaktów, 53, 54 Współczynnika kształtu, 42 Wyłącz odtwarzanie kluczy widoku, 255 wymiary dwuteowników, 318 Wynik sondy, 284, 286, 294 Wyniki, 30 Wyprowadź ze współczynnika sprężystości wzdłużnej materiału, 232 Wyświetlaj oś obojętną, 82 Wytnij powierzchnią, 140 wytrzymałość materiału, 249 wzmocnienie konstrukcji, 205, 236

Ζ

Z pierścieniem ustalającym, 171 Zaawansowana symulacja, 232 Zaawansowane umocowania, 126, 138 Zaokraglenie, 106 Zastąp zbędne wiązania tulejkami, 256 zastosowanie biblioteki, 267 Zastosuj edytuj dane zmęczenia, 232 sterowanie siatki, 40, 68, 91, 154, 159, 309 ulubiony materiał, 32, 201 Zawias, 79 zbiornik, 137, 215 płaskościenny, 141 Zdefiniowany przez użytkownika, 29 Zdefiniuj skorupę przez wybrane ściany, 193, 217 wykres naprężenia, 221 współczynnika bezpieczeństwa, 95 wykresy belki, 70, 282 Zdeformowane wyniki, 43, 93 Zestaw kontaktowy, 10, 56, 117, 130, 182, 199, 208, 220 Wiązane, 223 Zezwalaj na penetrację, 23, 25 złącze śrubowe, 225, 268 Złożenie, 157, 249-251, 305 uproszczone, 307, 314 z płytkami, 313, 316 Zmęczenie, 229, 232 Zmienne, 275 Znajdź Niewystarczająco powiązane obiekty, 219, 220 zestawy kontaktowe, 117, 209, 222

PROGRAM PARTNERSKI — GRUPY HELION

1. ZAREJESTRUJ SIĘ 2. PREZENTUJ KSIĄŻKI 3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj! http://program-partnerski.helion.pl



Opanuj środowisko SolidWorks Simulation 2020!

- Poznaj możliwości symulacyjne SolidWorksa
- Naucz się przeprowadzać analizy strukturalne
- Sprawdzaj swoje projekty pod kątem wytrzymałości

SolidWorks to bardzo popularne rozwiązanie do projektowania inżynierskiego, które wraz z wprowadzeniem dodatku Simulation zostało wzbogacone o narzędzia do analizy strukturalnej wykorzystujące metodę elementów skończonych. Oprogramowanie umożliwia przeprowadzanie testów i symulacji działania zaprojektowanych części i złożeń oraz ułatwia ich optymalizację kosztową i materiałową, dzięki czemu końcowe produkty można wytwarzać taniej i szybciej wprowadzać na rynek, bez pogarszania ich jakości i parametrów.

Jeśli wiesz już, jak wykorzystywać SolidWorksa do projektowania, a chciałbyś zacząć weryfikować swoje konstrukcje pod kątem wytrzymałości za pomocą rozwiązania Simulation, sięgnij po książkę *SolidWorks Simulation 2020. Statyczna analiza wytrzymałościowa*. Dzięki niej od podstaw poznasz proces przygotowywania i przeprowadzania symulacji w tym środowisku, dowiesz się, jak prezentować wyniki swoich analiz, nauczysz się dobierać odpowiednie narzędzia do stojących przed Tobą zadań i odkryjesz, jak skutecznie wykorzystywać możliwości dodatku Simulation w codziennej praktyce projektowej.

- Interfejs środowiska i oferowane przez nie narzędzia
- Uruchamianie i konfigurowanie dodatku Simulation
- Przygotowywanie modeli i definiowanie parametrów
- Analizy belek, konstrukcji ramowych i kratownic
- Obliczenia części jedno- i wieloobiektowych
- Analizy konstrukcji symetrycznych i złożeń
- Obliczenia elementów blaszanych
- Analizy zmęczeniowe
- Automatyzacja generowania siatek
- Praktyczne przykłady analiz wytrzymałościowych

Wykonuj statyczne analizy wytrzymałościowe jak profesjonalista!

