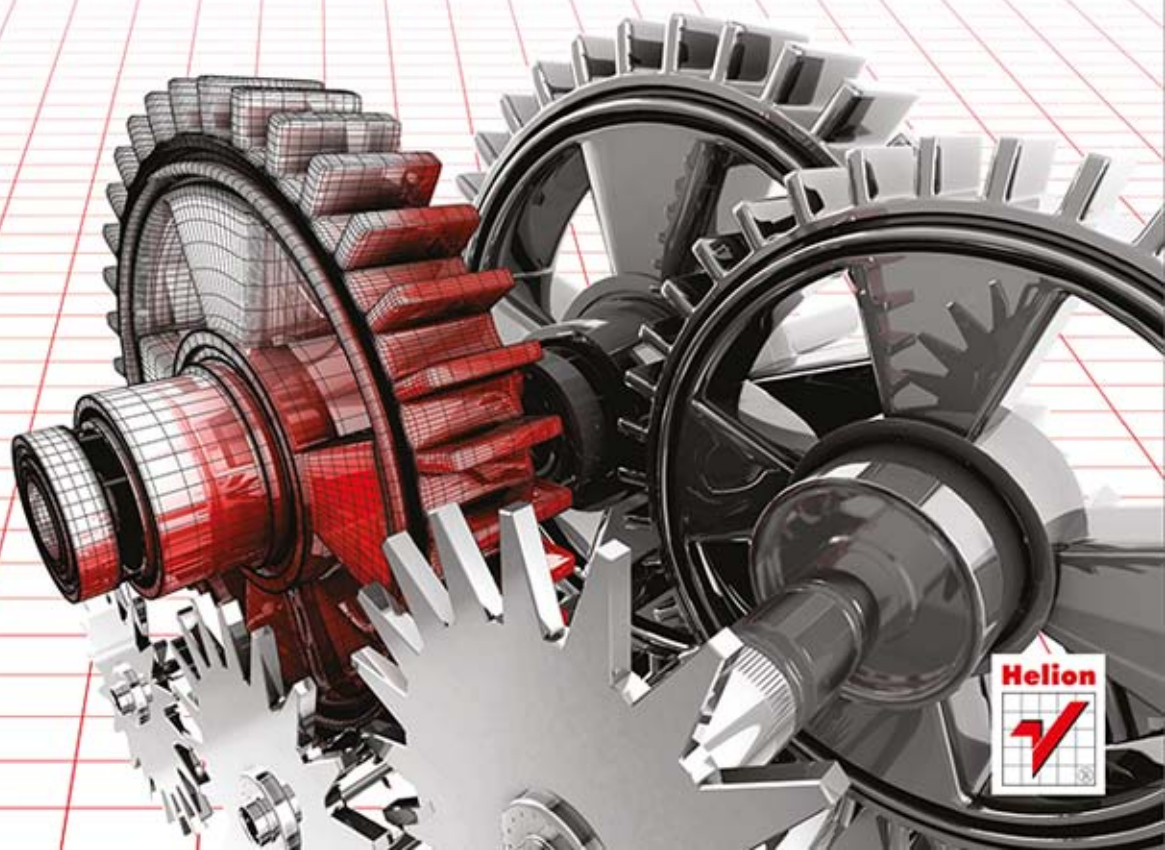


KRZYSZTOF SOKÓŁ

# CATIA

WYKORZYSTANIE METODY  
ELEMENTÓW SKOŃCZONYCH  
W OBLICZENIACH INŻYNIERSKICH



Helion



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 Wydawnictwo HELION 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 Wydawnictwo HELION nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Redaktor prowadzący: Tomasz Waryszak

Projekt okładki: Studio Gravite / Olsztyn  
Obarek, Pokoński, Pazdrijowski, Zaprucki

Wydawnictwo HELION  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 GLIWICE  
tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto: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/catwym>  
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

ISBN: 978-83-246-9353-5

Copyright © Helion 2014

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

# Spis treści

<b>Wstęp</b> .....	<b>5</b>
<b>Rozdział 1. Analiza podnóżka przeznaczonego do pojazdów dwukołowych</b> .....	<b>7</b>
1.1. Sformułowanie problemu .....	7
1.2. Obliczenia numeryczne .....	8
1.3. Analiza wyników .....	13
<b>Rozdział 2. Analiza elementów symetrycznych na przykładzie rury wypełnionej gazem</b> .....	<b>17</b>
2.1. Sformułowanie problemu .....	17
2.2. Obliczenia numeryczne .....	18
2.3. Analiza wyników .....	23
<b>Rozdział 3. Deformacja elementów pod wpływem własnego ciężaru</b> .....	<b>27</b>
3.1. Sformułowanie problemu .....	27
3.2. Obliczenia numeryczne .....	28
3.3. Analiza wyników .....	34
<b>Rozdział 4. Zastosowanie elementów wirtualnych w obliczeniach numerycznych</b> .....	<b>37</b>
4.1. Sformułowanie problemu .....	37
4.2. Obliczenia numeryczne .....	38
4.3. Analiza wyników .....	44
<b>Rozdział 5. Analiza produktu złożonego z kilku elementów</b> .....	<b>47</b>
5.1. Sformułowanie problemu .....	47
5.2. Obliczenia numeryczne .....	48
5.3. Analiza wyników .....	53
<b>Rozdział 6. Analiza modalna</b> .....	<b>55</b>
6.1. Sformułowanie problemu .....	55
6.2. Obliczenia numeryczne .....	56
6.3. Analiza wyników .....	58
<b>Rozdział 7. Metody adaptacji siatki w celu poprawy jakości wyników</b> .....	<b>61</b>
7.1. Sformułowanie problemu .....	61
7.2. Obliczenia numeryczne .....	62
7.3. Analiza wyników — część I .....	64
7.4. Adaptacja siatki .....	64
7.5. Analiza wyników — część II .....	66

