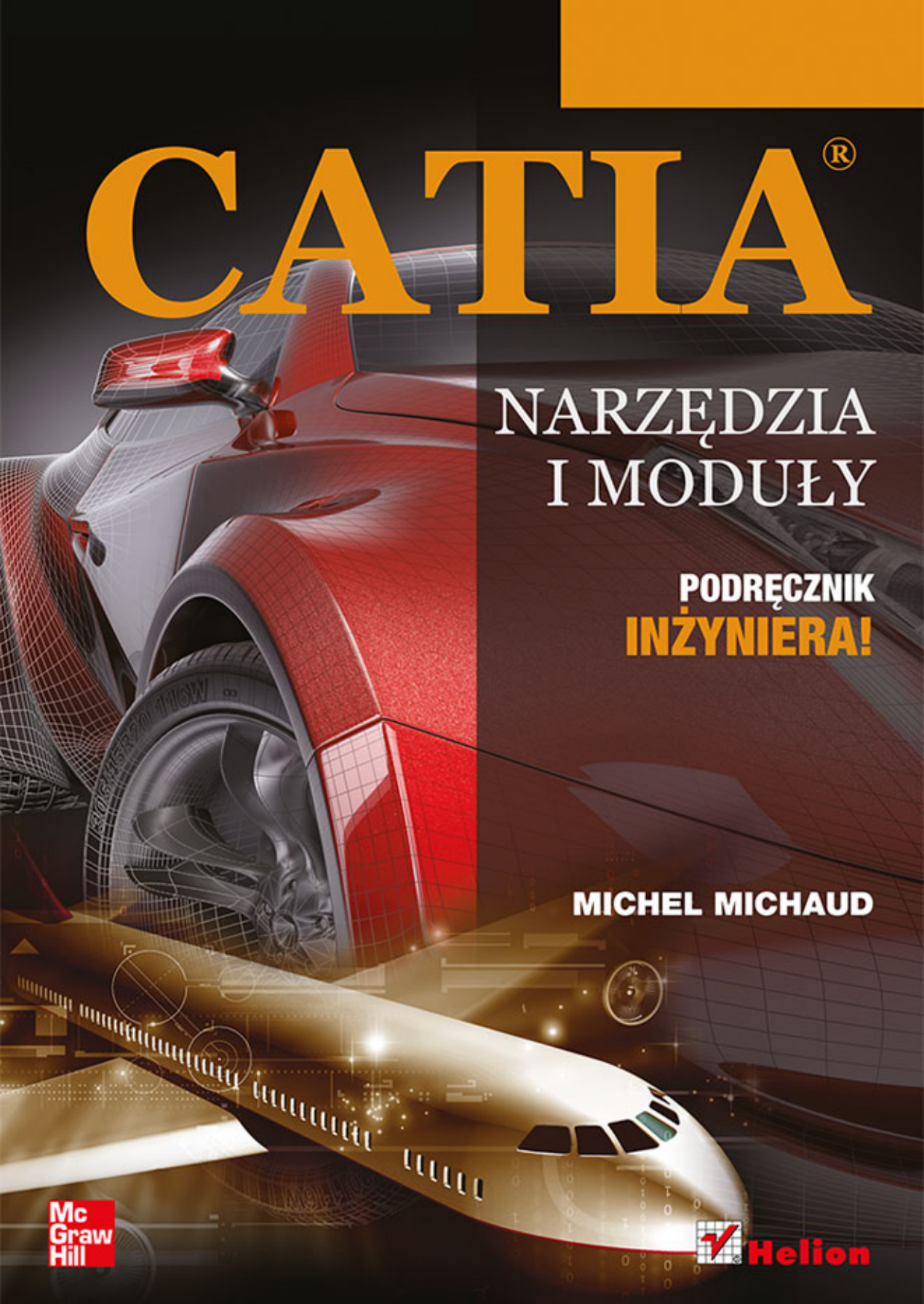


# CATIA<sup>®</sup>



NARZĘDZIA  
I MODUŁY

PODRĘCZNIK  
**INŻYNIERA!**

MICHEL MICHAUD

Mc  
Graw  
Hill



**Helion**

Tytuł oryginału: CATIA® Core Tools: Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application

Tłumaczenie: Piotr Cieślak (wstęp, rozdz. 2 – 15, dod. A), Maciej Pawełczyk (rozdz. 1)

ISBN: 978-83-246-8789-3

Original edition copyright © 2012 by The McGraw-Hill Companies, Inc.  
All rights reserved.

Polish edition copyright © 2014 by HELION S.A.  
All rights reserved.

CATIA, DELMIA, ENOVIA, SIMULA and SolidWorks are registered trademarks of Dassault Systèmes or its subsidiaries in the United States and/or other countries.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek 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.

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/catnam>  
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

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

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

---

# Spis treści

|                                                                                   |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| <b>O autorze .....</b>                                                            | <b>9</b>      |
| <b>Słowo wstępne .....</b>                                                        | <b>10</b>     |
| <b>Przedmowa .....</b>                                                            | <b>11</b>     |
| <b>Dassault Systèmes — historia sukcesu .....</b>                                 | <b>13</b>     |
| <br><b>Rozdział 1. Wstęp .....</b>                                                | <br><b>25</b> |
| 1.1. Uruchamianie programu .....                                                  | 25            |
| 1.2. Podstawowe formaty plików .....                                              | 27            |
| 1.3. Rozdzielczość .....                                                          | 28            |
| 1.4. Interfejs .....                                                              | 28            |
| 1.5. Podstawy zarządzania plikami .....                                           | 33            |
| 1.6. Uruchamianie plików pomocy .....                                             | 39            |
| 1.7. Pliki ustawień CATII® (.CATSettings) .....                                   | 44            |
| 1.8. Praca z programem .....                                                      | 45            |
| 1.9. Ergonomia .....                                                              | 46            |
| <br><b>Rozdział 2. Podstawowe ustawienia .....</b>                                | <br><b>47</b> |
| 2.1. Konfigurowanie podstawowych parametrów i opcji .....                         | 47            |
| 2.2. Jednostki .....                                                              | 49            |
| 2.3. Siatka szkicownika .....                                                     | 51            |
| 2.4. Domyślne ustawienia rysunków .....                                           | 52            |
| 2.5. Dostosowywanie menu Start .....                                              | 56            |
| 2.6. Zmiana języka .....                                                          | 58            |
| 2.7. Wielkość ikon .....                                                          | 59            |
| 2.8. Wyświetlanie paska narzędzi Graphic Properties (właściwości graficzne) ..... | 59            |
| 2.9. Przywracanie domyślnego położenia pasków narzędzi .....                      | 61            |
| 2.10. Blokowanie pasków narzędzi .....                                            | 62            |
| <br><b>Rozdział 3. Wizualizacja .....</b>                                         | <br><b>63</b> |
| 3.1. Obsługa myszy .....                                                          | 63            |
| 3.2. Obsługa tabliczki przekształceń .....                                        | 64            |
| 3.3. Pasek narzędzi View (widok) .....                                            | 66            |

|                                                                                                |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4. Menu View (widok) .....                                                                   | 80         |
| 3.5. Dostosowywanie pasków narzędzi .....                                                      | 93         |
| 3.6. Polecenia kontekstowe Center Graph (wyśrodkuj strukturę) i Reframe On (wykadruj na) ..... | 94         |
| <b>Rozdział 4. Wstępne omówienie możliwości programu .....</b>                                 | <b>95</b>  |
| 4.1. Tworzenie pliku części .....                                                              | 95         |
| 4.2. Przygotowanie do pierwszego szkicu .....                                                  | 101        |
| 4.3. Włączanie trybu szkicowania i opuszczanie go .....                                        | 105        |
| 4.4. Podstawowe narzędzia do szkicowania .....                                                 | 106        |
| 4.5. Analiza szkicu .....                                                                      | 137        |
| 4.6. Więzy .....                                                                               | 142        |
| 4.7. Podstawowe narzędzia do modelowania .....                                                 | 155        |
| 4.8. Tworzenie rysunków .....                                                                  | 168        |
| 4.9. Tworzenie widoków .....                                                                   | 170        |
| 4.10. Drukowanie .....                                                                         | 179        |
| <b>Rozdział 5. Szkicownik .....</b>                                                            | <b>183</b> |
| 5.1. Szkic zwykły a szkic pozycjonowany .....                                                  | 183        |
| 5.2. Profile .....                                                                             | 187        |
| 5.3. Metody zaznaczania .....                                                                  | 206        |
| 5.4. Więzy .....                                                                               | 208        |
| 5.5. Operacje .....                                                                            | 212        |
| 5.6. Wizualizacja .....                                                                        | 213        |
| 5.7. Narzędzia dodatkowe .....                                                                 | 216        |
| 5.8. Edytowanie elementów .....                                                                | 223        |
| <b>Rozdział 6. Moduł Part Design .....</b>                                                     | <b>227</b> |
| 6.1. Obiekty na podstawie szkicu .....                                                         | 227        |
| 6.2. Elementy wykończeniowe .....                                                              | 247        |
| 6.3. Obiekty na bazie powierzchni .....                                                        | 258        |
| 6.4. Przekształcenia .....                                                                     | 261        |
| 6.5. Wstawienia .....                                                                          | 271        |
| 6.6. Operacje logiczne .....                                                                   | 277        |
| 6.7. Więzy .....                                                                               | 281        |
| 6.8. Analiza .....                                                                             | 287        |
| 6.9. Narzędzia dodatkowe .....                                                                 | 289        |
| <b>Rozdział 7. Moduł Assembly Design .....</b>                                                 | <b>299</b> |
| 7.1. Tworzenie pliku .CATProduct .....                                                         | 299        |
| 7.2. Identyfikowanie składników .....                                                          | 301        |
| 7.3. Wstawianie składników .....                                                               | 302        |
| 7.4. Przemieszczanie komponentów .....                                                         | 305        |
| 7.5. Tworzenie kopii .....                                                                     | 309        |
| 7.6. Wiązanie części .....                                                                     | 311        |
| 7.7. Praca w ramach części lub produktu .....                                                  | 318        |

|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.8. Zastosowanie katalogu części .....                                   | 319        |
| 7.9. Zarządzanie drzewem strukturalnym produktu .....                     | 322        |
| 7.10. Numerowanie części .....                                            | 323        |
| 7.11. Tworzenie scen .....                                                | 324        |
| 7.12. Zapisywanie produktów .....                                         | 326        |
| <b>Rozdział 8. Kreślenie .....</b>                                        | <b>327</b> |
| 8.1. Tworzenie pliku z rysunkiem .....                                    | 327        |
| 8.2. Narzędzia do tworzenia rysunków .....                                | 329        |
| 8.3. Narzędzia do tworzenia widoków .....                                 | 333        |
| 8.4. Właściwości widoku .....                                             | 358        |
| 8.5. Aktualizowanie rysunku .....                                         | 360        |
| 8.6. Narzędzia pomocnicze .....                                           | 362        |
| 8.7. Wymiarowanie .....                                                   | 367        |
| 8.8. Edytowanie wymiarów .....                                            | 387        |
| 8.9. Generowanie elementów .....                                          | 391        |
| 8.10. Adnotacje .....                                                     | 393        |
| 8.11. Rysowanie elementów 2D .....                                        | 404        |
| 8.12. Tło arkusza .....                                                   | 410        |
| 8.13. Tworzenie komponentów 2D .....                                      | 411        |
| 8.14. Korzystanie z katalogu .....                                        | 413        |
| 8.15. Rysunki złożeniowe .....                                            | 413        |
| 8.16. Drukowanie .....                                                    | 416        |
| <b>Rozdział 9. Moduł Generative Shape Design .....</b>                    | <b>421</b> |
| 9.1. Elementy bazowe .....                                                | 421        |
| 9.2. Narzędzia do tworzenia krzywych .....                                | 444        |
| 9.3. Narzędzia do tworzenia powierzchni .....                             | 453        |
| 9.4. Narzędzia do wykonywania operacji na krzywych i powierzchniach ..... | 462        |
| 9.5. Funkcje zaawansowane .....                                           | 472        |
| <b>Rozdział 10. Moduł Digital Mock-Up Kinematics .....</b>                | <b>475</b> |
| 10.1. Rozważania ogólne .....                                             | 475        |
| 10.2. Kolejność konstruowania mechanizmów z użyciem kinematyki .....      | 477        |
| <b>Rozdział 11. Moduł Functional Tolerancing and Annotations .....</b>    | <b>505</b> |
| 11.1. Konfigurowanie ustawień .....                                       | 506        |
| 11.2. Tworzenie geometrii pomocniczej .....                               | 514        |
| 11.3. Tworzenie widoków niezbędnych do przedstawienia części .....        | 517        |
| 11.4. Opis semantyczny i syntaktyczny .....                               | 520        |
| 11.5. Tworzenie baz wymiarowych .....                                     | 522        |
| 11.6. Tworzenie wymiarów semantycznych .....                              | 525        |
| 11.7. Tworzenie migawek .....                                             | 540        |
| 11.8. Sprawdzanie i edycja modelu .....                                   | 544        |
| 11.9. Poprawne zapisanie modelu .....                                     | 544        |

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Rozdział 12. Moduł Aerospace Sheet Metal Design .....</b>                      | <b>545</b> |
| 12.1. Uruchamianie modułu .....                                                   | 545        |
| 12.2. Definiowanie parametrów materiału .....                                     | 546        |
| 12.3. Tworzenie podstawy .....                                                    | 548        |
| 12.4. Tworzenie kołnierza .....                                                   | 550        |
| 12.5. Tworzenie wycięcia .....                                                    | 552        |
| 12.6. Tworzenie uskoku .....                                                      | 553        |
| 12.7. Tworzenie otworów .....                                                     | 553        |
| 12.8. Tworzenie wytłoczeń .....                                                   | 555        |
| 12.9. Tworzenie szyków .....                                                      | 557        |
| 12.10. Rozwijanie i zwijanie modelu 3D .....                                      | 558        |
| 12.11. Tworzenie rysunku 2D rozwiniętego modelu .....                             | 559        |
| <b>Rozdział 13. Moduł Composites Design .....</b>                                 | <b>561</b> |
| 13.1. Uruchamianie środowiska .....                                               | 561        |
| 13.2. Definiowanie parametrów materiału .....                                     | 563        |
| 13.3. Przygotowanie części .....                                                  | 571        |
| 13.4. Definiowanie warstw .....                                                   | 573        |
| 13.5. Spłaszczanie warstw .....                                                   | 575        |
| 13.6. Powielanie istniejących warstw .....                                        | 578        |
| 13.7. Tworzenie modelu bryłowego na potrzeby cyfrowego prototypowania (DMU) ..... | 579        |
| 13.8. Eksportowanie spłaszczonych warstw .....                                    | 581        |
| <b>Rozdział 14. Inżynieria odwrotna .....</b>                                     | <b>583</b> |
| 14.1. Importowanie i eksportowanie chmury punktów .....                           | 584        |
| 14.2. Dostosowywanie zeskanowanego modelu .....                                   | 585        |
| 14.3. Generowanie geometrii na podstawie chmury punktów .....                     | 594        |
| <b>Rozdział 15. Przydatne narzędzia .....</b>                                     | <b>603</b> |
| 15.1. Konwersja plików .....                                                      | 603        |
| 15.2. Uszkodzenia plików .....                                                    | 613        |
| 15.3. Rozpoznawanie prostych cech modelu .....                                    | 613        |
| 15.4. Parametry .....                                                             | 615        |
| 15.5. Tabela projektu .....                                                       | 628        |
| 15.6. Katalogi i biblioteki .....                                                 | 633        |
| 15.7. Projektowanie systemów .....                                                | 642        |
| 15.8. Power Copy .....                                                            | 646        |
| 15.9. Niestandardowe paski narzędzi i polecenia .....                             | 653        |
| 15.10. Strony internetowe .....                                                   | 655        |
| 15.11. Certyfikacja .....                                                         | 659        |
| <b>Podsumowanie .....</b>                                                         | <b>669</b> |
| <b>Skorowidz poleceń (wg rozdziałów) .....</b>                                    | <b>671</b> |
| <b>Skorowidz poleceń (globalny) .....</b>                                         | <b>687</b> |
| <b>Skorowidz .....</b>                                                            | <b>705</b> |

# Moduł Digital Mock-Up Kinematics

# 10

Moduł *Digital Mock-Up Kinematics* (kinematyka wirtualna) — w skrócie *DMU Kinematics* — jest wyposażony w narzędzia umożliwiające przygotowanie dynamicznej wizualizacji mechanizmu w celu:

- zaprezentowania idei jego działania,
- przeprowadzenia analizy zależności przestrzennych między wybranymi częściami ruchomymi z myślą o zoptymalizowaniu konstrukcji.

Ten rozdział jest podzielony na dwie główne części, poruszające podstawowe zagadnienia związane z kinematyką:

- rozważania ogólne,
- kolejność konstruowania mechanizmów z użyciem kinematyki.

## 10.1. Rozważania ogólne

Więzy kinematyczne mogą być używane do łączenia części. Kinematykę implementuje się jednak na ogół po skonstruowaniu złożenia, gdyż przystąpienie do pracy z poprawnie rozmieszczonymi i związanymi częściami w niektórych przypadkach ułatwia stworzenie więzów kinematycznych.

Zasadniczo kolejność działań stosowana w ramach analizy kinematyki mechanizmu wygląda następująco:

- zaprojektowanie mechanizmu;
- unieruchomienie części bazowej;
- utworzenie więzów kinematycznych, definiujących zakres ruchu poszczególnych części i dostępne im stopnie swobody (DOF, od ang. *degrees of freedom*);
- przekształcenie co najmniej jednego więzu kinematycznego na komendę umożliwiającą sterowanie pracą tego więzu;
- uruchomienie animacji;
- analiza przemieszczeń geometrii i tworzenie modeli objętościowych.

Jak już wspomniałem, w celu uzyskania kompletnego mechanizmu trzeba zdefiniować wszystkie stopnie swobody dla więzów kinematycznych. Program CATIA® informuje o liczbie niezdefiniowanych stopni swobody, tak jak zostało to pokazane na rysunku 10.1.



**RYSunEK 10.1.** Informacja o stopniach swobody (DOF)

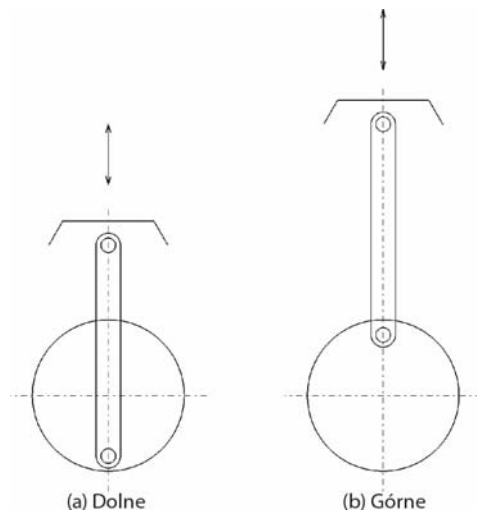
Warunkiem koniecznym do działania mechanizmu jest zerowa liczba niezdefiniowanych stopni swobody (w tym komend), choć samo to nie gwarantuje, że mechanizm będzie działał poprawnie: grupy unieruchomionych części, choć jej swoboda będzie zerowa, nie da się przecież animować!

Należy pamiętać, że w niektórych przypadkach w celu uzyskania wizualnie poprawnie działającego mechanizmu trzeba przyjąć zasady postępowania, które odbiegają od rzeczywistych reguł rządzących jego funkcjonowaniem. Dobrym przykładem jest silnik tłokowy.

Jak większość czytelników zapewne wie, przynajmniej z teorii, wybuch gazów i siły bezwładności powinny zapewnić płynną, ciągłą pracę wału korbowego. Jeśli jednak w modelu mechanizmu tłokowego zastosujemy tylko ruch liniowy, może on zostać zablokowany w dwóch skrajnych położeniach: górnym martwym położeniu tłoka (GMP) i dolnym martwym położeniu tłoka (DMP), jak na rysunku 10.2.

**RYСУNEK 10.2.**

Martwe położenia mechanizmu tłokowego



Modele tego rodzaju mechanizmów, ze zdefiniowaną komendą ruchu o charakterze liniowym, po prostu nie działają zgodnie z oczekiwaniami — na przykład generują ostrzeżenia przed nierozwiązanymi zależnościami lub są w stanie wykonać tylko jeden niepełny cykl, jeśli nie zostaną uruchomione w pozycji GMP albo DMP. Na ogół zatrzymują się jednak po osiągnięciu kolejnego skrajnego położenia lub przejawiają inne, czasami zabawne zachowania.

Jeden ze sposobów na obejście opisanego problemu polega na wprowadzeniu komendy wymuszającej ruch obrotowy wału korbowego. Wprawdzie takie rozwiązanie nie odzwierciedla rzeczywistej zasady działania urządzenia, ale umożliwi pełny obrót wału oraz poprawną wizualizację pracy prototypowego urządzenia na potrzeby dalszych analiz.

Kolejna sprawa, o której warto pamiętać, to że program CATIA® V5 nie jest wyposażony w narzędzia umożliwiające symulowanie zachowania obiektów elastycznych. Innymi słowy, nie da się pokazać na symulacji zachowania sprężyn lub pasków. W przypadku typowych pasków klinowych można obejść ten problem poprzez wprowadzenie niewielkiego elementu imitującego miejsce złączenia końców paska i poruszającego się po jego obwodzie (patrz rysunek 10.3). W ten sposób można uzyskać złudzenie ruchu paska.

**RYСУNEK 10.3.**

Obejście problemu z nieruchomym paskiem klinowym



Zanim przystąpię do omawiania zagadnień związanych z projektowaniem działających mechanizmów, chciałbym podkreślić, że żądany efekt zazwyczaj da się uzyskać na kilka sposobów, przy czym niektóre z nich są lepsze, inne — gorsze. Na przykład przemieszczenie o charakterze liniowym czasami lepiej zasymulować przy użyciu więzu typu *Prismatic* (pryzmatyczne), a kiedy indziej więzu *Cylindrical* (walcowe), w zależności od kształtu ruchomej części.

Warto ponadto wiedzieć, że w niektórych przypadkach o powodzeniu operacji decyduje kolejność definiowania więzów i komend: zdarza się, że nawet logicznie opracowana sekwencja ich tworzenia nie działa, zaś kolejna próba, z inną sekwencją działań, okazuje się skuteczna.

## 10.2. Kolejność konstruowania mechanizmów z użyciem kinematyki

Przy projektowaniu działającego, ruchomego mechanizmu należy przestrzegać poniższej kolejności działań.

1. Skonstruować produkt (złożenie) i rozmieścić wszystkie jego części.
2. Zapisać produkt.
3. Zapisać nową wersję produktu (z przyrostkiem *-Kin*).
4. Usunąć więzy złożeniowe.
5. Ukryć mało istotne części.
6. Utworzyć mechanizm.
7. Zdefiniować więzy kinematyczne.
8. Opracować prostą animację.
9. Wyświetlić ukryte części, które mają być ruchome, i powiązać je z głównymi podzespołami.
10. Wyświetlić ukryte części statyczne.
11. Zapisać produkt z uwzględnieniem kinematyki.
12. Przeprowadzić potrzebne analizy.

Punkty te zostały szczegółowo omówione poniżej.

### SKONSTRUOWAĆ PRODUKT I ROZMIEŚCIĆ WSZYSTKIE JEGO CZĘŚCI

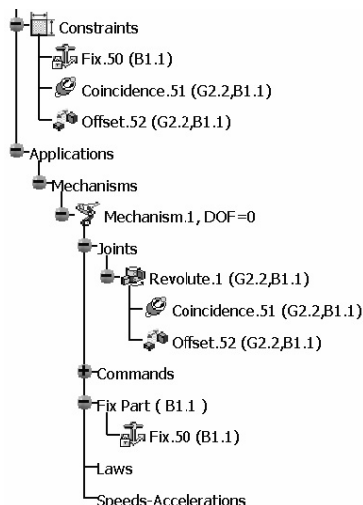
Elementy kinematyki można wprowadzić na samym końcu procesu projektowego, na przykład z myślą o opracowaniu samej animacji ruchu mechanizmu, bądź też wdrażać je na bieżąco podczas projektowania celem zweryfikowania poprawności konstrukcji. Właściwe rozmieszczenie wszystkich niezbędnych części w zespole pozwala zaoszczędzić trochę czasu i uniknąć niepożądanych przemieszczeń elementów podczas definiowania więzów.

### ZAPISAĆ PRODUKT

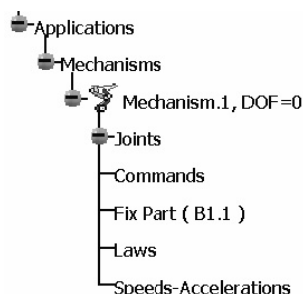
Zapisanie „czystej”, niezmodyfikowanej wersji produktu może się przydać, w razie gdyby konfigurowanie mechanizmu nie poszło zgodnie z planem.

### ZAPISAĆ NOWĄ WERSJĘ PRODUKTU (Z PRZYROSTKIEM *-KIN*)

Parametry kinematyki są zapisywane bezpośrednio w pliku *.CATProduct*; nie jest tworzony w tym celu specjalny, osobny plik z innym rozszerzeniem. Z tego względu warto nabrać nawyku dodawania przyrostka *-Kin* do nazwy pliku. Dzięki temu będzie Ci łatwiej odszukać potrzebny wariant pliku. Ponadto jeśli podczas definiowania ustawień kinematyki napotkasz poważne problemy, będziesz mógł sięgnąć do wyjściowej, zarchiwizowanej kopii i rozpocząć pracę od nowa. Pamiętaj, aby prace związane z kinematyką wykonywać tylko w pliku z przyrostkiem *-Kin*, aby wariant źródłowy zawsze był bezpieczny.



RYSUNEK 10.4. Powtarzające się więzy



RYSUNEK 10.5. Struktura gałęzi Mechanisms (mechanizmy)



RYSUNEK 10.6. Pasek narzędzi DMU Kinematics (kinematyka)

## USUNĄĆ WIĘZY ZŁOŻENIOWE

Więzy kinematyczne mogą powielać oryginalne więzy zdefiniowane w produkcie, jak na rysunku 10.4.

Jeśli w miejscach, w których zamierzasz utworzyć więzy kinematyczne, istnieją już więzy złożeniowe, pewne relacje między częściami mogą się powtarzać, co prowadzi do nadmiernego związania produktu. Usunięcie wszystkich pierwotnych więzów na początku pracy z kinematyką pozwala uniknąć tego problemu.

## UKRYĆ MAŁO ISTOTNE CZĘŚCI

W wielu przypadkach nie wszystkie części mechanizmu są niezbędne do wizualizacji jego działania. Większość części statycznych — mocowań, uszczeltek, złączek etc. — można ukryć, aby poprawić przejrzystość środowiska pracy, cenną przy dokonywaniu zaznaczeń. Często zdarza się też, że pomniejsze części służące do przenoszenia ruchu — takie jak sworzeń tłokowy w silniku — również mogą zostać ukryte, gdyż działający więz kinematyczny między dwiema częściami da się utworzyć na podstawie samych relacji geometrycznych między nimi, bez fizycznego połączenia. Tego rodzaju elementy można ponownie wyświetlić na dalszym etapie pracy nad mechanizmem.

## UTWORZYĆ MECHANIZM

Mechanizm stanowi oddzielną podstrukturę w gałęzi *Applications* (aplikacje), na końcu drzewa strukturalnego projektu (patrz rysunek 10.5).

Wszystkie polecenia służące do konstruowania mechanizmów znajdują się na pasku narzędzi *DMU Kinematics* (kinematyka), pokazanym na rysunku 10.6; przy czym niektóre z nich można wybrać także z rozwijanych menu.

Mechanizm można wstawić do produktu przy użyciu polecenia *Insert/New Mechanism* (wstaw/nowy mechanizm) z głównego menu (patrz rysunek 10.7). W przypadku tej metody nie trzeba podawać żadnych dodatkowych informacji, a w strukturze projektu pojawia się mechanizm o nazwie *Mechanism.1*.

Pośrednim sposobem na utworzenie mechanizmu jest wywołanie jego powstania przez unieruchomienie jednego z elementów

złożenia, co na ogół robi się na początku pracy nad kinematyką modelu. Cała kinematyka jest bowiem rozpatrywana w kontekście ruchu poszczególnych części względem nieruchomego odniesienia. Niezależnie od metody postępowania w mechanizmie należy zdefiniować taki nieruchomy element, który pozwoli następnie określić logiczne relacje między pozostałymi częściami i umożliwi skonstruowanie funkcjonującego modelu.



### Fixed Part (część nieruchoma)

**Wskazówka.** Unieruchamia wybraną część mechanizmu.

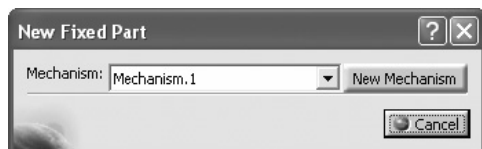
**Informacja na pasku stanu.** Jeśli nie istnieje dowolny mechanizm — *To create the fixed part, create a mechanism first* (aby unieruchomić część, najpierw utwórz mechanizm). Jeśli mechanizm istnieje — *Select the fixed part* (wybierz część do unieruchomienia).

**RYSUNEK 10.7.**  
Wstawianie nowego  
mechanizmu

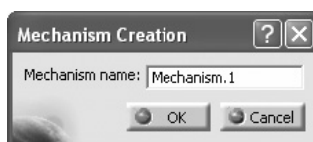


Włączenie narzędzia *Fixed Part* (część nieruchoma) powoduje wyświetlenie okna dialogowego, za pośrednictwem którego należy wybrać część do unieruchomienia (patrz rysunek 10.8).

W oknie tym znajduje się przycisk *New Mechanism* (nowy mechanizm), umożliwiający utworzenie mechanizmu pośrednio, poprzez wskazanie nieruchomej części. Ten przycisk znajduje się także w innych oknach dialogowych, służących do tworzenia więzów kinematycznych. Rozpoczęcie tworzenia mechanizmu „na skróty”, od zdefiniowania nieruchomej części, pozwala zaoszczędzić kilka kliknięć i daje taki sam efekt jak przy zwykłym postępowaniu. Co więcej, przy takim podejściu na ekranie pojawia się okno dialogowe *Mechanism Creation* (tworzenie mechanizmu), umożliwiające nadanie mechanizmowi dowolnej nazwy (patrz rysunek 10.9).



**RYSUNEK 10.8.** Okno dialogowe New Fixed Part  
(nowa nieruchoma część)



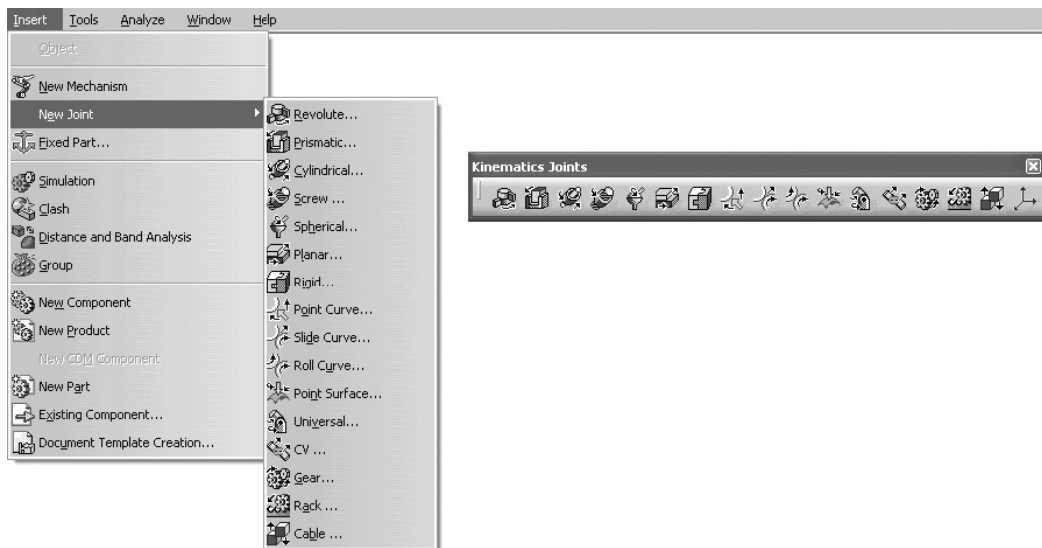
**RYSUNEK 10.9.** Okno dialogowe Mechanism Creation  
(tworzenie mechanizmu)

Przy okazji wspomnę, że w prawym górnym rogu większości okien dialogowych w omawianym środowisku pracy jest wyświetlany przycisk ze znakiem zapytania. Kliknięcie tego przycisku powoduje wyświetlenie obok kursora myszy pogrubionego znaku zapytania i umożliwia uzyskanie informacji na temat dowolnego parametru lub ustawienia w danym oknie; jest to odpowiednik polecenia *What's This* (co to jest?), wspomnianego w jednym z pierwszych rozdziałów.

## ZDEFINIOWAĆ WIĘZY KINEMATYCZNE

Na pasku narzędzi *Kinematics Joint* (więzy kinematyczne) znajdują się narzędzia umożliwiające tworzenie różnych więzów; odpowiedniki tych narzędzi znajdziesz w menu *Insert/New Joint* (wstaw/nowy więz) — patrz rysunek 10.10.

W zależności od geometrii wiązanych części uzyskanieżądanego rodzaju ruchu może wymagać zastosowania kombinacji kilku więzów.



**RYSunek 10.10.** Pasek narzędzi Kinematics Joints (więzy kinematyczne) oraz menu Insert (wstaw)

Na kolejnych stronach znajdziesz omówienie najbardziej przydatnych więzów kinematycznych, stosowanych w wielu różnych mechanizmach. Opis pozostałych więzów zostanie zamieszczony w osobnej książce, poświęconej wyłącznie zagadnieniom związanym z kinematyką. Przypominam, że we wszystkich oknach dialogowych z ustawieniami więzów znajduje się przycisk *New Mechanism* (nowy mechanizm), umożliwiający utworzenie nowego mechanizmu w strukturze projektu. Jest on wykorzystywany głównie w projektach wymagających do działania kilku mechanizmów. W razie braku mechanizmu przy tworzeniu nowego więzu na pasku stanu pojawia się komunikat: *To create the joint, create a mechanism first* (aby utworzyć więz, najpierw utwórz mechanizm). Innymi słowy, istnienie mechanizmu jest niezbędne do zdefiniowania dowolnej relacji kinematycznej między częściami.



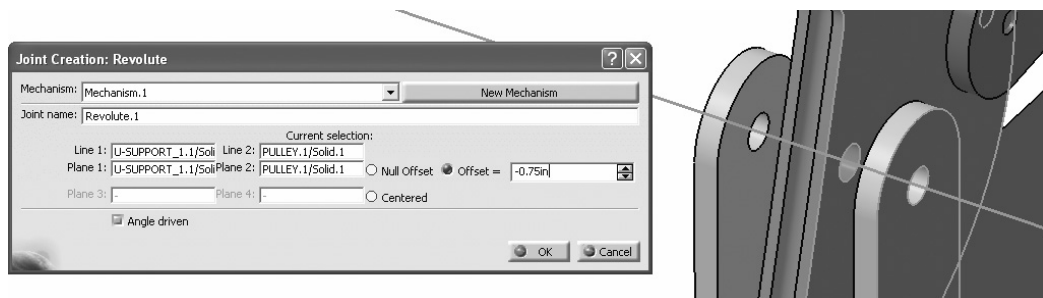
## Revolute Joint (więz obrotowy)

**Wskazówka.** Tworzy więz obrotowy w mechanizmie.

**Informacja na pasku stanu.** Po włączeniu narzędzia — *Select a first line* (wybierz pierwszą linię). Po wybraniu pierwszej linii lub osi walca — *Select a second line* (wybierz drugą linię). Po wybraniu drugiej linii lub osi walca — *Select first plane* (wybierz pierwszą płaszczyznę). Po wybraniu pierwszej płaszczyzny lub płaskiej powierzchni — *Select second plane* (wybierz drugą płaszczyznę). Po wybraniu drugiej płaszczyzny lub płaskiej powierzchni — *Click OK to create the joint* (kliknij OK, aby utworzyć więzanie).

Narzędzie *Revolute Joint* (więz obrotowy) służy do tworzenia więzów umożliwiających obrót części, bez możliwości wykonywania ruchu posuwistego wzdłuż osi obrotu: ten stopień swobody jest w tym przypadku zablokowany.