<b>Rozdział 8. Zastosowanie elementów prętowych w obliczeniach numerycznych .....</b>	<b>69</b>
8.1. Sformułowanie problemu .....	69
8.2. Obliczenia numeryczne .....	70
8.3. Wyniki obliczeń numerycznych .....	76
<b>Rozdział 9. Zastosowanie elementów powierzchniowych w obliczeniach numerycznych .....</b>	<b>79</b>
9.1. Sformułowanie problemu .....	79
9.2. Budowa elementu .....	80
9.3. Sformułowanie problemu .....	82
9.4. Wyniki obliczeń numerycznych .....	88
<b>Rozdział 10. Zastosowanie siatek hybrydowych w obliczeniach numerycznych .....</b>	<b>91</b>
10.1. Sformułowanie problemu .....	91
10.2. Budowa modelu .....	91
10.3. Sformułowanie problemu .....	94
10.4. Analiza wyników .....	101
<b>Rozdział 11. Analiza elementów skręcających .....</b>	<b>105</b>
11.1. Sformułowanie problemu .....	105
11.2. Obliczenia numeryczne .....	106
11.3. Analiza wyników .....	110
<b>Rozdział 12. Optymalizacja modeli numerycznych .....</b>	<b>113</b>
12.1. Sformułowanie problemu .....	113
12.2. Obliczenia numeryczne .....	114
12.3. Optymalizacja układu .....	119
<b>Rozdział 13. Analiza obracającego się dysku .....</b>	<b>127</b>
13.1. Sformułowanie problemu .....	127
13.2. Obliczenia numeryczne .....	128
13.3. Wyniki obliczeń numerycznych — część I .....	132
13.4. Wyniki obliczeń numerycznych — część II .....	134
<b>Rozdział 14. Analiza elementów spawanych .....</b>	<b>135</b>
14.1. Sformułowanie problemu .....	135
14.2. Obliczenia numeryczne .....	136
14.3. Wyniki obliczeń numerycznych .....	144
<b>Rozdział 15. Definiowanie obciążeń na wybranych fragmentach geometrii .....</b>	<b>147</b>
15.1. Sformułowanie problemu .....	147
15.2. Obliczenia numeryczne .....	148
15.3. Wyniki obliczeń numerycznych .....	152
<b>Literatura .....</b>	<b>155</b>
<b>Skorowidz .....</b>	<b>157</b>

Rozdział 4.

# Zastosowanie elementów wirtualnych w obliczeniach numerycznych

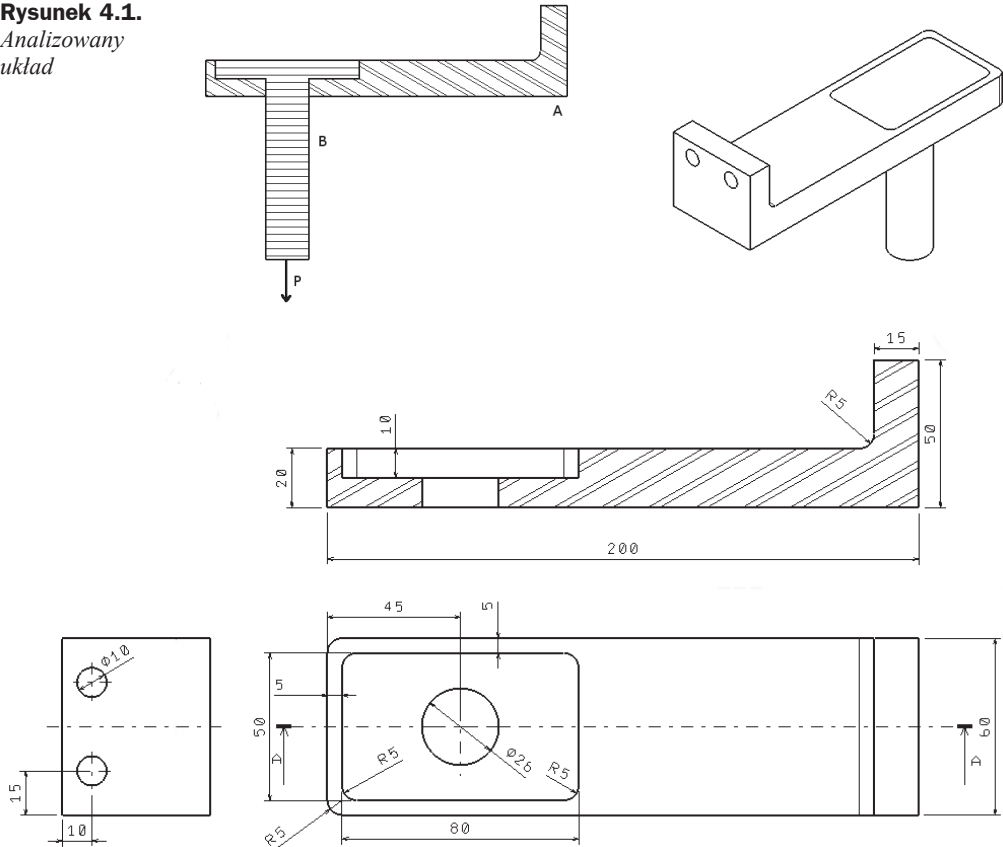
## 4.1. Sformułowanie problemu

W rozdziale 4. na przykładzie układu złożonego z dwóch części zaprezentujemy zastosowanie elementów wirtualnych do symulacji obciążenia elementu zasadniczego. W rozważanym przypadku część B, do której przyłożone jest obciążenie  $P$ , jest zamontowana na wcisk w części A. Część A ma dodatkowo w pionowej ścianie dwa otwory mocujące. Elementy wirtualne pozwolą na pominięcie fragmentu geometrii układu (część B) w celu uproszczenia modelu dyskretnego, ponieważ w analizie będzie nas interesowała tylko część A.