Okno dialogowe tego narzędzia, zilustrowane na rysunku 10.11, umożliwia najpierw wybranie wspólnej osi dwóch części, a potem wybranie dwóch planarnych elementów bazowych — płaszczyzn lub powierzchni — które mogą się na siebie nakładać lub być odsunięte na dowolną odległość. W tym drugim przypadku należy jednak zaznaczyć opcję *Offset* (odsunięcie), aby w ramach więzu zdefiniować odległość między dwiema wybranymi częściami. W przeciwnym razie aktywna pozostanie opcja *Null Offset* (zerowe odsunięcie), a po zatwierdzeniu więzu jedna z części zostanie przesunięta względem drugiej. W razie wystąpienia tego rodzaju problemu można anulować tworzenie więzu poleceniem *Undo* (cofnij).

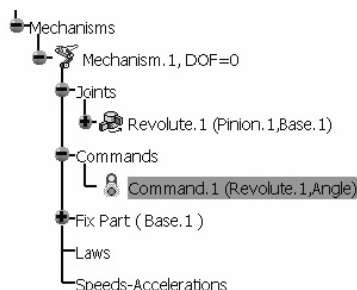


**RYСУNEK 10.11.** Okno dialogowe Joint Creation: Revolute (tworzenie więzu obrotowego)

Zaznaczenie opcji *Centered* (wyśrodkowany) umożliwia wybranie dwóch pomocniczych płaszczyzn albo powierzchni płaskich na częściach przeznaczonych do związania. W rezultacie związane części zostaną wyrównane do roboczych płaszczyzn o uśrednionym położeniu, obliczonym na podstawie elementów wybranych dla każdej z nich.

Narzędzie *Revolute Joint* (więz obrotowy) może służyć do zdefiniowania komendy ruchu obrotowego: należy w tym celu zaznaczyć opcję *Angle driven* (sterowanie kątem). Przekształcenie więzu kinematycznego na komendę powoduje utworzenie w gałęzi *Commands* (komendy) drzewa strukturalnego nowego elementu, odwołującego się do źródłowego więzu (patrz rysunek 10.12). Komendy mogą następnie służyć do animowania mechanizmu.

**RYСУNEK 10.12.** Komenda w strukturze projektu



## Prismatic Joint (więz pryzmatyczny)

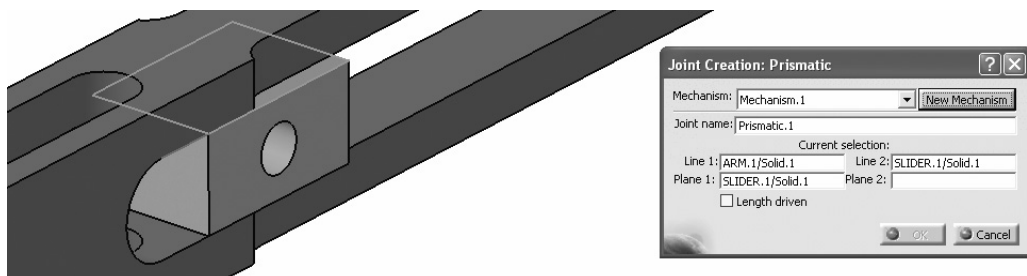
**Wskazówka.** Tworzy więz pryzmatyczny w mechanizmie.

**Informacja na pasku stanu.** Po włączeniu narzędzia — *Select the first line* (wybierz pierwszą linię). Po wybraniu pierwszej linii — *Select the second line* (wybierz drugą linię). Po wybraniu drugiej linii — *Select the first plane* (wybierz pierwszą płaszczyznę). Po wybraniu pierwszej płaszczyzny lub płaskiej powierzchni — *Select the second plane* (wybierz drugą płaszczyznę). Po wybraniu drugiej płaszczyzny lub płaskiej powierzchni — *Click OK to create the joint* (kliknij OK, aby utworzyć więz).

Narzędzie *Prismatic Joint* (więz pryzmatyczny) służy do tworzenia więzów umożliwiających przemieszczanie części wzdłuż liniowej osi, bez możliwości jednoczesnego obrotu względem tej osi.

W oknie dialogowym z ustawieniami tego więzu należy najpierw wskazać linię decydującą o kierunku przemieszczania, wspólną dla obydwu części, a następnie płaską powierzchnię pokrywającą się z tą linią, także wspólną dla obydwu części (patrz rysunek 10.13).

Narzędzie *Prismatic Joint* (więz pryzmatyczny) można użyć do stworzenia komendy ruchu posuwisto-zwrotnego poprzez zaznaczenie opcji *Length driven* (sterowanie przesunięciem).



RYСУNEK 10.13. Okno dialogowe Joint Creation: Prismatic (tworzenie więzu pryzmatycznego)



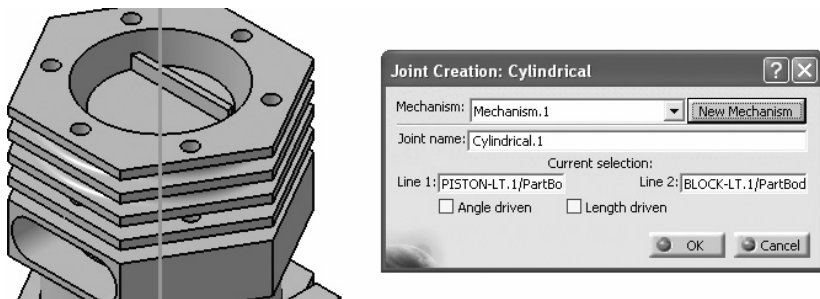
## Cylindrical Joint (więz cylindryczny)

**Wskazówka.** Tworzy więz cylindryczny w mechanizmie.

**Informacja na pasku stanu.** Po włączeniu narzędzia — *Select the first line* (wybierz pierwszą linię). Po wybraniu pierwszej linii — *Select the second line* (wybierz drugą linię). Po wybraniu drugiej linii — *Click OK to create the joint* (kliknij OK, aby utworzyć więz).

Narzędzie *Cylindrical Joint* (więz cylindryczny) służy do tworzenia więzów umożliwiających ruch prostoliniowy lub obrotowy względem osi. W przypadku części, które powinny mieć swobodę wykonywania obydwu rodzajów ruchu, można skonfigurować dwa tego rodzaju więzy, na ogół lepszym wyjściem jest jednak wówczas zdefiniowanie więzu śrubowego.

Okno dialogowe, pokazane na rysunku 10.14, umożliwia wybranie wspólnej dla obu części osi ruchu.



RYСУNEK 10.14. Okno dialogowe Joint Creation: Cylindrical (tworzenie więzu cylindrycznego)

Narzędzia *Cylindrical Joint* (więz cylindryczny) można użyć do zdefiniowania komendy ruchu obrotowego lub liniowego, ale nie obydwu jednocześnie.



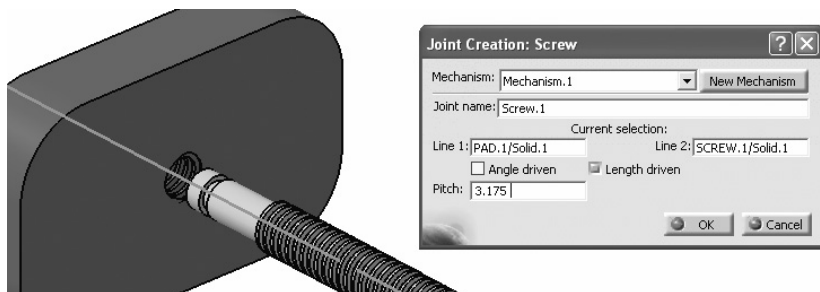
## Screw Joint (więz śrubowy)

**Wskazówka.** Tworzy więz śrubowy w mechanizmie.

**Informacja na pasku stanu.** Po włączeniu narzędzia — *Select the first line* (wybierz pierwszą linię). Po wybraniu pierwszej linii — *Select the second line* (wybierz drugą linię). Po wybraniu drugiej linii — *Click OK to create the joint* (kliknij OK, aby utworzyć więz).

Narzędzie *Screw Joint* (więz śrubowy) służy do tworzenia więzów umożliwiających symulowanie zależnych od siebie ruchów: liniowego oraz obrotowego.

Okno dialogowe, pokazane na rysunku 10.15, umożliwia wybranie wspólnej dla obydwu części osi obrotu.



**RYСУNEK 10.15.** Okno dialogowe Joint Creation: Screw (tworzenie więzu śrubowego)

Ponadto w oknie tym należy podać wartość parametru *Pitch* (skok), decydującego o zależności między ruchem obrotowym a prostoliniowym. Zasadniczo nazwa tego parametru odnosi się do skoku między dwoma kolejnymi zwojami gwintu i niezależnie od jednostek projektu określa się ją w milimetrach. Jeśli na przykład połączenie ma symulować śrubę ze zunifikowanym gwintem calowym UNC 1,0 – 8, to przy ośmiu zwojach na cal skok wynosiłby  $1,0/8 = 0,125$  cala, czyli 3,175 mm.

Dodatnia wartość parametru *Pitch* (skok) oznacza gwint prawoskrętny, zaś ujemna — gwint lewoskrętny.

Narzędzie *Screw Joint* (więz śrubowy) może posłużyć do zdefiniowania komend ruchu obrotowego lub prostoliniowego w zależności od preferowanego sposobu sterowania mechanizmem. W przypadku przykładowego gwintu odpowiednikiem przemieszczenia na odległość 1 cala byłby obrót o kąt  $8 \times 360^\circ = 2880^\circ$ .



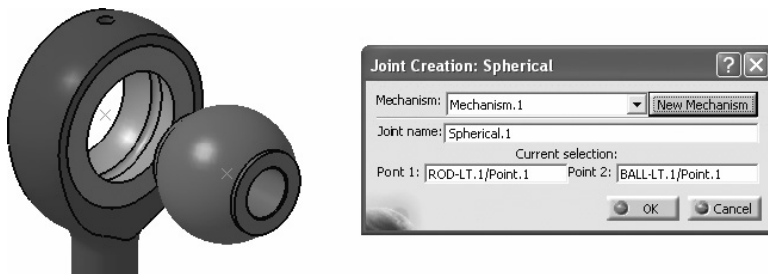
## Spherical Joint (więz kulowy)

**Wskazówka.** Tworzy więz kulowy w mechanizmie.

**Informacja na pasku stanu.** Po włączeniu narzędzia — *Select the first point* (wybierz pierwszy punkt). Po wybraniu pierwszego punktu — *Select the second point* (wybierz drugi punkt). Po wybraniu drugiego punktu — *Click OK to create the joint* (kliknij OK, aby utworzyć więz).

Narzędzie *Spherical Joint* (więz kulowy) służy do tworzenia więzów umożliwiających ruch względem wszystkich trzech osi.

Okno dialogowe, pokazane na rysunku 10.16, umożliwia wybranie wspólnego dla obydwu części punktu obrotu.



**RYСУNEK 10.16.** Okno dialogowe Joint Creation: Spherical (tworzenie więzu kulowego)

Narzędzia *Spherical Joint* (więz kulowy) nie da się użyć do zdefiniowania komendy.



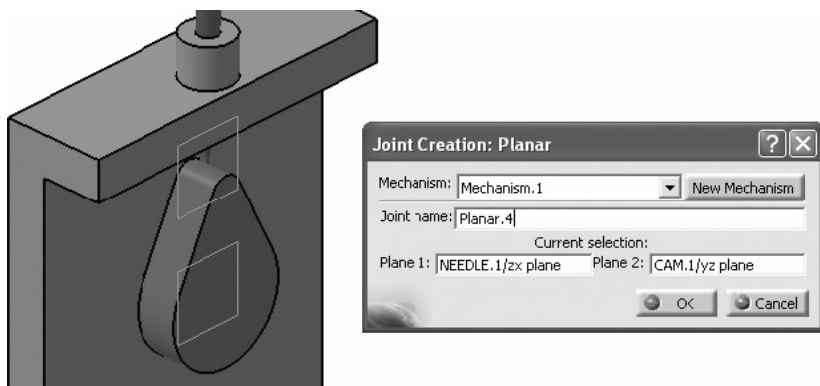
## Planar Joint (więz planarny)

**Wskazówka.** Tworzy więz płaski w mechanizmie.

**Informacja na pasku stanu.** Po włączeniu narzędzia — *Select the first plane* (wybierz pierwszą płaszczyznę). Po wybraniu pierwszej płaszczyzny lub płaskiej powierzchni — *Select the second plane* (wybierz drugą płaszczyznę). Po wybraniu drugiej płaszczyzny lub płaskiej powierzchni — *Click OK to create the joint* (kliknij OK, aby utworzyć więz).

Narzędzie *Planar Joint* (więz planarny) służy do tworzenia relacji polegającej na zachowaniu styczności między dwiema płaszczyznami.

W oknie dialogowym, pokazanym na rysunku 10.17, należy wybrać płaszczyznę lub płaską powierzchnię w każdej z części. W przypadku wybrania powierzchni części muszą one się cały czas stykać po uruchomieniu mechanizmu; płaszczyzny, jako elementy nieskończone, nie podlegają temu ograniczeniu. Warto wspomnieć o możliwości wykorzystania płaszczyzn referencyjnych — *XY*, *YZ* i *ZX* — istniejących w każdym pliku *.CATPart*.



RYСУNEK 10.17. Okno dialogowe Joint Creation: Planar (tworzenie więzu planarnego)

Narzędzie *Planar Joint* (więz planarny) nie da się użyć do zdefiniowania komendy.



## Rigid Joint (więz sztywny)

**Wskazówka.** Tworzy więz sztywny w mechanizmie.

**Informacja na pasku stanu.** Po włączeniu narzędzia — *Select the first part* (wybierz pierwszą część). Po wybraniu pierwszej części — *Select the second part* (wybierz drugą część). Po wybraniu drugiej części — *Click OK to create the joint* (kliknij OK, aby utworzyć więz).

Narzędzie *Rigid Joint* (więz sztywny) służy do blokowania wszystkich wzajemnych stopni swobody dla dwóch części.

W oknie dialogowym, pokazanym na rysunku 10.18, należy wybrać dwie części do związania.

Gdy więzami sztywnymi trzeba połączyć kilka części, na ogół zaleca się zdefiniowanie niezależnych więzów między częścią prowadzącą a poszczególnymi częściami prowadzonymi. W przypadku większej liczby części, które należy powiązać z częścią prowadzącą, zamiast definiować wiele osobnych więzów, zwykle lepiej skorzystać z narzędzia *Mechanism Dressup* (konfiguracja mechanizmu).

Narzędzie *Rigid Joint* (więz sztywny) nie da się użyć do zdefiniowania komendy.



RYSUNEK 10.18. Okno dialogowe Joint Creation: Rigid (tworzenie więzu sztywnego)



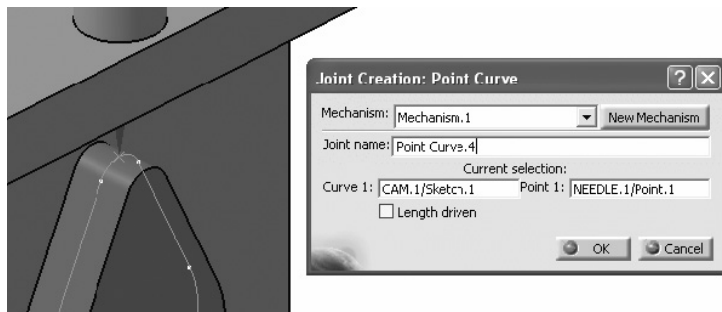
### Point Curve Joint (więz punktowy na krzywej)

**Wskazówka.** Tworzy w mechanizmie więz punktowy na krzywej.

**Informacja na pasku stanu.** Po włączeniu narzędzia — *Select the first curve* (wybierz pierwszą krzywą). Po wybraniu krzywej — *Select the first point* (wybierz pierwszy punkt). Po wybraniu punktu — *Click OK to create the joint* (kliknij OK, aby utworzyć więz).

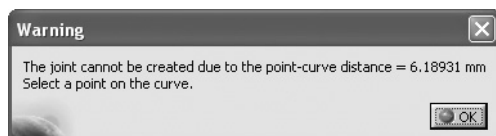
Narzędzie *Point Curve Joint* (więz punktowy na krzywej) służy do wymuszania ruchu części wzdłuż ścieżki w postaci krzywej, z jednym punktem styku z tą krzywą. Zastosowanie tego więzu wymaga utworzenia jeszcze jednego więzu w celu zablokowania wszystkich stopni swobody względem dwóch zaznaczonych części.

W oknie dialogowym tego narzędzia dla jednej części należy wybrać krzywą będącą torem ruchu, zaś dla drugiej — punkt styku (patrz rysunek 10.19).



RYSUNEK 10.19. Okno dialogowe Joint Creation: Point Curve (tworzenie więzu punktowego na krzywej)

Należy pamiętać, że w chwili tworzenia więzu punkt styku musi się znajdować na krzywej — w przeciwnym razie program wyświetla komunikat pokazany na rysunku 10.20.



RYSUNEK 10.20. Komunikat błędu przy tworzeniu więzu punktowego na krzywej

Narzędzie *Point Curve Joint* (więz punktowy na krzywej) może być użyte do zdefiniowania komendy przemieszczenia wzdłuż toru w postaci krzywej.



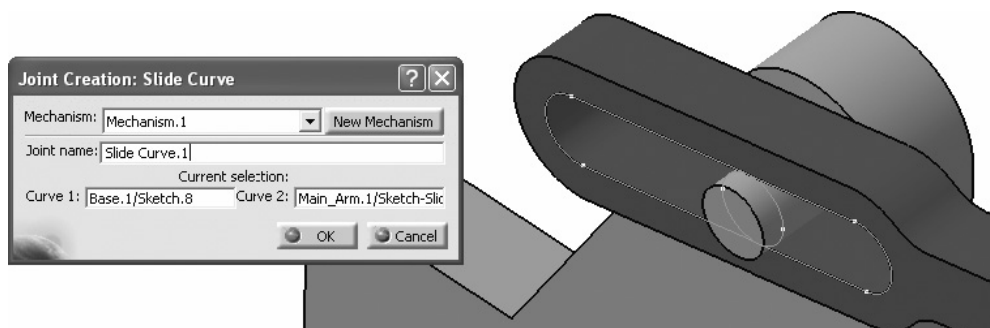
## Slide Curve Joint (więz przesuwny na krzywej)

**Wskazówka.** Tworzy w mechanizmie więz przesuwny na krzywej.

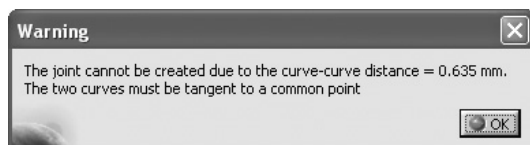
**Informacja na pasku stanu.** Po włączeniu narzędzia — *Select the first curve* (wybierz pierwszą krzywą). Po wybraniu pierwszej krzywej — *Select the second curve* (wybierz drugą krzywą). Po wybraniu drugiej krzywej — *Click OK to create the joint* (kliknij OK, aby utworzyć więz).