Na rysunku 4.1 pokazano analizowany układ wraz z oznaczeniem części składowych. Rysunek 4.2 zawiera niezbędne wymiary geometryczne, na podstawie których należy utworzyć element — będący przedmiotem ćwiczenia — w module *Part Design*.


**Rysunek 4.1.**

Analizowany układ

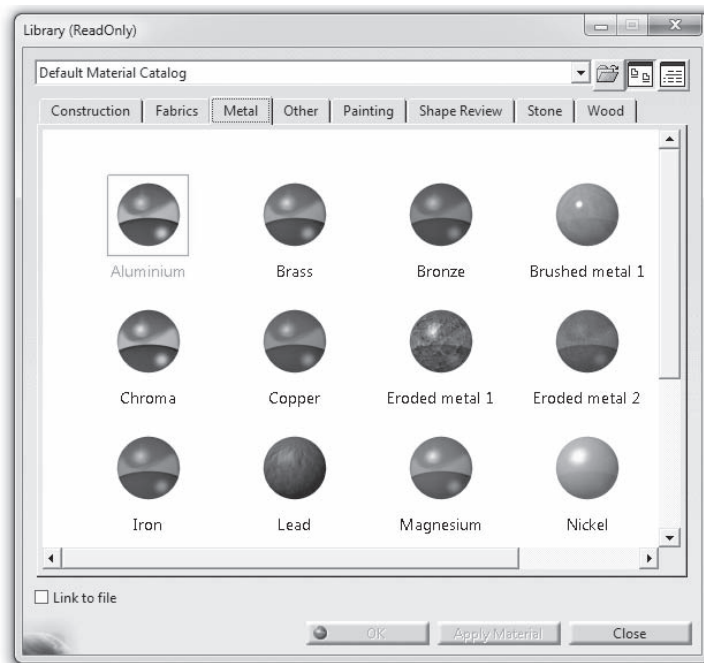
**Rysunek 4.2.** Wymiary elementu będącego przedmiotem ćwiczenia

## 4.2. Obliczenia numeryczne

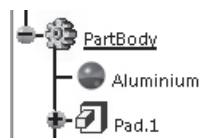
W analizie zastosujemy elementy wirtualne, dlatego też musimy zamodelować tylko element A. Po wykonaniu części w module *Part Design*, stosując polecenie *Apply Material* , określamy rodzaj materiału (w rozważanym przykładzie jest to aluminium). Jeśli nie przypiszemy materiału do części, podczas uruchamiania modułu *Generative Structural Analysis* zostaniemy o tym poinformowani stosownym komunikatem. Okno wyboru materiału pokazano na rysunku 4.3.

Następnie, korzystając z polecenia *Customize View Parameters*  (lub z górnego menu: *View/Render Style/Customize View*), zmieniamy parametry wyświetlania tak, aby w oknie głównym widoczny był wybrany materiał. Po wybraniu polecenia w nowo otwartym oknie zaznaczamy pole *Material*; zmiany zatwierdzamy przyciskiem OK. Struktura drzewka po zdefiniowaniu materiału ma postać jak na rysunku 4.4.

**Rysunek 4.3.**  
Okno biblioteki  
materiałów

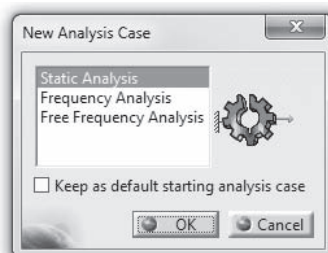



**Rysunek 4.4.**  
Struktura drzewka  
po przypisaniu  
materiału  
do części



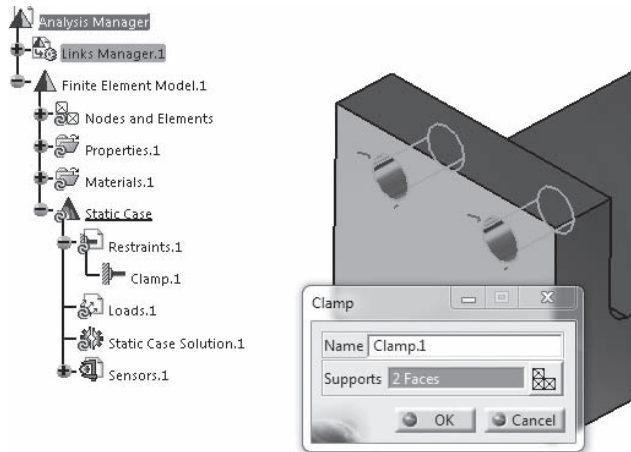
Po przypisaniu materiału do części oraz ustawieniu odpowiednich parametrów wyświetlania uruchamiamy moduł *Generative Structural Analysis*, wybierając z górnego menu kolejno *Start/Analysis & Simulation/Generative Structural Analysis*. Po uruchomieniu modułu *GSA* jesteśmy proszeni o wybór rodzaju analizy (rysunek 4.5). W naszym przypadku przeprowadzimy analizę statyczną, dlatego też w oknie *New Analysis Case* zaznaczamy *Static Analysis*. Całość akceptujemy przyciskiem *OK*.


**Rysunek 4.5.**  
Okno wyboru  
rodzaju analizy



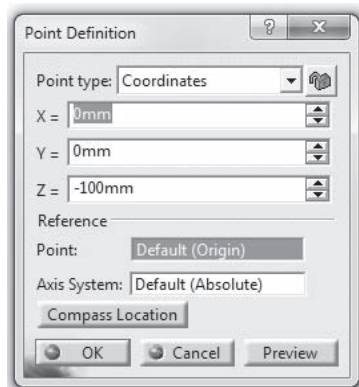
Po uruchomieniu modułu *GSA* w pierwszej kolejności określamy odpowiednie warunki brzegowe dla części A. Na pasku *Restraints* wskazujemy polecenie *Clamp* . Należy zwrócić uwagę, że po wybraniu polecenia *Clamp* (rysunek 4.6) pojawia się okno *Clamp*. W nim, w sekcji *Name* możemy nadać zamocowaniu unikalną nazwę ułatwiającą jego późniejszą identyfikację w drzewku, natomiast wpis *Supports* zawiera wskazane przez nas płaszczyzny. Podczas wyboru płaszczyzn po wskazaniu ich kursorem myszy zostaną one podświetlone na pomarańczowo (kolor domyślny), a po kliknięciu zostanie umieszczony na nich odpowiedni symbol koloru czerwonego reprezentujący tworzone zamocowanie. W ćwiczeniu wskazujemy wewnętrzne powierzchnie otworów. Operację generowania zamocowania kończymy naciśnięciem przycisku *OK*. W drzewku pojawił się właśnie nowy wpis w gałęzi *Restraints*.

**Rysunek 4.6.**  
Proces tworzenia  
zamocowań typu  
*Clamp*



W celu zasymulowania obciążenia, które jest przyłożone do końca części B, należy utworzyć dodatkowy punkt oddalony od elementu A. Tworzenie punktu rozpoczynamy od przeniesienia się do modułu *Part Design*. Z drzewka rozwijamy kolejno *Links Manager/Link/Part* i klikamy dwukrotnie lewym przyciskiem myszy *PartBody*. Po uruchomieniu modułu *Part Design* wybieramy polecenie *Point*  znajdujące się na pasku *Reference Elements*. Po jego aktywowaniu pojawia się okno *Point Definition* — rysunek 4.7.

**Rysunek 4.7.**  
Okno tworzenia  
punktu





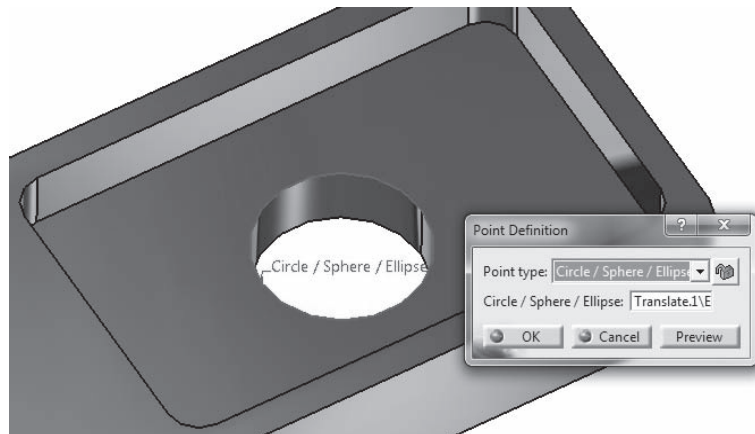
Generowanie punktu może odbywać się na kilka sposobów. Metodę tworzenia punktu określamy, korzystając z rozwijanego menu *Point type*. Do dyspozycji użytkownika są następujące opcje:


- ♦ według współrzędnych,
- ♦ na krzywej,
- ♦ na płaszczyźnie,
- ♦ na powierzchni,
- ♦ w środku okręgu, sfery, elipsy,
- ♦ stycznie do krzywej,
- ♦ pomiędzy dwoma punktami.

W zależności od wybranej metody zawartość okna pokazanego na rysunku 4.7 będzie automatycznie modyfikowana.

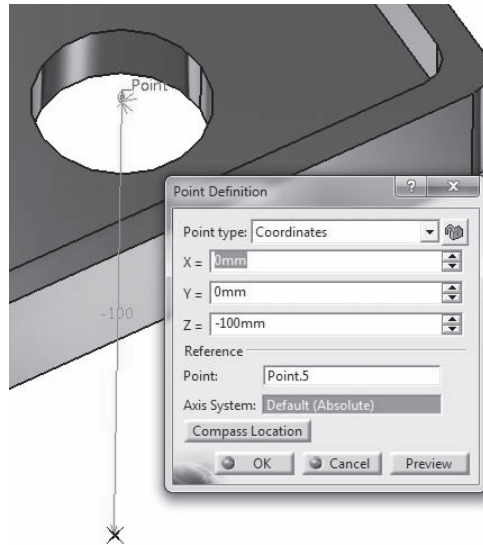
W naszym przypadku najwygodniej będzie utworzyć punkt, wykorzystując metodę środka okręgu, sfery, elipsy. Z rozwijanego menu wybieramy *Circle/Sphere/Ellipse center* i wskazujemy górny okrąg otworu zgodnie z rysunkiem 4.8.

**Rysunek 4.8.**  
Tworzenie punktu




Utworzenie punktu akceptujemy przyciskiem *OK*. Musimy teraz utworzyć kolejny punkt, który będzie odsunięty o odległość odpowiadającą długości elementu B. Wartość ta nie została podana na rysunkach początkowych i może być dowolnie ustalona przez użytkownika. Aby zdefiniować kolejny punkt, wykorzystamy ten utworzony poprzednio, jako element referencyjny. Wybieramy ponownie polecenie *Point* . Tym razem punkt wygenerujemy, stosując metodę na podstawie współrzędnych — *Coordinates*. W oknie *Point Definition*, w sekcji *Reference* jako *Point* wskazujemy wcześniej utworzony punkt, a następnie określamy położenie punktu docelowego poprzez wprowadzenie żądanych wartości współrzędnych (w omawianym przykładzie zmieniana jest tylko współrzędna zgodna z osią otworu). Prace kończymy naciśnięciem przycisku *OK*. Okno *Point Definition* wraz z odpowiednimi elementami zobrazowano na rysunku 4.9. Zaprezentowana metoda tworzenia punktów odniesienia nie stanowi jedynej możliwości, jaką oferuje oprogramowanie inżynierskie CATIA.