Narzędzie *Slide Curve Joint* (więz przesuwny na krzywej) służy do tworzenia więzów między częściami ruchomymi będącymi w ciągłym kontakcie, jednak nie stykającymi się ze sobą tylko w jednym punkcie.

W oknie dialogowym tego narzędzia należy wybrać dwie stykające się krzywe, po jednej dla każdej z części (patrz rysunek 10.21). Krzywe muszą być komplanarne; w przeciwnym razie na ekranie pojawia się komunikat błędu, pokazany na rysunku 10.22.



RYСУNEK 10.21. Okno dialogowe Joint Creation: Slide Curve (tworzenie więzu przesuwnego na krzywej)



RYСУNEK 10.22. Komunikat błędny przy tworzeniu więzu przesuwnego na krzywej

Narzędzie *Slide Curve Joint* (więz przesuwny na krzywej) nie może posłużyć do zdefiniowania komendy ruchu wzdłuż krzywej będącej jego torem.



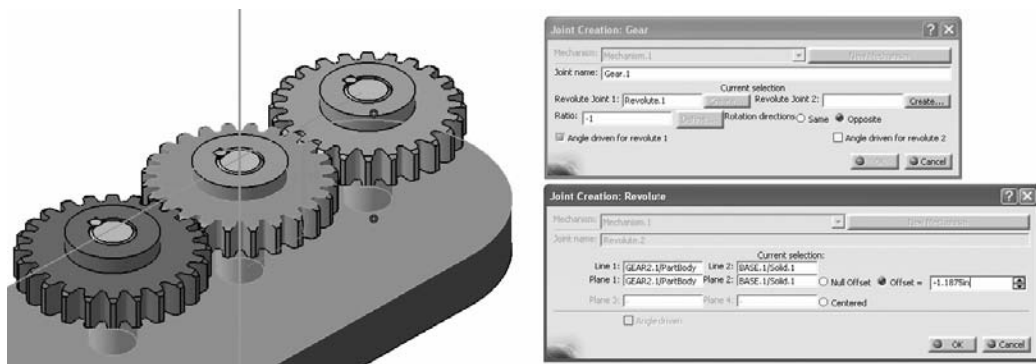
## Gear Joint (przekładnia)

**Wskazówka.** Tworzy w mechanizmie więz symulujący przekładnię.

**Informacja na pasku stanu.** Po włączeniu narzędzia — *Select or create the first joint* (wybierz albo utwórz pierwszy więz). Po wybraniu lub utworzeniu pierwszego więzu — *Select or create the second joint* (wybierz albo utwórz drugi więz). Po wybraniu lub utworzeniu drugiego więzu — *Click OK to create the joint* (kliknij OK, aby utworzyć więz).

Narzędzie *Gear Joint* (przekładnia) umożliwia zdefiniowanie współbieżnego lub przeciwbieżnego ruchu dla dwóch obracających się części, z potencjalnym użyciem pośredniczącej, trzeciej części. Taki rodzaj połączenia może posłużyć na przykład do symulowania zależności między bloczkami.

W oknie dialogowym, pokazanym na rysunku 10.23, należy wybrać lub utworzyć więzy typu *Revolute* (obrotowe) między każdą z części obrotowych a częścią pośrednią. Jeśli odpowiednie więzy zostały utworzone wcześniej, można je wybrać — w przeciwnym razie da się je utworzyć „w locie”.



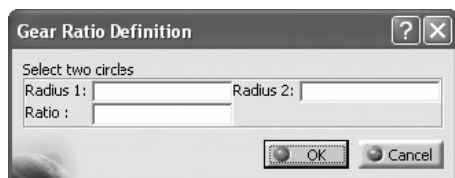
RYSUNEK 10.23. Okno dialogowe Joint Creation: Gear (tworzenie przekładni)

Jeśli okno dialogowe *Joint Creation: Revolute* (tworzenie więzu obrotowego) zostanie otwarte w trakcie tworzenia przekładni zębatej, nie pozwala bezpośrednio na zdefiniowanie komendy — pole tej opcji jest nieaktywne. Komenda obrotu musi być skonfigurowana w głównym oknie dialogowym z ustawieniami przekładni, w którym znajdują się opcje *Angle Driven* (sterowanie kątem) dla poszczególnych więzów.

Domyslnie w sekcji *Rotation direction* (kierunek obrotu) jest włączona opcja *Same* (taki sam), co pozwala na skonfigurowanie mechanizmu bloczkowego; alternatywą jest opcja *Opposite* (przeciwny), przydatna przy tworzeniu przekładni zębatych.

Miedzy obrotowymi elementami przekładni można określić proporcje szybkości obrotu, aby prawidłowo odwzorować działanie mechanizmu. W przypadku mechanizmów bloczkowych zależność tę można wyliczyć na podstawie średnic albo promieni bloczków. W przypadku kół zębatach można to zrobić na podstawie ich *średnic podziałowych* lub liczby zębów, oczywiście przy założeniu, że mamy do czynienia z pasującymi do siebie kołami!

Jeśli oba obracające się elementy zawierają krzywą pomocniczą, odzwierciedlającą okrąg o średnicy podziałowej bądź okrąg o średnicy bloczka, relację między tymi elementami można wyliczyć za pomocą przycisku *Define* (definiuj), znajdującego się obok pola *Ratio* (przełożenie). Po kliknięciu tego przycisku na ekranie pojawia się okno dialogowe *Gear Ratio Definition* (parametry przełożenia), pokazane na rysunku 10.24, umożliwiające wybranie dwóch krzywych, na podstawie których zostaną przeprowadzone obliczenia. Co ważne, najpierw należy wybrać krzywą dla elementu napędzającego, a potem krzywą dla elementu napędzanego; w przeciwnym razie wyliczona zostanie odwrotność właściwego współczynnika. Ujemny współczynnik powoduje przeciwny obrót komponentów, właściwy dla kół zębatach. Dodatnia wartość współczynnika daje współbieżny obrót komponentów, właściwy dla bloczków.



RYSUNEK 10.24. Okno dialogowe Gear Ratio Definition (parametry przełożenia)



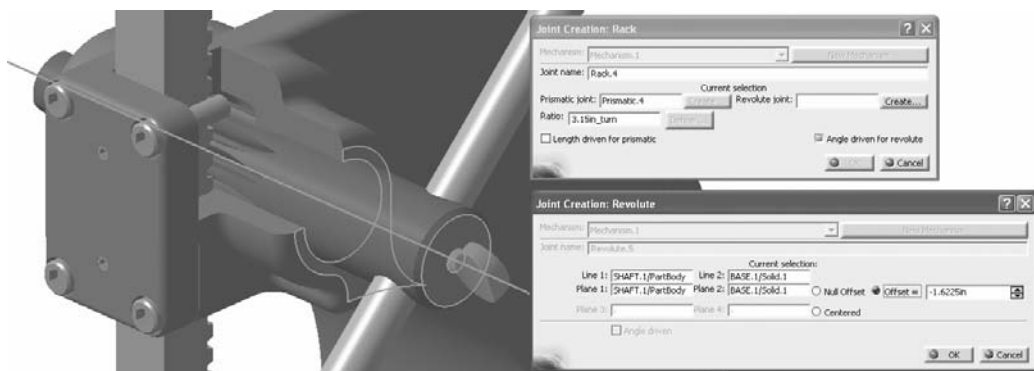
## Rack Joint (zębatka)

**Wskazówka.** Tworzy w mechanizmie więź symulujący zębatkę.

**Informacja na pasku stanu.** Po włączeniu narzędzia — *Select or create the first joint* (wybierz albo utwórz pierwszy więź). Po wybraniu lub utworzeniu pierwszego więzu — *Select or create the second joint* (wybierz albo utwórz drugi więź). Po wybraniu lub utworzeniu drugiego więzu — *Click OK to create the joint* (kliknij OK, aby utworzyć więź).

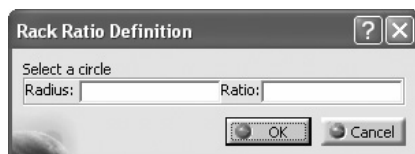
Narzędzie *Rack Joint* (zębatka) służy do tworzenia więzów naśladujących mechanizm zębatkowy.

Podobnie jak jest w przypadku okna dialogowego z ustawieniami narzędzia *Gear Joint* (przekładnia), za pośrednictwem okna dialogowego *Joint Creation: Rack* (tworzenie zębatki) można utworzyć niezbędne więzy bazowe — w tym przypadku typu *Prismatic* (pryzmatyczne) i *Revolute* (obrotowe) — patrz rysunek 10.25. Parametrami sterującymi zębatki mogą być albo kąt obrotu, albo odległość. Przełożenia między komponentami (*Ratio*) można wyliczyć ręcznie lub określić poprzez wskazanie łuku lub okręgu o średnicy równej średnicy podziałowej koła zębatego. Przycisk umożliwiający otwarcie okna dialogowego pokazanego na rysunku 10.26 staje się dostępny dopiero po wskazaniu lub utworzeniu dwóch więzów bazowych.



RYСУNEK 10.25. Okna dialogowe z ustawieniami zębatki

**RYСУNEK 10.26.**  
Okno dialogowe  
Rack Ratio Definition  
(parametry  
przełożenia zębatki)

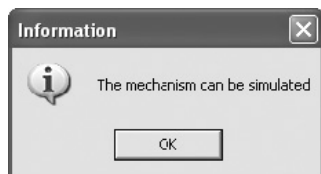


Jeśli w strukturze modelu nie ma okręgu o średnicy równej średnicy podziałowej, przełożenie można wyliczyć bardzo prosto, na podstawie obwodu takiego okręgu, ze wzoru  $2\pi R$  lub  $\pi D$ . Przełożenie jest definiowane w jednostkach *in\_turn* (na obrót).

## OPRACOWAĆ PROSTĄ ANIMACJĘ

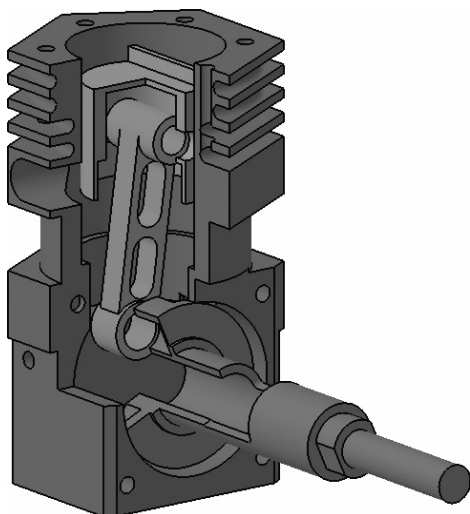
Aby mechanizm mógł działać poprawnie, należy spełnić następujące warunki:

- Unieruchomić jedną z części.
- Zadbać o logiczną kolejność tworzenia więzów.
- Zdefiniować komendy.
- Wyzerować liczbę stopni swobody mechanizmu.



**RYSUNEK 10.27.**  
Komunikat informujący  
o poprawności mechanizmu

Przed utworzeniem wszystkich więzów niezbędnych do zakończenia pracy nad mechanizmem dobrze jest wstępnie go przetestować z minimalną liczbą części. W ten sposób łatwiej się przekonać, czy sekwencja więzów jest logiczna, a zależności między poszczególnymi częściami pozostają spójne i poprawne podczas całego cyklu animacji.



**RYSUNEK 10.28.** Prosty model cylindra silnika

Trzeba jednakże pamiętać, że wymóg wyzerowania stopni swobody może wymagać tworzenia więzów tylko w celu spełnienia tego warunku, to zaś rodzi ryzyko utworzenia kolidujących więzów i może zaburzyć logiczną kolejność ich tworzenia.

Kolejność ta jest zresztą następną ważną kwestią: w niektórych przypadkach od sekwencji tworzenia więzów zależy funkcjonowanie całego mechanizmu.

Po utworzeniu poprawnego mechanizmu program CATIA® potwierdza możliwość jego uruchomienia komunikatem pokazanym na rysunku 10.27.

Na przykład prosty model cylindra silnika, zilustrowany na rysunku 10.28, składa się z czterech części: bloku, wału korbowego, korbowodu i tłoka. Choć poszczególne części nie są ze sobą fizycznie połączone ze względu na brak sworzni czy czopów, to całość można wprawić w ruch, gdyż więzy kinematyczne nie są uzależnione od fizycznego kontaktu części, a jedynie od geometrycznych relacji między nimi.

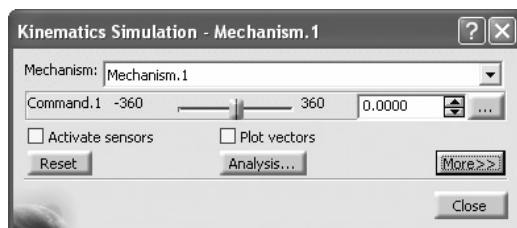
W tym przypadku między tłokiem a blokiem należałoby zdefiniować więz typu *Cylindrical* (walcowy), a potem dodać trzy więzy typu *Revolute* (obrotowy), umożliwiające funkcjonowanie mechanizmu:

- Wał korbowy i blok.
- Wał korbowy i korbowód.
- Korbowód i tłok.

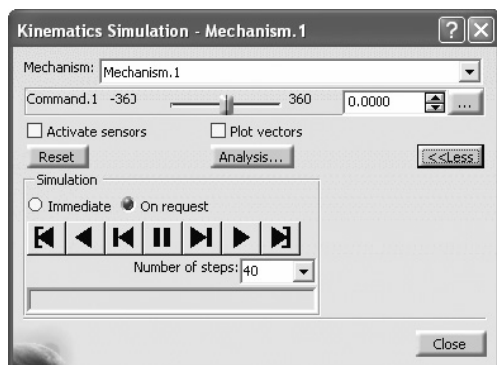
Przy założeniu, że utworzone zostały takie cztery więzy, przy czym więz obrotowy między wałem korbowym a blokiem został wykorzystany do zdefiniowania komendy typu *Angle Driven* (sterowanie kątem), tego rodzaju mechanizm dałoby się prosto animować.

Najłatwiejszy sposób na utworzenie animacji polega na dwukrotnym kliknięciu gałęzi *Mechanism.1*,  $DOF=0$  w drzewie strukturalnym produktu. Na ekranie pojawia się wtedy uproszczona wersja okna dialogowego *Kinematics Simulation* (symulacja kinematyki), pokazana na rysunku 10.29.

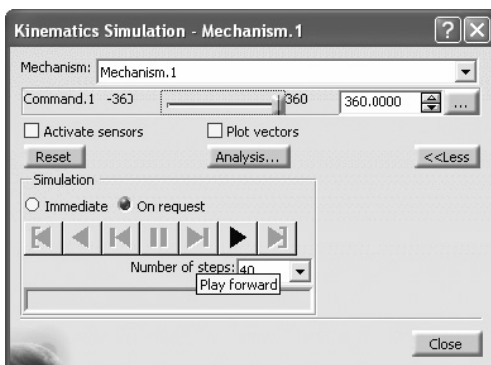
**RYSUNEK 10.29.**  
Uproszczona wersja  
okna dialogowego  
*Kinematics Simulation*  
(symulacja kinematyki)



Zanim klikniesz cokolwiek, co mogłoby mieć wpływ na wzajemne położenie części mechanizmu i zmusiłoby Cię później do ich ponownego rozmieszczania, kliknij przycisk *More* (więcej) i zaznacz opcję *On request* (na żądanie), jak na rysunku 10.30.



**RYSUNEK 10.30.** Rozszerzona wersja okna dialogowego Kinematics Simulation (symulacja kinematyki)



**RYSUNEK 10.31.** Odtwarzanie animacji

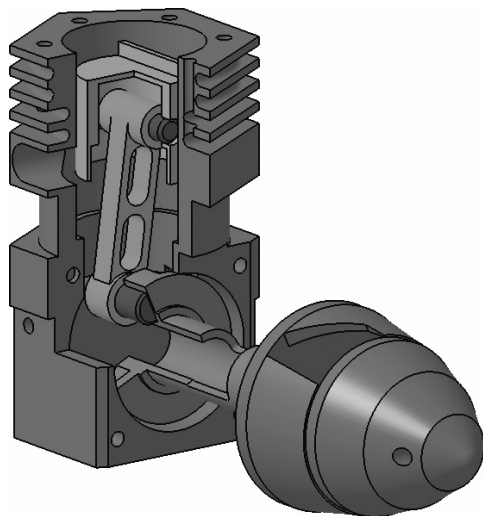
Mechanizm można następnie wprawić w ruch poprzez przesunięcie suwaka animacji do jednego ze skrajnych położen i kliknięcie przycisku *Play forward* (odtwarzaj) — patrz rysunek 10.31.

W przypadku tego rodzaju wstępnych testów bardzo ważne jest, aby mechanizm wykonał pełny cykl; w razie wątpliwości należy kliknąć przycisk *Play back* (odtwarzaj wstecz), aby przywrócić pierwotne położenie wszystkich części. W przeciwnym razie zapewne trzeba będzie zrobić to ręcznie.

## WYŚWIELIĆ UKRYTE CZĘŚCI, KTÓRE MAJĄ BYĆ RUCHOME, I POWIĄZAĆ JE Z GŁÓWNYMI PODZESPOŁAMI

Po wprowadzeniu animacji głównych części można ponownie wyświetlić pozostałe i zdefiniować dla nich więzy. Wróćmy do naszego przykładu z silnikiem. Jak widać na rysunku 10.32, pojawiły się w nim cztery nowe elementy: dwa sworznie i dwie części kołpaka śmigła.

**RYSUNEK 10.32.**  
Ruchome części modelu silnika



Do powiązania ruchomych części można użyć więzów typu *Rigid* (sztywne), ale jeśli wspólny ruch wykonuje większa liczba części — na przykład dwa elementy kołpaka, wał korbowy i czop korbowy — to można ułatwić sobie pracę dzięki zastosowaniu specjalnego narzędzia o nazwie *Mechanism Dressup* (konfigurowanie mechanizmu).