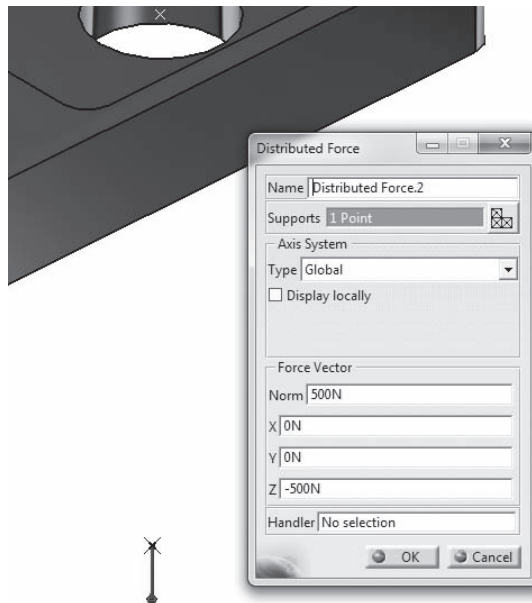
**Rysunek 4.9.**  
Tworzenie punktu z wykorzystaniem elementu referencyjnego



Po zakończeniu prac w *Part Design* powracamy do modułu *GSA* poprzez dwukrotne kliknięcie w drzewku *Finite Element Model*. Możemy teraz przystąpić do definiowania obciążenia działającego na element B, który na tym etapie jest reprezentowany za pomocą punktu.

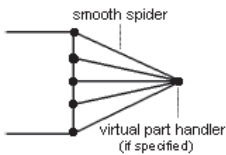
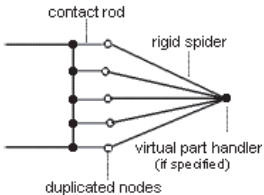
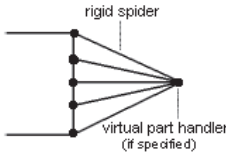
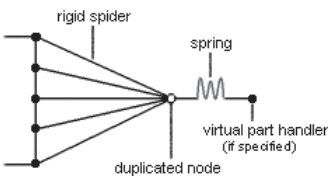
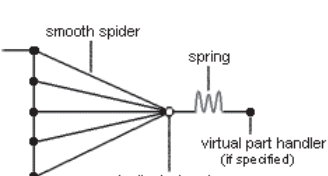
Obciążenie zasymulujemy, stosując polecenie *Distributed Force*  znajdujące się na pasku *Loads*. W nowo otwartym oknie jako *Supports* wskazujemy odpowiedni punkt, a wartość obciążenia definiujemy na poziomie  $500\text{ N}$  — rysunek 4.10. Całość akceptujemy przyciskiem *OK*.

**Rysunek 4.10.**  
Definiowanie obciążenia działającego na element B




Połączenie pomiędzy częścią A i punktem, do którego przyłożone jest obciążenie, zamodelujemy, wykorzystując elementy wirtualne. W programie CATIA występuje kilka rodzajów elementów wirtualnych, które pokazano i omówiono w tabeli 4.1.

**Tabela 4.1.** *Elementy wirtualne*

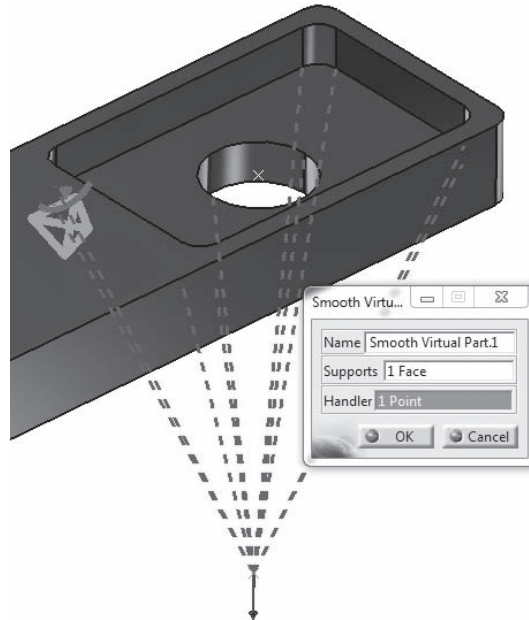
Typ elementu	Reprezentacja graficzna	Opis
<i>Smooth Virtual Part</i>		Połączenie bez masowego punktu, do którego mogą być przykładane obciążenia i ograniczenia z geometrią modelu; nie wprowadza lokalnego usztywnienia obiektu deformowalnego
<i>Contact Virtual Part</i>		Połączenie bez masowego punktu, do którego mogą być przykładane obciążenia i ograniczenia z geometrią modelu; nie wprowadza lokalnego usztywnienia obiektu deformowalnego i zapobiega przenikaniu obiektów w zakresie żądanej tolerancji
<i>Rigid Virtual Part</i>		Sztywne połączenie bez masowego punktu, do którego mogą być przykładane obciążenia i ograniczenia z geometrią modelu; wprowadza lokalne usztywnienie obiektu deformowalnego
<i>Rigid Spring Virtual Part</i>		Sprężyste połączenie bez masowego punktu, do którego mogą być przykładane obciążenia i ograniczenia z geometrią modelu; wprowadza lokalne usztywnienie obiektu deformowalnego, wykorzystuje sprężyny o sześciu stopniach swobody
<i>Smooth Spring Virtual Part</i>		Połączenie bez masowego punktu, do którego mogą być przykładane obciążenia i ograniczenia z geometrią modelu; nie wprowadza lokalnego usztywnienia obiektu deformowalnego, wykorzystuje sprężyny o sześciu stopniach swobody


Bardziej szczegółowe informacje dotyczące elementów wirtualnych można znaleźć w dokumentacji technicznej programu CATIA.