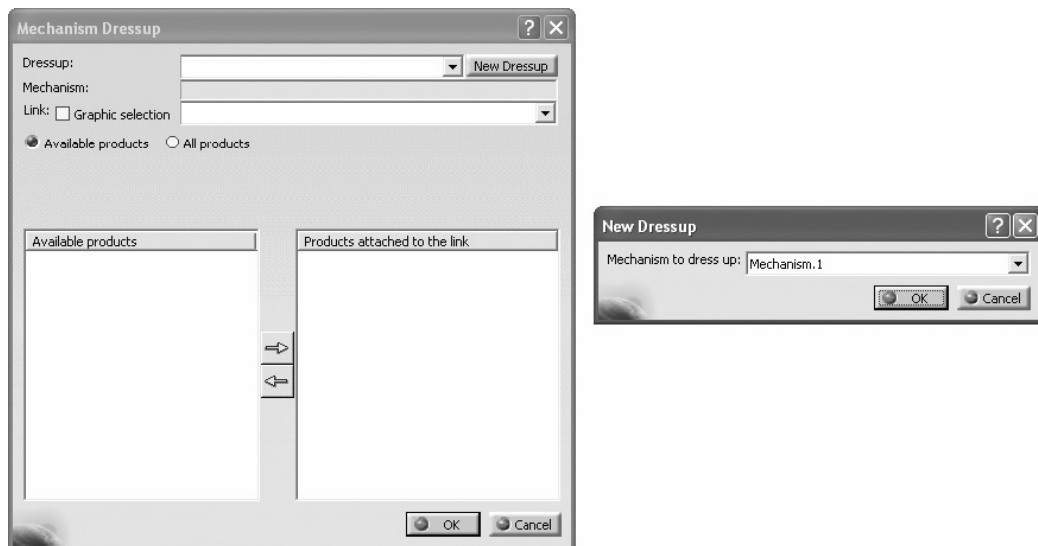
## Mechanism Dressup (konfigurowanie mechanizmu)

**Wskazówka.** Służy do wiązania mechanizmu z produktem.

**Informacja na pasku stanu.** *Select a product (wybierz produkt).*

To narzędzie jest używane do grupowania części mechanizmu wykonujących wspólny ruch, podyktowany ruchem jednej z nich.

Po włączeniu omawianego narzędzia na ekranie pojawia się puste okno dialogowe. Pracę należy rozpocząć od kliknięcia przycisku *New Dressup* (nowa konfiguracja), umożliwiającego wybranie mechanizmu do skonfigurowania (patrz rysunek 10.33).



**RYСУNEK 10.33.** Wybór mechanizmu do skonfigurowania

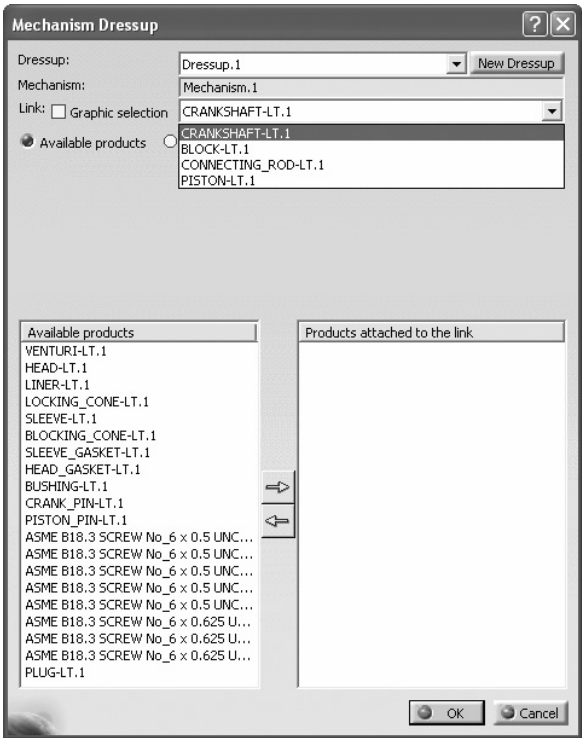
Po wybraniu mechanizmu na liście po prawej stronie napisu *Link* (łącznik) należy wskazać część, która będzie decydowała o ruchu innych części (patrz rysunek 10.34).

Warto wiedzieć, że ta nadrzędna część może też zostać wybrana bezpośrednio w środowisku pracy. Aby to było możliwe, trzeba jednak zaznaczyć opcję *Graphics selection* (wybór na podglądzie graficznym).

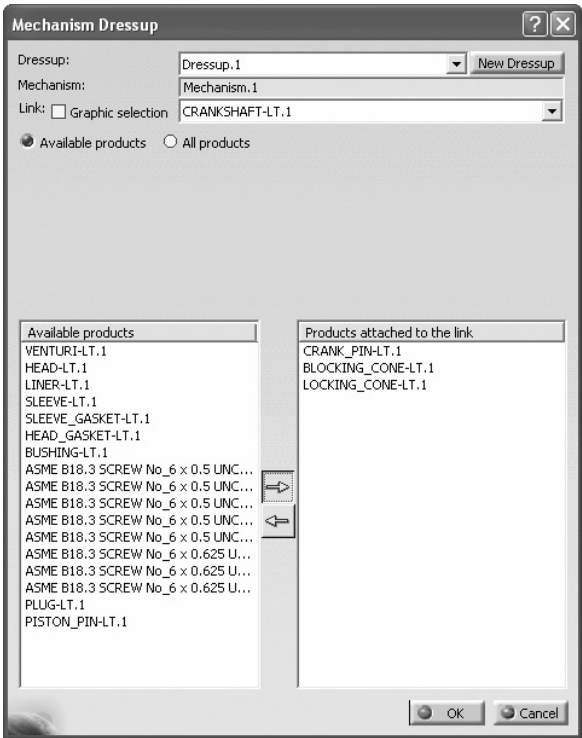
Ostatni etap polega na wybraniu w kolumnie *Available products* (dostępne produkty) części, które mają zostać powiązane z częścią nadrzędną. Zaznaczoną część należy przenieść do kolumny *Products attached to the link* (produkty powiązane z łącznikiem) przy użyciu przycisku ze strzałką skierowaną w prawo, znajdującego się między dwiema wymienionymi kolumnami, widocznego na rysunku 10.35. Jeśli jakiś produkt zostanie wybrany przez pomyłkę, to można go usunąć z listy po prawej stronie przy użyciu przycisku ze strzałką skierowaną w lewo. Opcja *Available products* (dostępne produkty) umożliwia dokonanie wyboru spośród wszystkich części, które nie zostały jeszcze użyte w mechanizmie, z pominięciem tych, dla których zdefiniowano już więzy. Opcja *All products* (wszystkie produkty) wyłącza filtrowanie podzespołów.

Zastosowanie omawianego narzędzia powoduje utworzenie w strukturze drzewa projektu nowej gałęzi, jak na rysunku 10.36. Do zainicjowania procesu animowania mechanizmu można użyć dowolnej z pozycji *Mechanism.1*,  $DOF=0$  w drzewie.

**RYСУNEK 10.34.**  
Wybieranie części  
nadrzędnej

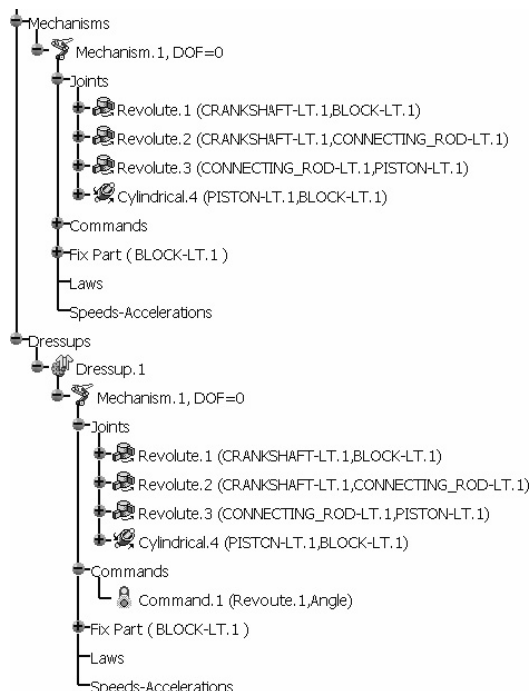


**RYСУNEK 10.35.**  
Grupowanie części



**RYSUNEK 10.36.**

Elementy strukturalne  
otrzymane w wyniku  
zastosowania narzędzia  
Mechanism Dressup  
(konfigurowanie  
mechanizmu)

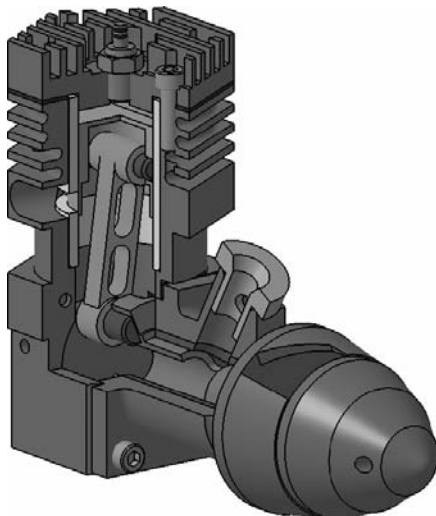


## WYŚWIELIĆ UKRYTE CZĘŚCI STATYCZNE

Po poprawnym powiązaniu wszystkich ruchomych części mechanizmu można ponownie wyświetlić części statyczne, znajdujące się w niewidocznym środowisku *No-Show*, aby uzupełnić braki w modelu (patrz rysunek 10.37). Jeśli mechanizm miałby być animowany w takiej postaci, to tworzenie nowych wiązań sztywnych albo grupowanie części za pomocą narzędzia *Mechanism Dressup* (konfigurowanie mechanizmu) nie jest konieczne. Dopiero jeśli cały mechanizm miałby wykonywać ruch względem innego, trzeba by zgrupować pozostałe części wraz z nieruchomą częścią bazową, czyli w tym przypadku blokiem.

**RYSUNEK 10.37.**

Kompletny  
model silnika



## ZAPISAĆ PRODUKT Z UWZGLĘDNIENIEM KINEMATYKI

Podczas pracy nad kinematyką produkt należy regularnie zapisywać, aby uniknąć utraty danych, ale jeśli chciałbyś zminimalizować liczbę archiwizowanych plików, to najlepiej będzie zapisać projekt przed przystąpieniem do wykonywania analiz, gdyż procesy te bywają bardzo wymagające pod względem obliczeniowym.

## PRZEPROWADZIĆ POTRZEBNE ANALIZY

W trakcie konfigurowania więzów kinematycznych dobrze jest od czasu do czasu wykonać prostą symulację, aby się przekonać, czy wszystkie części mechanizmu zachowują się tak, jak powinny, ale gdy przyjdzie czas na ostateczną analizę działania mechanizmu, warto sięgnąć po dwa narzędzia znajdujące się na pasku *Simulations* (symulacje), pokazanym na rysunku 10.38.

RYСУNEK 10.38.

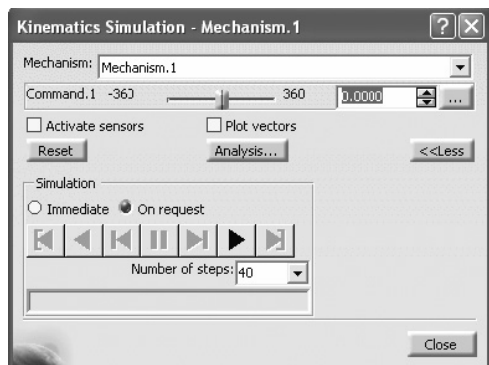
Pasek narzędzi  
Simulations (symulacje)



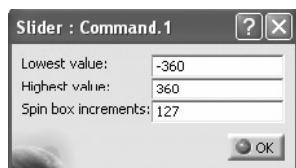
### Simulation With Commands (symulacja z użyciem komend)

**Wskazówka.** Symuluje działanie mechanizmu.

**Informacja na pasku stanu.** *InitialState* (stan początkowy).



RYСУNEK 10.39. Okno dialogowe umożliwiające przeprowadzenie symulacji za pomocą komend



RYСУNEK 10.40. Okno dialogowe z ustawieniami ograniczeń komendy ruchu

Po włączeniu tego narzędzia na ekranie pojawia się to samo okno dialogowe co po dwukrotnym kliknięciu pozycji *Mechanism.1*, *DOF=0* w drzewie strukturalnym produktu (rysunek 10.39). Przypominam, że przed wprowadzeniem dowolnych zmian na ogół lepiej jest wyświetlić rozszerzony wariant okna i zaznaczyć opcję *On request* (na żądanie). Opcja *Immediate* (bezpośrednio) umożliwia animowanie mechanizmu przez przesuwanie suwaka. O ile w przypadku kompletnych, funkcjonalnych mechanizmów nie powinno to przysparzać żadnych problemów, o tyle podczas wstępnych prac i przygotowań tego rodzaju „ręczna” symulacja może się wiązać z koniecznością wprowadzania późniejszych poprawek w rozlokowaniu części.

W celu wprowadzenia ograniczeń animacji należy się najpierw upewnić, czy suwak znajduje się aktualnie w granicach planowanych limitów. Jeśli tak, to można kliknąć przycisk z wielokropkiem (...), znajdujący się po jego prawej stronie, aby zdefiniować żądane ograniczenia. Na ekranie pojawia się wtedy okno dialogowe widoczne na rysunku 10.40, umożliwiające wprowadzenie dolnego i górnego ograniczenia dla danej komendy.

Parametr *Spin box increments* (skok przycisków), znajdujący się we wspomnianym oknie, decyduje o wartości skokowej zmiany komendy przy klikaniu przycisków ze strzałkami w górę i w dół, znajdujących się po lewej stronie przycisku z wielokropkiem. Jeśli zamierzasz analizować funkcjonowanie mechanizmu krok po kroku, poświęć chwilę na poprawne dobranie tego parametru.

Przy pierwszym uruchomieniu z uwzględnieniem jedynie głównych podzespołów mechanizmu animacja jest zazwyczaj odtwarzana za szybko. W celu spowolnienia tempa odtwarzania można zwiększyć wartość parametru *Number of steps* (liczba kroków). Powoduje to zwiększenie liczby klatek animacji, przez co całość jest odtwarzana wolniej. Przy odpowiednio wolnym ruchu można lepiej przyjrzeć się funkcjonowaniu ruchomych części i upewnić, że zachowują się poprawnie.

Jedna uwaga dotycząca wspomnianego parametru: jeśli zamierzasz symulować działanie mechanizmu skonstruowanego z użyciem kół zębatych, upewnij się, że wartość tego parametru nie jest równa liczbie zębów na dowolnym z kół. Może się bowiem zdarzyć, że po uruchomieniu animacji niektóre koła będą sprawiały wrażenie nieruchomych. Animacją można sterować za pomocą przycisków pokazanych na rysunku 10.41.



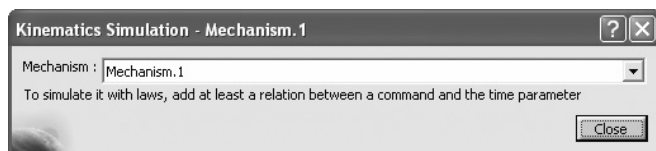
RYSUNEK 10.41. Przyciski sterowania animacją

Działanie tych przycisków jest bardzo podobne jak w przypadku ich odpowiedników z odtwarzaczy w sprzęcie audio:

- *Start* (początek). Przywraca początkowy stan animacji.
- *Play back* (odtwarzaj wstecz). Odtwarza animację „do tyłu”.
- *Step back* (krok wstecz). Wyświetla poprzedni krok animacji.
- *Pause* (pauza). Wstrzymuje animację.
- *Step forward* (krok naprzód). Wyświetla kolejny krok animacji.
- *Play forward* (odtwarzaj). Odtwarza animację.
- *End* (koniec). Wyświetla ostatni krok animacji.

Inny sposób na skonfigurowanie animacji mechanizmu polega na stworzeniu reguł określających zmienność parametrów komendy ruchu w czasie.

Zastosowanie reguł w mechanizmach umożliwia przeprowadzenie bardziej zaawansowanych analiz kinematyki. Przed omówieniem tego rodzaju metod należy jednak poznać proces tworzenia prostych reguł, gdyż bez ich uprzedniego sprecyzowania przy próbie symulacji na ekranie pojawi się komunikat pokazany na rysunku 10.42.



RYSUNEK 10.42. Komunikat ostrzegawczy przy uruchamianiu symulacji z użyciem reguł



RYSUNEK 10.43. Pasek narzędzi Knowledge (wiedza)

## TWORZENIE REGUŁY

Reguły można tworzyć na różne sposoby, ale jeden z prostszych polega na określeniu relacji między dwoma parametrami przy użyciu narzędzia *Formula* (formuła), którego przycisk znajduje się na pasku *Knowledge* (wiedza), pokazanym na rysunku 10.43.

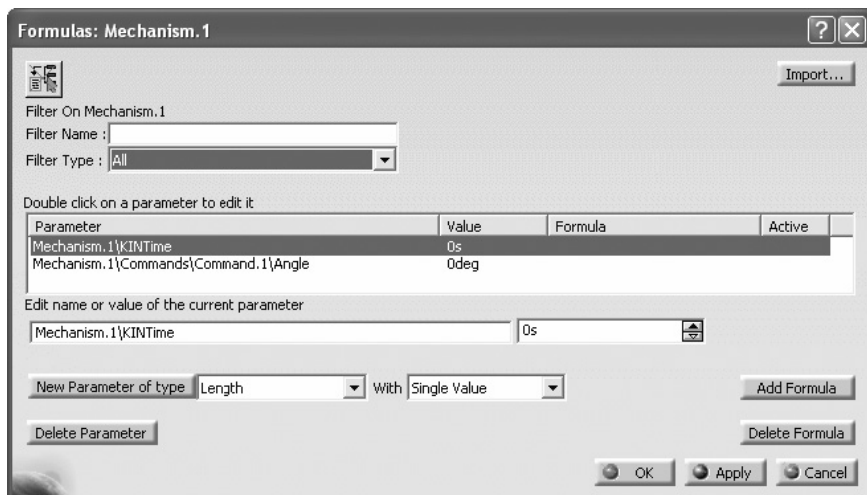


## Formuła (formuła)

**Wskazówka.** Służy do tworzenia formuł i definiowania parametrów uwzględniających wymogi i ograniczenia projektu.

**Informacja na pasku stanu.** *Edit parameters and formulas* (edytuj parametry i formuły).

Przed włączeniem narzędzia *Formuła* (formuła) należy zaznaczyć pozycję *Mechanism.1*, *DOF=0* w drzewie strukturalnym. Dzięki temu w oknie dialogowym *Formulas* (formuły) będą wymienione parametry dotyczące danego mechanizmu (rysunek 10.44).