W naszym przypadku wybieramy z paska narzędzi *Virtual Parts* polecenie *Smooth Virtual Part* , ponieważ nie chcemy wprowadzać dodatkowego lokalnego usztywnienia. Okno *Smooth Virtual Part* jest podzielone na trzy sekcje. W pierwszej (*Name*) określamy nazwę reprezentującą tworzony element wirtualny w drzewku; w sekcji drugiej (*Supports*) wskazujemy obszar, dla którego chcemy utworzyć połączenie wirtualne (w naszym przypadku jest to płaszczyzna, na której opiera się element B); w sekcji trzeciej (*Handler*) wskazujemy punkt, do którego przyłożyliśmy obciążenie — rysunek 4.11. Tworzenie elementu wirtualnego kończymy naciśnięciem przycisku *OK*.



#### Rysunek 4.11.

Definiowanie  
elementu  
wirtualnego  
zastępującego  
część B



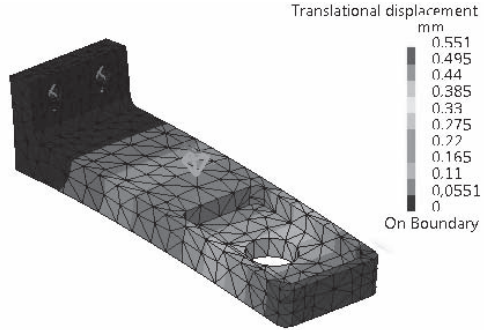
Przeprowadzamy teraz obliczenia, wybierając z paska narzędzi *Compute* polecenie *Compute* . W nowo otwartym oknie, w rozwijanym menu zaznaczamy opcję *All* (rozwiąż całe zadanie), a następnie naciskamy przycisk *OK*. W trakcie pracy solwera pojawiają się okna reprezentujące postęp obliczeń. Po ich zakończeniu program automatycznie powróci do widoku standardowego, a polecenia z pasków narzędzi *Analysis Tools* oraz *Image* pozwalające na generowanie obrazów wyników staną się aktywne.

## 4.3. Analiza wyników

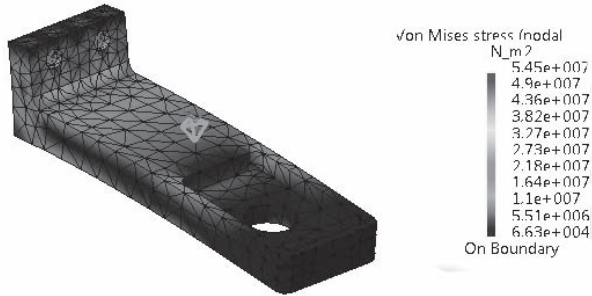
Po zakończeniu działania modułu obliczeniowego wyznaczamy pola przemieszczeń i naprężeń (rysunki 4.12 i 4.13), wykorzystując polecenia *Displacement*  oraz *Von Misses stress*  znajdujące się na pasku narzędzi *Image*.

**Rysunek 4.12.**

Wykres pola  
przemieszczeń

**Rysunek 4.13.**

Wykres pola  
naprężeń



Jak widać na powyższych rysunkach, zastosowany element wirtualny pozwolił z powodzeniem zastąpić część B, a tym samym znacząco skrócić czas obliczeń.



# Skorowidz

2D Property, 97, 139  
3D Property, 97, 106, 139

## A

Acceleration, 29  
Activated Groups, 145, 152  
adaptacja siatki, 61  
    globalna, 64  
    lokalna, 65  
    proces, 64  
    wartość błędu, 66  
Advanced Meshing Tools, 94  
Advanced Surface Mesher, 95  
algorytmy, 124  
Allow unrefinement, 66  
analiza  
    Buckling Case, 75  
    częstości drgań elementów konstrukcji, 55  
    częstotliwościowa, 56  
    dokładności  
        przeprowadzonych obliczeń, 64  
    elementów symetrycznych, 17  
    informacje szczegółowe, 14  
    modalna, 55  
    obracającego się dysku, 127  
    produktu złożonego z kilku elementów, 47  
    statyczna, 9, 12  
    zapis wyników, 15  
Analysis Case Solution Selection, 58  
Analysis Manager, 10  
Animate, 131

Apply Material, 8  
Assembly Design, 47  
Available Groups, 145  
Axis System, 128

## B

Beam Mesher, 72  
biblioteka materiałów, 8  
blacha, 91  
    właściwości 2D, 97  
błoczek, 135, 147  
    3D Property, 139  
    parametry siatki, 138  
blokowanie możliwości ruchu, 51  
błędy obliczeń, 64  
Buckling Case, 75  
Buckling Factor, 75

## C

cechy inercyjne, 57  
ciężar własny, 29  
Circle, 81  
Clamp, 11  
Clearance, 51  
Color Map Edition, 133  
Computations, 10  
Compute, 12  
Contact Connection Property, 51  
Contact Virtual Part, 43  
Create Global Sensor, 31  
Current Error, 65  
Customize View Parameters, 8  
Cut Plane Analysis, 23

## D

Deform according to, 152  
Deformation, 14  
Displacement, 14  
Distributed Force, 11, 42  
Distributed Mass, 57  
dostępne wyniki, 145  
dysk, 127

## E

Edges Distribution, 138  
eksport danych do pliku zewnętrznego, 60  
elementy  
    deformacja pod wpływem własnego ciężaru, 27  
    kontakt, 51  
    mocujące, 50  
    objętościowe, 10, 91, 96, 138  
    paraboliczne, 138  
    powierzchniowe, 79, 88, 95  
    prętowe, 69  
    referencyjne, 41  
    skręcane, 105  
    spawane, 135  
    tnące, 82  
    wirtualne, 37, 43, 87  
        definiowanie położenia, 117  
        śrubowe, 108  
Enforced Displacement, 35, 98  
Export Data, 59  
Extrude, 80

**F**

Fill, 93  
 filtrowanie danych, 111  
 Finite Element Model, 10  
 Formuła, 119  
 formuły, edycja, 121  
 Frequency Analysis, 56  
 Frequency Solution Parameters, 58  
 Friction ratio, 51

**G**

General Analysis Connection, 51  
 Generate Report, 24  
 Generative Structural Analysis, 9, 19  
 geometria szkieletowa, 71  
 Global Adaptivity, 64