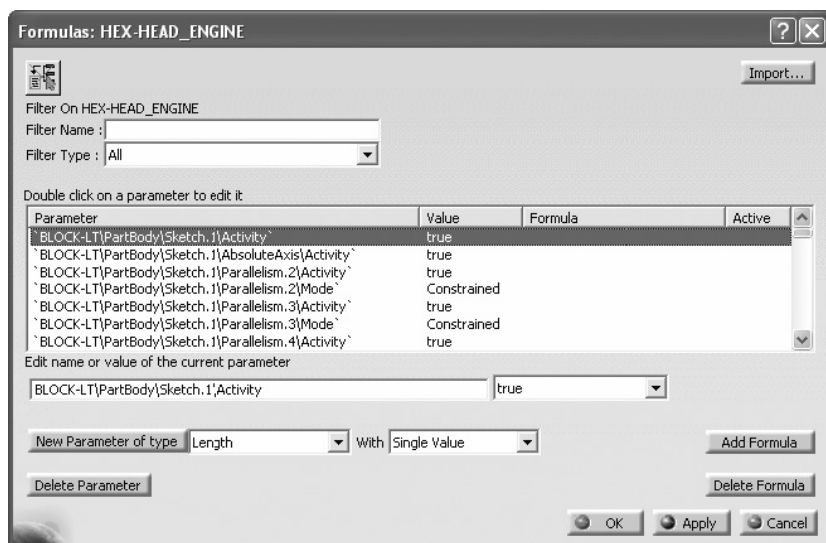
RYСУNEK 10.44. Okno dialogowe Formulas: Mechanism (formuły: mechanizm)

Parametry znajdujące się w tym oknie dialogowym odpowiadają komendom zastosowanym w mechanizmie; wyjątkiem jest parametr o nazwie *KINTime* (czas ruchu) — o szczególnym znaczeniu, inicjowany wraz z utworzeniem mechanizmu. Pełni on funkcję licznika czasu i jest używany do obliczania przemieszczeń ruchomych części.

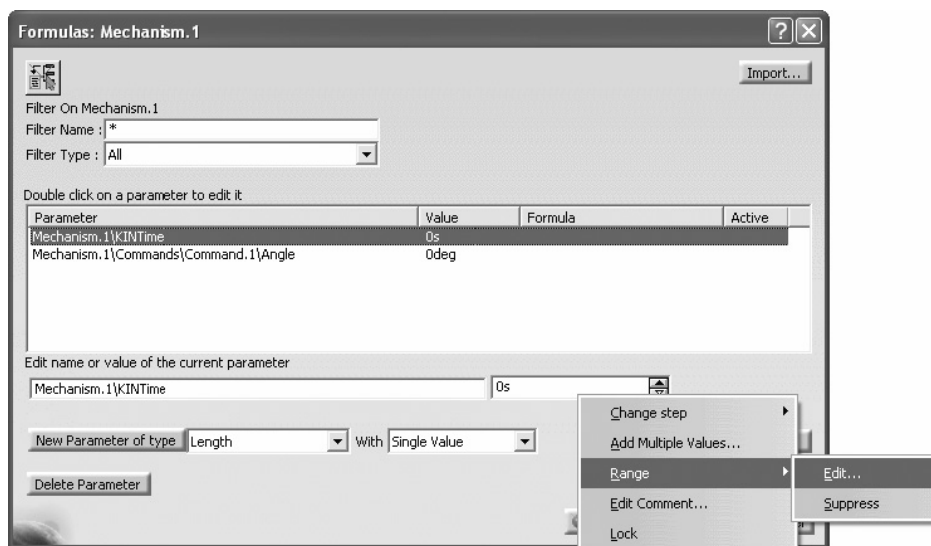
Przed włączeniem narzędzia *Formuła* (formuła) należy pamiętać o zaznaczeniu właściwej pozycji w drzewie strukturalnym produktu. Na przykład zaznaczenie pozycji *Mechanisms* (mechanizmy), znajdującej się tuż pod pozycją *Mechanism.1*, *DOF=0*, spowoduje wyświetlenie innego okna dialogowego, z parametrami złożenia (jak na rysunku 10.45). W tym oknie również można odszukać parametry niezbędne do zdefiniowania reguły, ale byłoby to trochę bardziej uciążliwe i mogłoby wymagać zastosowania filtrów.

Parametrowi *KINTime* można nadać dowolną wartość. Na ogół przyjmuje się wartości z zakresu od 0 do 10 sekund, ale można to zmienić poprzez kliknięcie prawym przyciskiem myszy w polu z bieżącą wartością, tak jak zostało to pokazane na rysunku 10.46. Parametr *KINTime* o wartości 10 sekund zazwyczaj dobrze się sprawdza, a przy tym upraszcza dalsze obliczenia.

Tworzenie reguły polega na określeniu zależności między parametrem *KINTime* a wartością komendy. Na rysunku 10.46 widać, że w przykładowym mechanizmie została zdefiniowana jedna komenda, służąca do sterowania wartością kąta. Przy założeniu, że mechanizm wykonuje pełny cykl dla kąta 360°, należy stworzyć taką relację, która będzie docelowo zwracała wartość 360°, ale za pośrednictwem zmiennej *KINTime*.



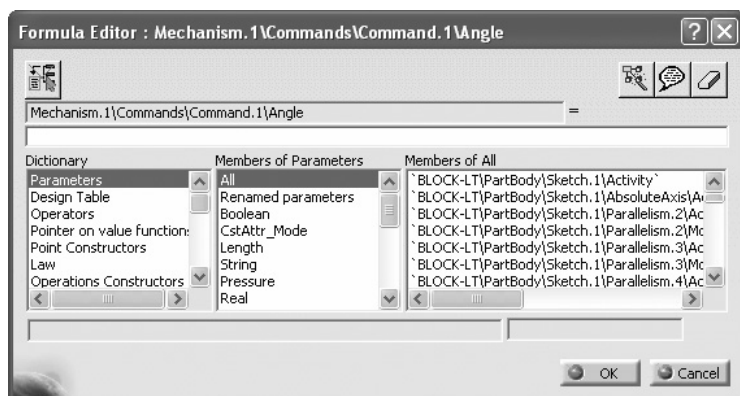
RYSUNEK 10.45. Okno dialogowe Formulas (formuły) dla zespołu



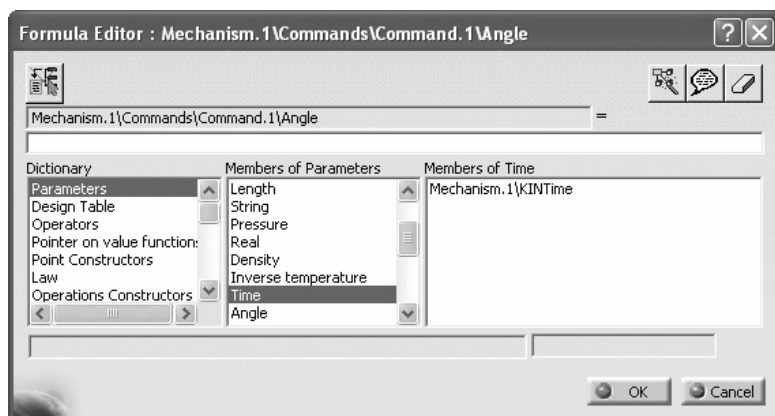
RYSUNEK 10.46. Edytowanie zakresu wartości parametru KINTime

Aby utworzyć taką relację, należy zaznaczyć parametr odwołujący się do komendy w mechanizmie i kliknąć przycisk *Add Formula* (dodaj formułę), znajdujący się w dolnej części okna dialogowego *Formulas* (formuły). Na ekranie pojawi się wtedy okno dialogowe *Formula Editor* (edytor formuły), pokazane na rysunku 10.47.

W oknie tym wyświetlone są wszystkie parametry mechanizmu oraz części, które do niego należą. Aby ułatwić sobie odnalezienie potrzebnego parametru, skorzystaj z listy filtrów w kolumnie *Members of Parameters* (elementy w grupie: parametry), na podstawie których można zawęzić zakres wyszukiwania. Aby odnaleźć parametr *KINTime*, należy użyć filtra *Time* (czas), tak jak zostało to pokazane na rysunku 10.48. Samo zaznaczenie tego filtra wystarczy, aby wyświetlić żądany parametr.



RYSUNEK 10.47. Okno dialogowe Formula Editor (edytor formuły)



RYSUNEK 10.48. Zastosowanie filtra Time (czas)

Dwukrotne kliknięcie pozycji *Mechanism.1\KINTime* w kolumnie *Members of Time* (elementy w grupie: czas) powoduje przeniesienie wybranego parametru do okna edytora formuły.

Zależnie od oczekiwanej wartości należy przeprowadzić różnego rodzaju przeliczenia między jednostkami, tak jak zostało to pokazane na poniższych przykładach, przy założeniu wartości *KINTime* równej 10 s.

#### **Rezultat kątowy = 360°**

Formuła:  $\text{Mechanism.1}\backslash\text{KINTime}/1\text{s} \times 36\text{deg}$

Wyjaśnienie:  $10 \text{ sekund}/1 \text{ sekunda} \times 36^\circ = 360^\circ$

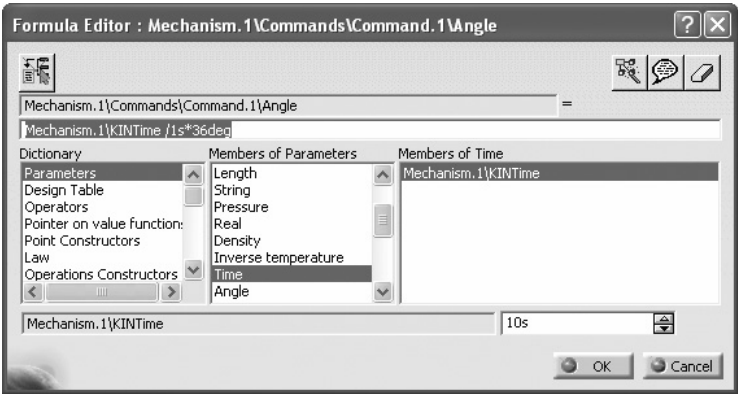
#### **Rezultat liniowy = 2 cale**

Formuła:  $\text{Mechanism.1}\backslash\text{KINTime}/1\text{s} \times 0,2\text{in}$

Wyjaśnienie:  $10 \text{ sekund}/1 \text{ sekunda} \times 0,2 \text{ cala} = 360 \text{ cali}$

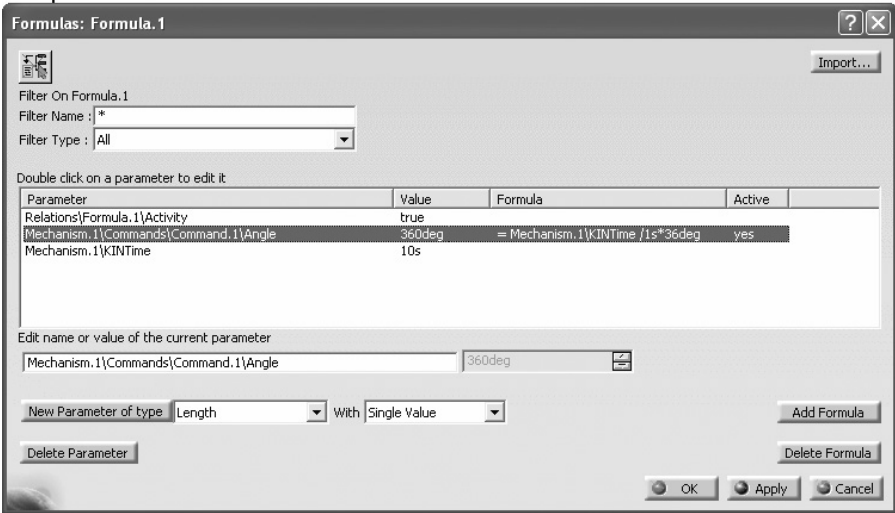
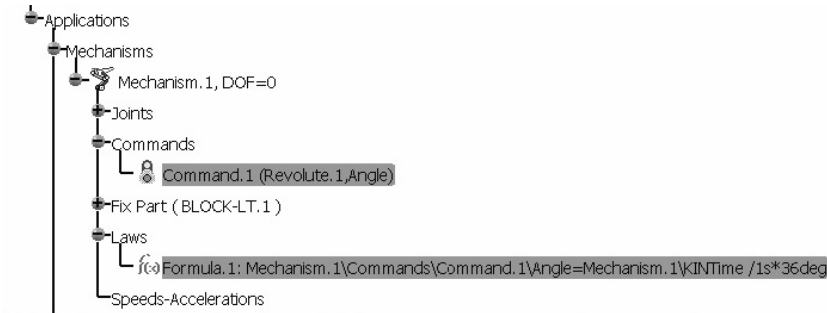
Należy pamiętać o właściwym zapisie jednostek, bez użycia wielkich liter. W razie wątpliwości zajrzyj do rozdziału 2., do części poświęconej parametrom, aby się upewnić, w jaki sposób prawidłowo zapisywać jednostki w programie CATIA®.

Zaleca się też, aby nie wstawiać w formuлах zbędnych spacji. Prawidłowa formuła powinna wyglądać tak jak na rysunku 10.49.



RYSUNEK 10.49. Gotowa formuła

Po kliknięciu przycisku OK w edytorze formuł ponownie będziesz miał do czynienia z oknem dialogowym *Formulas* (formuły), w którym w kolumnie *Formula* (formuła) pojawi się zdefiniowana przed chwilą relacja. Jednocześnie w drzewie strukturalnym produktu, w gałęzi *Laws* (reguły), powstanie nowa pozycja, potwierdzająca utworzenie nowej reguły (patrz rysunek 10.50). Tak zdefiniowanej reguły można użyć do animowania mechanizmu i przeprowadzania analiz ruchu.



RYSUNEK 10.50. Potwierdzenie utworzenia nowej reguły

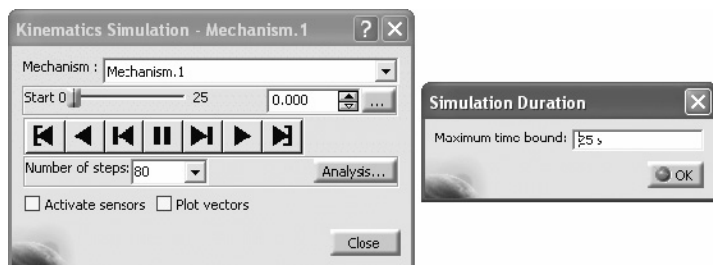


## Simulation With Laws (symulacja z użyciem reguł)

**Wskazówka.** Symuluje ruch mechanizmu przy użyciu reguł.

**Informacja na pasku stanu.** *InitialState* (stan początkowy).

To narzędzie aktywuje mechanizm podobnie jak narzędzie *Simulation With Commands* (symulacja z użyciem komend). Różnica polega na tym, że zakres działania komend nie jest już uzależniony od wartości zmiennych kątowych lub liniowych, ale od czasu. Warto wiedzieć, że niezależnie od wartości nadanej parametrowi *KINTime* czas trwania symulacji można zmienić przy użyciu przycisku z wielokropkiem (...), tak jak zostało to pokazane na rysunku 10.51. Animowanie mechanizmu przebiega bardzo podobnie — roboczo można posługiwać się suwakiem, a docelowo korzystać z przycisków służących do odtwarzania, wstrzymywania i cofania animacji.



RYSUNEK 10.51. Okno dialogowe symulacji przy użyciu reguł

## PROSTA ANALIZA RUCHU

Za pomocą narzędzi do analizy ruchu można utworzyć elementy szkieletowe lub modele objętościowe. Narzędzia te zostały zgromadzone na pasku narzędzi *DMU Generic Animation* (animacja ogólna), pokazany na rysunku 10.52.



RYSUNEK 10.52. Pasek narzędzi DMU Generic Animation (animacja ogólna)



## Trace (śledź)

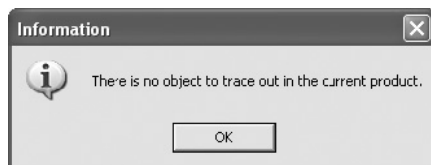
**Wskazówka.** Generuje ślad punktu na podstawie powtórki (*replay*) lub działania mechanizmu symulowanego przy użyciu reguł.

**Informacja na pasku stanu.** *Select the geometrical objects to trace out* (wybierz obiekty geometryczne do śledzenia).

Śledzenie jest bardzo przydatne przy określaniu ścieżek przemieszczenia ruchomych elementów. Uzyskane w ten sposób informacje można wykorzystać do wizualizacji bezpiecznej strefy działania wybranych części.

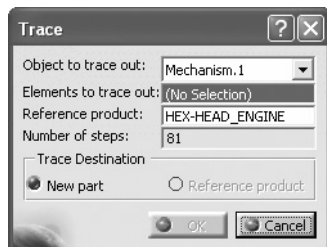
Jeśli narzędzie to zostanie włączone przed zdefiniowaniem jakiegokolwiek reguły, program CATIA® wyświetli komunikat ostrzegawczy, pokazany na rysunku 10.53.

**RYСУNEK 10.53.**  
Ostrzeżenie o braku  
obiektu do śledzenia



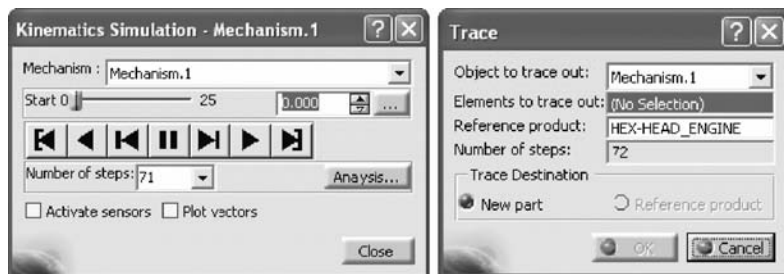
Jeśli wszystko zostanie przygotowane poprawnie, na ekranie pojawi się okno dialogowe *Trace* (śledzenie), przedstawione na rysunku 10.54.

**RYСУNEK 10.54.**  
Okno dialogowe  
Trace (śledzenie)



Pracę nad konfigurowaniem śledzenia należy rozpocząć od sprawdzenia wartości parametru *Number of steps* (liczba kroków). Wartości tej nie da się zmienić w oknie dialogowym *Trace* (śledzenie). Jest ona automatycznie ustawiana jako liczba kroków (klatek) symulacji, zwiększona o 1. Jeśli na przykład w ramach śledzenia chcesz wygenerować 72 elementy w cyklu obejmującym kąt pełny ( $360^\circ$ ), czyli co  $5^\circ$ , przed włączeniem narzędzia *Trace* (śledzenie) powinieneś przygotować animację składającą się z 71 kroków, jak na rysunku 10.55.