**I**

Image Edition, 111  
 Image Generation, 132  
 Images Layout, 132  
 Imposed Elements, 84  
 Information, 14

**K**

kierunek ruchu, 99  
 kontakt, 51  
 definiowanie, 100  
 linia, 143  
 właściwości, 51, 101

**L**

Lanczos, 58  
 legenda, 133  
 Line, 71  
 Line Analysis Connection, 143  
 linia  
 kontaktowa, 143  
 meshowanie, 72  
 tworzenie między dwoma punktami, 71, 142  
 linijka, 149  
 Link, 10  
 Links Manager, 10  
 Local Mesh Size, 149  
 lokalny układ współrzędnych, 128

**M**

masa, 56  
 menedżer zapisu, 14  
 Mesh around Holes, 84  
 Mesh The Part, 83  
 Mesh Visualization, 10  
 model, aktywowanie, 133  
 moduł  
 GSA, 20  
 WaSD, 70

**N**

napięcie wstępne, 109  
 No sliding, 51

**O**

obciążanie elementu, 11, 21  
 wirtualnego, 87  
 obciążenia, 20  
 krytyczne, 69  
 maksymalne, 34  
 na dowolnych fragmentach geometrii, 147  
 płaskownika, 140  
 sprawdzanie miejsc przyłożenia, 152  
 tworzenie powierzchni, 148  
 wspornika, 50  
 z wykorzystaniem elementów wirtualnych, 42  
 Objective Error, 65  
 OCTREE Tetrahedron Mesh, 20  
 Octree Tetrahedron Mesher, 96  
 ograniczenie  
 przemieszczania, 34  
 ruchu, 131  
 typu Slider, 99  
 okno  
 Beam Meshing, 72  
 definicji siatki, 20  
 generowania raportu, 25  
 informacji szczegółowych, 14  
 ostrzeżeń podczas analizy numerycznej, 22  
 parametrów siatki, 83  
 tworzenia punktu, 40  
 ustawień adaptacji siatki, 65  
 własności materiału, 9  
 wyboru rodzaju analizy, 9

wyboru zadania do rozwiązywania, 58  
 zmiany parametrów rozwiązania, 58  
 okręgi, tworzenie, 80  
 Optimization, 122  
 optymalizacja modelu, 113  
 rodzaj algorytmu, 124  
 wizualizacja wyników, 125  
 wybór metody, 123  
 wybór parametrów, 123  
 wybór parametrów wolnych, 124  
 ostrzeżenia, 106, 130  
 oś obrotu, 130

**P**

Pad, 94  
 parametry  
 definiowanie, 119  
 powiązywanie, 120  
 płaskownik, 135  
 2D Property, 139  
 parametry siatki, 137  
 płaszczyzna  
 cięcia, 23  
 lokalnej adaptacji, 65  
 rysunkowa, 80  
 symetrii, 20, 130  
 podnózek, 7  
 Point, 40  
 Point Definition, 40  
 pola  
 naprężeń, 13  
 przekroju poprzecznego, 70  
 przemieszczeń, 36  
 połączenie  
 kontaktowe, 51, 101  
 spawane, 135  
 sztywne, 143  
 śrubowe, 108  
 wirtualne, 44, 109  
 powierzchnie  
 kontaktowe, 143  
 przypisywanie do modelu, 151  
 Precision, 64  
 Pressure, 21, 140  
 prezentacja wyników, 111, 132  
 przecięcie w dowolnym miejscu, 23  
 prędkość kątowna, 130  
 pręt, 113  
 Principal Stress, 134



Properties, 9  
 przekrój poprzeczny elementu, właściwości, 73  
 przemieszczenia maksymalne, 115  
 przestrzeń między elementami, 51  
 przypisanie materiału, 8  
 przyspieszenie  
 kątowe, 130  
 ziemskie, 29  
 punkt  
 podparcie elementu  
 wirtualnego, 116  
 środek okręgu, 80  
 tworzenie, 40  
 metodą środka okręgu, sfery, elipsy, 41  
 na krzywej, 141  
 na wskazanej płaszczyźnie, 116  
 według współrzędnych, 70, 128  
 unieruchamianie, 116

## R

raporty, 24  
 redukcja błędu, 61, 65  
 Remove Mesh, 84  
 Restraints, 11  
 Results, 10  
 Rigid Spring Virtual Part, 43, 116  
 Rigid Virtual Part, 43, 99  
 rotacyjne stopnie swobody, 22  
 Rotation Force, 130  
 rozmiar elementu, 19  
 minimalny, 66  
 rozwiąż całe zadanie, 13  
 rozwiąż wybrane zadanie, 58  
 rura, 17

## S

sag, 19  
 dezaktywacja ustawień globalnych, 66  
 Seam Welding Connection Property, 143  
 Sensors, 31  
 sensory, 31  
 częstości drgań własnych, 56  
 Energy, 31

Maximum Displacement, 31, 115  
 Reaction Sensor, 33  
 rodzaje, 32  
 tworzenie, 31  
 zakończenia obliczeń, 66  
 siatka elementów skończonych, 10  
 definiowanie, 83  
 deformacje, 14  
 dla elementu blaszanego, 95  
 edycja, 20  
 generowanie, 86  
 globalna zmiana rozmiaru, 66  
 lokalne zagęszczenie, 138  
 lokalny rozmiar elementu, 149  
 ukrywanie, 11  
 usuwanie, 84  
 wyświetlanie, 19  
 zagęszczanie w obrębie otworów, 84  
 zmiana nazwy, 145  
 siatka hybrydowa, 91  
 siła  
 docisku, 108  
 krytyczna, 69, 77  
 symulująca obrót, 130  
 Simulated Annealing Algorithm, 124  
 Size, 19  
 Sketch, 80  
 Slider, 100  
 Slider Connection Property, 101  
 Smooth Spring Virtual Part, 43, 116  
 Smooth Virtual Part, 43, 44, 109  
 Split, 82  
 sprężyna, 116  
 sztywność, 119  
 Static Analysis, 9  
 stempel, 91  
 modelowanie, 93  
 właściwości 3D, 97  
 stopnie swobody, 11  
 rotacyjne, 22  
 struktura drzewka, 9  
 Buckling Case, 75  
 definicja ciśnienia, 21  
 definicja obciążenia, 30  
 geometria dysku, 129  
 po przypisaniu materiału do części, 19  
 po utworzeniu nowego parametru, 122

po utworzeniu par kontaktowych, 52  
 po utworzeniu sensora, 32  
 po wprowadzeniu User-defined Restraint, 23  
 po zdefiniowaniu własności kontaktu, 53  
 przy edycji siatki, 20  
 w analizie modalnej, 56  
 w analizie złożenia, 49  
 z ostrzeżeniami, 107  
 zmiana ustawień wyświetlania zawartości, 122  
 Surface Group by Neighborhood, 151  
 Surface Slider, 20, 130  
 Symmetry, 142  
 szkic, zamiana w powierzchnię, 93  
 szkicownik, 80

## Ś

śruby wirtualne, 105

## T

teownik, 27  
 Tightening Force, 108

## U

uchwyt, 105  
 układ współrzędnych, tworzenie, 128  
 User Material, 106  
 User-defined Distant Connection Property, 109  
 User-defined Restraint, 22, 35  
 usztywnienie, 118

## V

Virtual Bolt Tightening Connection Property, 108  
 Von Mises stress, 13

## W

wartość błędu, 64  
 maksymalna liczba iteracji, 66  
 maksymalna żądana, 65

warunki brzegowe, 11, 20  
  definiowanie własnych, 34  
wiązania, 108  
  kontaktowe, 91  
widok  
  pola naprężeń, 13  
  przekroju, 73  
wierzchołki  
  odebranie możliwości  
  przemieszczania, 131  
  wskazywanie, 74  
Wireframe and Surface Design,  
  70

wizualizacja generowanej  
  siatki, 11  
wspornik, 47, 79  
współczynnik  
  tarcia, 51  
  wyboczenia, 69, 75  
wyboczenie, 69  
wybór materiału, 8  
wyciągnięcie, 94  
wykresy  
  dodatkowe, 132  
  edycja legendy, 13

  pola naprężeń, 13  
  przemieszczeń, 14  
wymuszenie  
  przemieszczenia, 35  
  ruchu, 98  
wyświetlane wyniki, 145  
wyświetlanie danych, 111

## **Z**

zamocowania, 11  
  typu Clamp, 40

# PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ HELION



- 1. ZAREJESTRUJ SIĘ**
- 2. PREZENTUJ KSIĄZKI**
- 3. ZBIERAJ PROWIZJĘ**

Zmień swoją stronę WWW  
w działający bankomat!

**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA WYDAWNICZA

 **Helion SA**

## Odkryj możliwości analityczne pakietu CATIA V5!

- Poznaj moduł GSA i naucz się go wykorzystywać w codziennej pracy
- Przeprowadzaj analizy numeryczne metodą elementów skończonych
- Zostań specjalistą od symulacji komputerowych układów mechanicznych

**Pakiet CATIA V5 znany jest w świecie inżynierskim** głównie jako zaawansowane środowisko do wspomaganego komputerowo projektowania części i złożeń mechanicznych (CAD) oraz ich wytwarzania przy użyciu obrabiarek sterowanych numerycznie (CAM). CATIA V5 oferuje jednak znacznie więcej możliwości — jedną z nich jest przeprowadzanie obliczeń i analiz inżynierskich części oraz złożeń na podstawie metody elementów skończonych (MES). Niezależnie od skomplikowania modelu oraz zastosowanego materiału oprogramowanie doskonale radzi sobie z symulacjami elementów i układów mechanicznych różnego typu. Głównym ograniczeniem w pełnym wykorzystaniu pakietu bywa brak wiedzy i doświadczenia.

**Problem ten stara się rozwiązać książka** *CATIA. Wykorzystanie metody elementów skończonych w obliczeniach inżynierskich*. W przejrzysty sposób prezentuje ona podstawowe informacje na temat obsługi modułu Generative Structural Analysis (GSA) i wprowadza w arkana trudnej sztuki przygotowywania modelu do analiz numerycznych, poprawnego ich przeprowadzania i właściwej interpretacji otrzymanych wyników. Dzięki lekturze poznasz praktyczne przykłady symulacji różnego rodzaju części i złożeń oraz optymalizacji układów. Przedstawione w książce zagadnienia umożliwią Ci przygotowanie bardziej skomplikowanych i czasochłonnych obliczeń numerycznych z wykorzystaniem metody elementów skończonych.

- Przygotowywanie modeli do analiz
- Przeprowadzanie analiz części i złożeń
- Interpretacja wyników obliczeń
- Adaptacja siatki w celu poprawienia wyników
- Zastosowanie różnych rodzajów elementów
- Optymalizacja modeli numerycznych

**Zostań guru analiz numerycznych w swojej firmie!**

**helion.pl**  
księgarnia  
internetowa

Nr katalogowy: 20525



Księgarnia internetowa:  
<http://helion.pl>



Zamówienia telefoniczne:  
**0 801 339900**



**0 601 339900**



**Helion**

Sprawdź najnowsze promocje:  
• <http://helion.pl/promocje>  
Książki najchętniej czytane:  
• <http://helion.pl/bestsellery>  
Zamów informacje o nowościach:  
• <http://helion.pl/nowości>

Helion SA  
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice  
tel.: 32 230 98 63  
e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)  
<http://helion.pl>

sięgnij po **WIĘCEJ**



KOD KORZYŚCI

ISBN: 978-83-246-9353-5



9 788324 693535

Cena: 39,90 zł

Informatyka w najlepszym wydaniu