**RYСУNEK 10.55.**  
Zależność między  
symulacją a liczbą  
kroków śledzenia



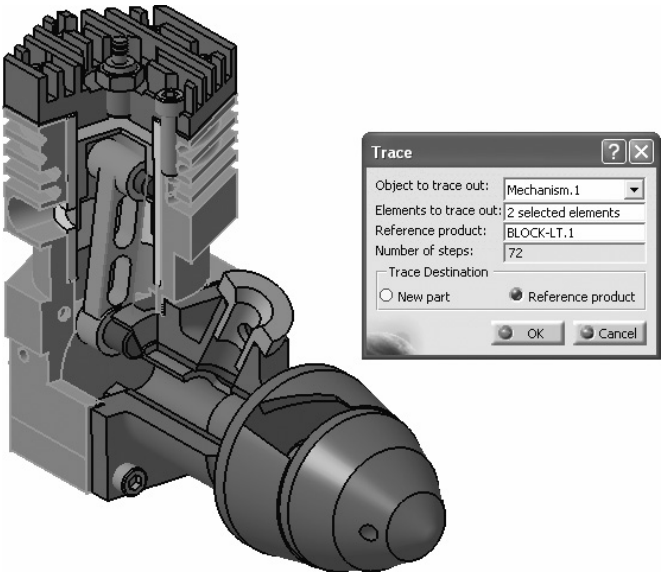
(a) Kroki symulacji

(b) Kroki śledzenia

Następnie należy wybrać elementy geometryczne, które zostaną użyte w roli obiektów referencyjnych dla narzędzia *Trace* (śledzenie). Można w tym celu wybrać obiekty takie jak punkty, linie oraz krawędzie i wierzchołki modeli bryłowych. W przypadku linii i krawędzi śledzenie generuje dwa dodatkowe punkty znajdujące się na ich końcach.

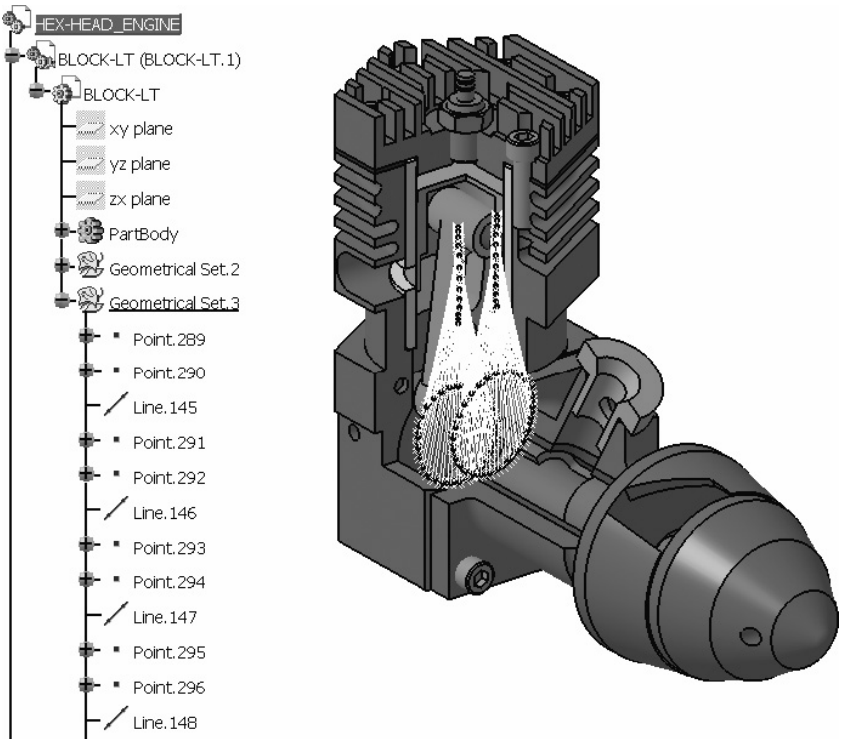
Po wybraniu elementów do śledzenia można od razu przystąpić do generowania śladów, nastąpi to jednak zgodnie z ustawieniami domyślnymi, co oznacza między innymi, że trafią one do nowej części. Ta część jest otwierana automatycznie i pozostaje aktywna podczas generowania śladów, jednak w celu obejrzenia rezultatów śledzenia w kontekście analizowanego mechanizmu trzeba przenieść wygenerowane ślady do źródłowego pliku z produktem.

Inne podejście polega na wskazaniu jako docelowego produktu jednej ze statycznych części urządzenia. Najlepiej, żeby była to część unieruchomiona. W takim przypadku po wybraniu elementów do śledzenia należy w polu *Reference product* (produkt odniesienia) wybrać część, w ramach której zostanie wygenerowana geometria śladów. Jednocześnie uaktywniona zostanie opcja *Reference product* (produkt odniesienia), jak widać na rysunku 10.56.



RYSUNEK 10.56. Śledzenie elementów względem nieruchomej części

Każda ślędzona linia generuje w produkcie docelowym zbiór elementów typu *Geometrical Set*, zawierający zestaw linii oraz ich końców (patrz rysunek 10.57).



RYSUNEK 10.57. Wygenerowane elementy



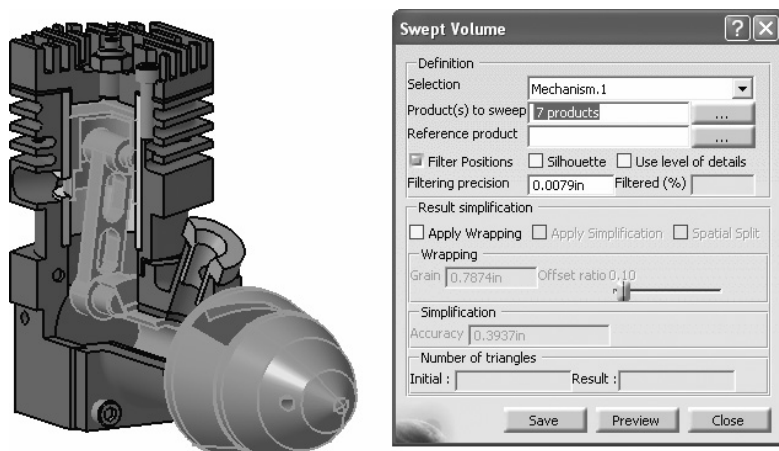
## Swept Volume (objętość skokowa)

**Wskazówka.** Tworzy model objętościowy na podstawie ruchu modelu.

**Informacja na pasku stanu.** *Check if the product has a replay* (sprawdź, czy dla produktu została zarejestrowana powtórka).

W niektórych przypadkach elementy szkieletowe nie wystarczają do czytelnego zobrazowania całkowitej objętości zajmowanej przez jedną lub kilka ruchomych części. W takich przypadkach istnieje możliwość stworzenia modelu objętościowego, odzwierciedlającego przestrzeń zajmowaną przez nie w trakcie całego cyklu działania mechanizmu.

Po włączeniu narzędzia *Swept Volume* (objętość skokowa) wszystkie ruchome części mechanizmu zostają automatycznie zaznaczone w celu wygenerowania modelu objętościowego, a na ekranie pojawia się okno dialogowe z informacją o liczbie zaznaczonych części, podaną w polu *Product(s) to sweep* (produkt[y] do przemieszczenia), jak na rysunku 10.58.



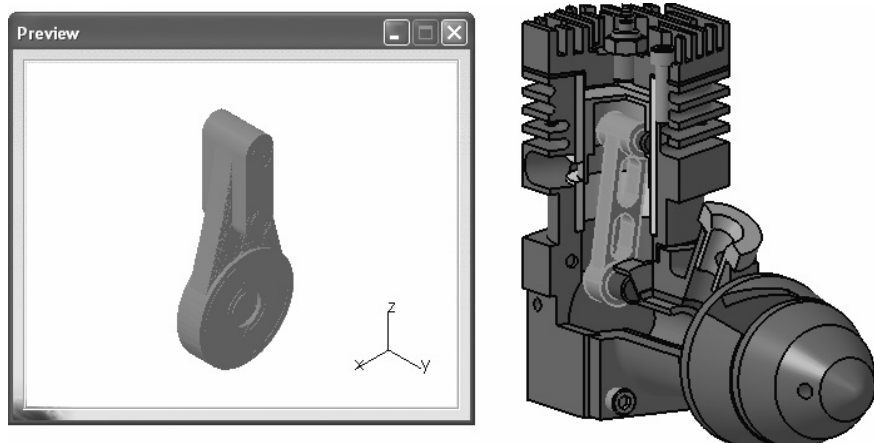
**RYСУNEK 10.58.** Wybrane produkty do przemieszczenia

To oznacza, że najpierw należy *anulować zaznaczenie* tych części, których objętość skokowa nie powinna być brana pod uwagę.

Po pozostawieniu odpowiednich części do obliczeń można wyświetlić podgląd zajmowanej przez nie objętości. Na podstawie podglądu istnieje możliwość zaznaczenia kolejnych części lub usunięcia z zaznaczenia tych, które okazały się nieistotne. Można to zrobić w oddzielnym oknie o nazwie *Preview* (podgląd), pokazanym na rysunku 10.59. W oknie tym można skorzystać ze standardowych narzędzi do pracy ze sceną, takich jak panoramowanie, obracanie i powiększanie, aby móc lepiej przyjrzeć się wygenerowanemu modelowi.

Utworzony model objętościowy można zapisać w celu późniejszego wykorzystania w mechanizmie. Nie trafia on jednak do pliku *.CATPart*, lecz jest zapisywany w formacie CGR — *CATIA® Graphical Representation* — którego nie można otworzyć bezpośrednio, lecz należy *zaimportować* do produktu jako komponent. Format CGR w programie *CATIA®* ma wiele zastosowań, a jego ważną cechą jest bardzo mała ilość pamięci niezbędna do wyświetlenia zapisanych w nim części.

Niestety, pliku CGR nie da się swobodnie edytować bez uprzedniej adaptacji, gdyż po wczytaniu wyświetla on tylko obwiednię modelu, bez właściwej geometrii. Pewnym obejściem tego problemu jest przekształcenie pliku CGR na plik w formacie *.model*, typowy dla programu *CATIA® V4*. Więcej informacji na ten temat znajdziesz w rozdziale 15., w części poświęconej konwersji między formatami plików.



**RYSUNEK 10.59.** Okno podglądu

Dodanie elementów kinematyki do modelu ruchomego zespołu jest doskonałym sposobem na przybliżenie nietechnicznym odbiorcom funkcjonalności mechanizmu, zaś dla konstruktorów jest świetnym narzędziem do przeprowadzenia dokładnej symulacji jego działania.

---

# Skorowidz

3D Extensible Markup Language, 611

## A

adnotacja, 294, 393, 530, 531

    niesemantyczna, 509

adres URL, 531, 533

algebra Boole'a, 277, 623

animacja, 488, 490

ANSI, 165

arkusz

    blachy, 545, 548

    obramowanie, 411

    tabliczka rysunkowa, 411

    tło, 410

## B

baza pomiarowa, 390, 400, 523, 530, 533

    semantyczna, 523, 524, 525

    symbole, 526

biblioteka materiałów, 636

blok, 157, 230

    z nachylonymi bokami i zaokrągleniami, 233

    złożony, 234

bryła, *Patrz też:* model

    cienkościenna, 255

    łączenie, 242

    modelowanie, 156

    operacje logiczne, 277, 279, 280, 281

    powielanie, 281, 282

    przemieszczenie, 262

    rysunek, 168

    skalowanie, 269, 270

    tworzenie, 34, 230, 233, 260

## C

CATIA

    certyfikacja, 659

    egzamin certyfikacyjny, 659

    konfiguracja, 47, 52

    strony internetowe, 655

    uruchamianie, 25

CATIA Graphical Representation, *Patrz:* plik CGR

chropowatość, 400, 535

cieniowanie, 72

Component, *Patrz:* komponent

część, 301, 304

    edycja w osobnym oknie, 318

    katalog, 319, 633

    kopia, 309, 310

    nieruchoma, 478

    rozpoznawanie, 613

    rozwiniecie, 558

    typoszereg, 634

    wiązanie, 311, 313, 314, 315

    zwinięcie, 558

## D

Dassault Systèmes, 32

datum, *Patrz:* element referencyjny

deseń, 409

detal, 344, 346, *Patrz też:* część

DMU, 579

DMU Kinematics, 475

drukowanie, 179, 416, 419, 420

drzewo strukturalne, 29, 30, 168, 272, 301

    kolejność elementów, 322

    parametry, 615

    rozwijanie, 83, 105

DSE, 583, 584, 585, 586, 587, 592, 598, 599  
dwusieczna, 120

## E

element

3D, 135  
aktywacja, 624  
aktywny, 217  
długość, 379  
dziurka od klucza, 188  
edytowanie, 223  
elastyczny, 476  
geometryczny, 514, 515, 516  
grubość, 221  
grubość ścian, 256  
kolejność, 322  
kompozytowy, 561  
warstwa, 573, 578, 579, 581  
wykonalność, 575  
łączenie, 193, 194, 208  
obracanie, 131, 133, 263  
odległość, 220  
orientacja, 471  
pomiar, 219, 221, 287  
bezwładności, 287  
pomocniczy, 362, 421  
geometryczne, 514, 515, 516  
powielanie, 266, 267  
przecięcie, 259, 447  
przemieszczenie, 130, 133, 134, 262  
przerwanie, 127  
przycinanie, 123, 124, 125, 127  
referencyjny, 216, 289, 647  
rzutowany, 135, 136  
skalowanie, 132, 133, 470  
symetryczne odbicie, 129, 130, 167, 264, 469  
szkieletowy, 135, 289, 462  
translacja, 468  
wyjściowy, 217  
wykończeniowy, 247  
wyświetlanie, 293  
z blachy arkuszowej, 545, 548  
widok, 559  
zaokrąglanie krawędzi, 166, 248, 250, 251, 252  
zaznaczanie, *Patrz: zaznaczenie*  
zbiór, 273  
elipsa, 119, 225  
etykieta, 32, 392, 399  
Existing Component, 309

## F

Fast Multi Instantiation, 310  
fazowanie, 124, 126, 253, 382  
flaga, 531, 533  
font, *Patrz: krój pisma*  
formuła, 496, 617  
FS, 583, 592, 598, 600, 601  
FT&A, 70, 168, 505, 506, 517  
kreator, 522  
Functional Tolerancing and Annotations, *Patrz: FT&A*  
funkcja  
Power Copy, 646  
Sketch Analysis, 102

## G

GD&T, 505, 526  
Geometric Dimensioning and Tolerancing,  
*Patrz: GD&T*  
geometrical sets, *Patrz: zestaw geometryczny*  
GSD, 583, 592, 597, 601  
gwint, 165, 363, 383, 516  
odzwierciedlenie, 515  
wewnętrzny, 165, 257  
z odniesieniem, 364  
zewewnętrzny, 165, 257

## H

helisa, 452  
hiperbola, 196, 225  
hiperłącze, 32, 42  
hybrid design, *Patrz: projektowanie hybrydowe*

## I

Initial Graphics Exchange Specification, *Patrz: plik IGES*  
interfejs, 28  
inżynieria odwrotna, 583

## J

jednostki, 49  
język, 58

**K**

katalog, 633  
    części, 319, 633  
    rysunkowy, 640  
kinematyka wirtualna, 475, 477  
kład, 519, 520  
    łamany, 344  
    stopniowy, 343  
kołnierz, 550, 553  
kompas, 31, 82, 283, 307  
    konfiguracja, 308  
    reset, 83  
komponent, 303, 304  
    2D, 411  
    powielanie, 332  
    przemieszczanie, 305, 306  
    unieruchamianie, 305  
krój pisma, 393  
krzywa, 201  
    3D, 598  
    brzegowa, 467  
    izoparametryczna, 600  
    kombinacja, 446  
    łącząca, 451, 463  
    na powierzchni, 600  
    na siatce, 599  
    przedłużanie, 598  
    punktów równoodległych, 203  
    referencyjna, 226  
    równoległa, 448  
    rzutowanie, 445  
    sklejana, *Patrz:* splajn  
    stożkowa, 118, 197, 199, 200, 225  
    tworzenie, 444  
        przez ekstrapolację, 470, 597

**L**

linia, 119, 224, 430  
    nieskończona, 200  
    normalna do krzywej, 201  
    odzwierciedlająca kształt powierzchni, 447  
    osi, 364, 365, 442  
    pionowa, 201  
    pomocnicza, 388, 389  
    pozioma, 201  
    przez dwa punkty, 201  
    styczna, 119

    środkowa, 362, 365  
        z odniesieniem, 363  
    tworzenie, 430  
    wymiarowa, 368, 377, 389

**Ł**

łuk, 192, 224, 381, 448  
    długość, 379  
    dopełnienie, 212  
    styczny, 113  
    trzy punktowy, 114, 191  
    zamykanie, 128, 212

**M**

manipulator, 375  
materiał, 97, 98  
    biblioteka, 636  
    kompozytowy, 561  
        parametry, 563  
    nazwa, 640  
    przypisywanie, 98  
    rodzina, 637  
    tworzenie, 638  
    zestawienie, 415  
MBD, 505, 540, 541  
mechanizm, 475, 478  
    konfigurowanie, 491  
    symulowanie działania, 494, 500  
menu  
    Navigation Mode, 87  
    Render Style, 87  
    rozwijane, 28  
    startowe, 28  
    View, 80  
metoda  
    strefowa, 573  
    warstwowa, 573  
metodologia, 507  
migawka, 540, 541, 543  
    stan bieżący, 542  
model, *Patrz też:* bryła  
    bryłowy, 423, 579  
    parametryczny, 622, 623, 624, 626, 630  
    podgląd, 229  
modelowanie  
    obiektowe, 156  
    powierzchniowe, 571  
    powierzchniowego, 421

moduł, 30  
 Aerospace Sheet Metal Design, 545  
 Assembly Design, 299  
 Composites Design, 561  
 Digital Mock-Up Kinematics, 475  
 Digital Shape Editor, 584  
 Digitized Shape Editor, 583  
 Free Style, 583  
 Generative Shape, 583  
 Generative Shape Design, 421, 571  
 Part Design, 95, 227  
 pasek narzędzi, 31  
 Photo Studio, 296  
 Quick Surface Reconstruction, 583  
 multiwidok, 69  
 mysz, 63  
 kółko, 64  
 przycisk  
 lewy, 63, 64  
 prawy, 63, 64  
 środkowy, 63, 64

## N

bryła, 243  
 naprawiania Untrim, 464  
 narożnik, 449  
 narzędzie, *Patrz:* polecenie

## O

obiekt, 227  
 objętość skokowa, 503  
 obróbka cyfrowa, 276  
 obrót, 454, 469  
 obszar roboczy, 33  
 okrąg, 117, 224, 382, 448, 516  
 na bazie trzech stycznych, 118  
 o danych współrzędnych, 190  
 trzypunktowy, 117  
 wycinek, 448  
 operacja logiczna, 277, 278, 279, 280, 281  
 opis  
 semantyczny, 508, 520, 522  
 syntaktyczny, 509, 520, 530  
 orientation axis, *Patrz:* triada  
 oś, 120, 442, 516  
 otwór, 160, 162, 238, 384, 553, 554  
 owalny, 116

półkolisty podłużny, 188  
 rodzaj, 164  
 z wyinięciem, 556

## P

parabola, 194, 225  
 Part, *Patrz:* część  
 PartBody, 35  
 pasek narzędzi, 31, 212  
 2D Analysis, 137  
 2D Visualization Mode, 215  
 3D Geometry, 135  
 Advanced Surfaces, 472, 474  
 Annotations, 294, 530  
 Area Fill, 365  
 Axis and Threads, 362  
 blokowanie, 62  
 Boolean Operations, 278  
 Break view, 351  
 Catalog, 413  
 Chapter, 634  
 Circle, 117, 190  
 Circle-Conic, 448  
 Clippings, 348  
 Cloud Analysis, 596  
 Cloud Edition, 586  
 Cloud Import, 584  
 Cloud Reposit, 593  
 Conic, 118  
 Constraint, 144, 208  
 Constraints, 285, 305, 313  
 Curve Creation, 591, 598  
 Curves, 451  
 Details, 344  
 Developed Shapes, 472, 473  
 Dimension Edition, 387  
 Dimension Generation, 391  
 Dimension Properties, 368  
 Dimensioning, 374  
 Dimensions, 374  
 DMU Optimizer, 612  
 dostosowywanie, 93  
 Drafts, 254  
 Drawing, 329, 411  
 Dress-up, 362  
 Dress-Up Features, 166  
 Dynamic Sectioning, 295  
 Enhanced Scenes, 325

- Extracts, 467
- Extrude-Revolution, 454
- Fillets, 248
- Fold/Unfold, 558
- Generation, 391
- Geometrical Sets, 273
- Geometry Creation, 407
- Geometry for 3D Annotation, 514
- Geometry Modification, 407
- Graphic Properties, 59, 408
- GSD Tools, 571
- Insert, 271
- Join-Healing, 463
- Knowledge, 495, 617, 631
- Line, 119, 200
- Line-Axis, 442
- Material Library, 637
- Measure, 219, 287
- Move, 306
- niestandardowy, 653
- Numerical Properties, 369
- Offset2, 448
- Operation, 122
- Operations, 463, 597, 601
- Pads, 230
- Part Design Feature Recognition, 613
- Pattern, 409, 557
- Patterns, 266
- poziomy, 31
- Pockets, 235
- Point, 120, 203
- Points and Planes Repetition, 443
- położenie domyślne, 61
- poziomy, 31
- Predefined Profile, 187
- Product Knowledge Template, 648
- Profile, 112
- Project-Combine, 445
- Projections, 170, 333, 559
- Quick View, 69, 175, 540
- Reference Elements, 289
- Relimitations, 126
- Render, 296, 297
- Replication, 648
- Scale, 269
- Scan Creation, 589
- Scenes, 324
- Sections, 340
- Select, 206
- Shape Modification, 598
- Sketch tools, 106
- Sketch-Based Features, 157
- Spline, 192
- Split/Trim, 601
- Stampings, 556
- Surface, 454
- Surface Creation, 588, 595, 601
- Surfaces, 601
- Table, 402
- Text, 396
- Text Properties, 393
- Tolerance, 390
- Tools, 216, 290, 407
- Tools Palette, 332, 370, 407
- Transformation, 129
- Transformation Features, 167, 261
- Transformations, 262
- Trim-Split, 465
- ukryty, 31
- Update, 360
- User Selection Filter, 222
- View, 66, 80
- View Mode, 72
- View Modes, 293
- Views, 333
- Visu3D, 213
- Visualization, 143, 213, 404
- Wireframe, 426, 592
- Wizard, 354
- Workbenches, 95
- wzorcowy, 653
- plik
  - .CATDrawing, 27, 168, 327, 397, 505, 604, 640
  - .CATMaterial, 564, 565, 636
  - .CATPart, 27, 95, 326, 397, 505, 611, 627
  - .CATProduct, 27, 33, 299, 326, 477, 607, 611, 627, 643
  - tworzenie, 299, 300, 301
  - .CATSettings, 44
  - .Model, 27, 607
  - 3DXML, 611
  - CGR, 611
  - CSV, 403
  - części, 95, 98
  - DXF, 581, 604
  - format, 27, 34
  - IGES, 581, 607, 613
  - otwieranie, 35

- plik
  - pomocy, 39, 40
  - standardy ANSI, 165
  - STEP, 609, 613
  - tworzenie, 34
  - uszkodzenia, 613
  - zapisywanie, 37, 39
  - zarządzanie, 33
- plaszczyna, 516
  - cięcia, 543
  - odniesienia, 101, 184, 186, 572
  - pośrednia, 443
  - powtarzanie, 441, 443
  - tworzenie, 434
- polecenie, 32
  - 3D Curve, 598
  - Accelerate, 80
  - Add, 280
  - Add Part Family, 634
  - Advanced Front View, 340
  - Affinity, 270
  - Align With Constraints, 593
  - Aligned Section Cut, 344
  - Aligned Section View, 342, 520
  - All Views, 356
  - Along a Direction, 206
  - Anchor Point, 395
  - Angle Constraint, 315
  - Angle Dimensions, 380
  - Animate Constraint, 210
  - Apply Breakout, 353
  - Apply Material, 98
  - Arc, 192
  - Area Fill Creation, 365
  - Area Fill Modification, 367
  - Arrow, 367
  - Assemble, 278
  - Auto Constraint, 209
  - Auxiliary View, 336
  - Axis, 120, 442
  - Axis Line, 364
  - Axis Line and Center Line, 365
  - Axis System, 291
  - Axis to Axis, 264
  - Balloons, 399
  - Basic Surface Recognition, 588
  - Bead, 556
  - Bisecting Line, 120
  - Bi-Tangent Line, 119
  - Blend, 461
  - Body, 272
  - Boundary, 467
  - Break, 127
  - Breakout View, 352
  - Broken View, 351
  - Capture, 541
  - Catalog Browser, 294, 319, 413
  - Center Line, 362
  - Center Line With Reference, 363
  - Centered Parallelogram, 189
  - Centered Rectangle, 189
  - Chained Dimensions, 377
  - Chamfer, 124, 253
  - Chamfer Dimensions, 382
  - Chordal Fillet, 251
  - Circle, 117, 448
  - Circle Using Coordinates, 190
  - Circular Cutout, 553, 554
  - Circular Pattern, 268
  - Clipping Plane, 543
  - Clipping View, 348
  - Clipping View Profile, 349
  - Close Arc, 212
  - Close Spline, 193
  - Close Surface, 260
  - Coincidence Constraint, 313
  - Combine, 446
  - Complement, 212
  - Component, 303
  - Composites Parameters, 563
  - Conic, 197
  - Connect, 193
  - Connect Curve, 451
  - Connect with a Spline, 194
  - Connect with an Arc, 194
  - Constraint, 146
  - Constraints Defined in Dialog Box, 144
  - Constructed Geometry Creation, 514
  - Construction/Standard Element, 107
  - Contact Constraint, 150, 314
  - Continuity in Curvature, 194
  - Continuity in Point, 194
  - Continuity in Tangency, 194
  - Coordinate Dimension Table, 385
  - Coordinate Dimensions, 384, 536
  - Corner, 122, 449
  - Create a Power Copy, 648
  - Create Datum, 216, 647

- Create Detected Constraints, 407
- Create Interruption, 388
- Create Multi-View, 69
- Create/Modify Clipping, 389
- Cumulated Dimensions, 378, 536
- Current State, 542
- Curve on Mesh, 599
- Curve on Surface, 600
- Curvilinear Dimensions, 537
- Customize View Parameters, 74
- Cut Out, 552
- Cut Part by Sketch Plane, 213
- Cylinder, 455
- Cylindrical Elongated Hole, 188
- Cylindrical Joint, 482
- Datum Element, 533
- Datum Feature, 390
- Datum Target, 400, 533
- Decelerate, 80
- Define In Work Set, 294
- Depth Effect, 91
- Design Table, 631
- Detail View, 344
- Detail View Profile, 345
- Deviation Analysis, 596
- Diagnostics, 143
- Diameter Dimensions, 382
- Dimension Line, 368
- Dimensional Constraints, 143
- Dimensions, 377, 535
- Disassemble, 464
- Display View Frame as Specified for Each View, 178
- Draft Angle, 254
- Drafted Filleted Pad, 233
- Drafted Filleted Pocket, 235
- Dynamic Sectioning, 295
- Edge Fillet, 166, 248
- Edit Multi-Constraint, 211
- Edit Properties, 640
- Ellipse, 118
- Elongated Hole, 116
- Enhanced Scene, 324
- Equidistant Points, 203
- Examine Mode, 79
- Existing Component, 304
- Exit Workbench, 105, 155
- Extend, 598
- Extract, 467
- Extrapolate, 470, 597
- Extremum, 442
- Extrude, 454
- Fill, 458
- Fit All In, 66
- Fix Component, 305
- Fix Together, 208
- Fixed Part, 478
- Flag Note, 533
- Flag Note With Leader, 531
- Flanged Hole, 556
- Flattening, 577
- Fly, 80
- Fly Mode, 67, 75
- Fold/Unfold, 558, 559
- Font Size, 394
- Force Dimension Along a Direction, 372
- Force Dimension on Element, 371
- Force Horizontal Dimension in View, 371
- Force Vertical Dimension in View, 372
- Formula, 495, 496, 617
- Four Points, 199
- Frame, 395
- Frame and Title Block, 411
- Framed (Basic) Dimension, 530
- Free Hand Selection Trap, 207
- Front View, 171, 333
- Front, Bottom and Right, 356
- Front, Top and Left, 355
- Full Screen, 93
- Gear Joint, 486
- Generate Balloons, 392
- Generate Dimensions, 391
- Generate Dimensions Step by Step, 392
- Generate Numbering, 323
- Geometric Tolerance, 534
- Geometrical Constraints, 143
- Geometrical Set, 273
- Geometrical Tolerance, 390
- Geometry Connection Management, 537
- Geometry Overview, 84
- Grid, 106
- Groove, 230, 238
- Ground, 92
- Healing, 463
- Helix, 452
- Hexagon, 116
- Hide, 67
- Hide/Show, 93
- Hole, 160, 162, 238, 553, 554

## polecenie

Hole Dimension Table, 384  
 Horizontal Line, 201  
 Hyperbola by Focus, 196  
 Infinite Line, 200  
 Insert Symbol, 396  
 Instantiate 2D Component, 332  
 Intersect, 281  
 Intersect 3D Elements, 136  
 Intersection, 447  
 Intersection Point, 205  
 Intersection Point Detection, 373  
 Invert Orientation, 471  
 Isometric View, 175, 338  
 Isoparametric Curve, 600  
 Joggle, 553  
 Join, 463, 571  
 Keyhole Profile, 188  
 kontekstowe  
     Center Graph, 94  
     Reframe On, 94  
 Lighting, 90  
 Line, 113, 119, 430  
 Line Normal to Curve, 201  
 Line Through Two Points, 201  
 lista, 80, 653  
 Lock Current View Point, 216  
 Look At, 86  
 Low Light, 213  
 Low-Intensity Background, 215  
 Magnifier, 92  
 Manual Feature Recognition, 613  
 Manual Update Mode, 290  
 Mean Dimensions, 291  
 Measure, 221  
 Measure Between, 220  
 Measure Inertia, 287  
 Mechanism Dressup, 491, 493  
 Mirror, 129, 167  
 Multi-Pad, 234  
 Multiple Selection List, 249  
 Multi-Pocket, 236  
 Multi-Section Surface, 460  
 Multi-sections Solid, 243  
 Multiview Customization, 88  
 Named Views, 70, 87, 175, 540  
 Nearest End Point, 197  
 New Detail Sheet, 331  
 New Family, 637

New Material, 638  
 New Sheet, 329  
 New View, 331  
 Next View, 86  
 No 3D Background, 215  
 Normal View, 68  
 Numerical Display Description, 369  
 Offset, 134, 456  
 Offset Constraint, 315  
 Offset Section Cut, 343  
 Offset Section View, 340  
 Offset Section View/Section Cut, 519  
 Only Current Body, 217, 293  
 Only Current Operated Solid, 293  
 Opcja Thickness, 221  
 Oriented Rectangle, 115  
 Orthogonal Projection, 205  
 Output Feature, 217  
 Pad, 157, 230  
 Pan, 66  
 Parabola by Focus, 194  
 Parallel Curve, 448  
 Parallelogram, 187  
 Part, 304  
 Part Design, 95  
 Pickable Visible Background, 215  
 Planar Joint, 484  
 Planar Sections, 589  
 Plane, 434  
 Planes Between, 443  
 Ply, 573  
 Ply Data Export as IGES or DXF, 581  
 Pocket, 159, 230, 235  
 Point, 426  
 Point by Clicking, 120  
 Point by Using Coordinates, 121  
 Point Curve Joint, 485  
 Point Filter, 222  
 Points and Planes Repetition, 441  
 Polygon Selection Trap, 207  
 Positioned Sketch, 184  
 Power Fit, 595  
 Precision, 370  
 Previous View, 85  
 Prismatic Joint, 481  
 Producibility, 575  
 Product, 303  
 Profile, 112  
 Profile Feature, 217

- Project 3D Elements, 135
- Project 3D Silhouette Edges, 136
- Projected Dimension, 370
- Projection, 445
- Projection Point, 205
- Projection View, 173, 336
- Quick Clipping View, 349
- Quick Clipping View Profile, 350
- Quick Detail View, 345
- Quick Detail View Profile, 346
- Quick Print, 179
- Rack Joint, 488
- Radius Dimensions, 381
- Rectangle, 114
- Rectangle Selection Trap, 207
- Rectangular Pattern, 267, 557
- Reflect, 447
- Relimitation, 126
- Remove, 280
- Remove Breakout, 352
- Remove Clipping, 389
- Remove Family, 638
- Remove Interruption, 389
- Remove Material, 640
- Removed Multi-sections Solid, 246
- Rename Family, 637
- Rename Material, 640
- Re-route Dimension, 387
- Reset Compass, 83
- Revolute Joint, 480
- Revolve, 454
- Rib, 239
- Rigid Joint, 484
- Rotate, 68, 131, 133, 469
- Rotation, 263
- Roughness, 535
- Roughness Symbol, 400
- Scale, 132, 133
- Scaling, 269
- Screw Joint, 482
- Select, 206
- Select Scene, 297
- Selection Trap above Geometry, 206
- Semantic Datum, 523
- Shading, 72
- Shading with Edges, 73
- Shading with Material, 74
- Shaft, 230, 237
- Sheet Metal Parameters, 548
- Shell, 255
- Show Constraints, 404
- Simplification, 612
- Simulation With Commands, 494
- Simulation With Laws, 500
- Sketch, 105, 183
- Sketch Analysis, 138
- Sketch From Scan, 591
- Sketch Solving Status, 138
- Sketcher Grid, 404
- Slide Curve Joint, 486
- Slot, 241
- Snap to Point, 106, 407
- Solid Combine, 242
- Solid From Plies, 579
- Specifications Overview, 84
- Sphere, 455
- Spherical Joint, 483
- Spline, 192, 451
- Split, 259, 465
- Stacked Dimensions, 378, 536
- Stiffener, 241
- Surfacic Flange, 550
- Swap Visible Space, 67
- Sweep, 456
- Swept Volume, 503
- Symmetrical Extension, 119, 202
- Symmetry, 130, 264, 469
- Table, 402
- Table From CSV, 403
- Tangent Arc, 113
- Tangent Intersection Point, 198
- Tap-Thread Analysis, 289
- Text Parallel To Screen, 531
- Text With Leader, 398, 531
- Thick Surface, 260
- Thickness, 256
- Thread, 363
- Thread Dimension, 383
- Thread Representation Creation, 515
- Thread With Reference, 364
- Thread/Tap, 257
- Three Point Arc, 191
- Three-Point Arc, 114
- Three-Point Circle, 117
- Tolerance, 369
- Tolerance Description, 368
- Tolerancing Advisor, 522
- Trace, 500

## polecenie

Translate, 130, 133, 468  
 Translation, 262  
 Trim, 123, 124, 125, 127, 466  
 Tri-Tangent Circle, 118  
 Tritangent Fillet, 252  
 True Length Dimension, 373  
 tryb wielokrotnego wykorzystania, 45  
 Turn Head, 79  
 Two Points, 198  
 Unfold, 473  
 Unfolded View, 336, 559  
 Unpickable background, 215  
 Unpickable Low-Intensity background, 215  
 Update All, 290, 325  
 Update Current Sheet, 360  
 User Pattern, 269  
 Variable Radius Fillet, 250  
 Vertical Line, 201  
 View Creation, 517  
 View Creation Wizard, 354  
 View From 3D, 336  
 Viewpoint Snapping, 88  
 Walk Mode, 88  
 Web, 549  
 Weld, 401  
 Welding Symbol, 400  
 Wireframe, 74  
 Wrap Surface, 474  
 Zoom Area, 85  
 Zoom In/Out, 85  
 Zoom Out, 67

połączenie śrubowe, 266

power input field, *Patrz:* pole poleceń

## powierzchnia

chropowatość, 400, 535  
 dopasowanie do grupy punktów, 595  
 na podstawie przekrojów, 460  
 naprawianie, 463  
 prostokreślna, 548, 549  
 przedłużanie, 598  
 rozpoznawanie, 588  
 rozwinięcie, 473  
 tworzenie, 453, 601  
   przez ekstrapolację, 470, 597  
   przez wyciągnięcie, 454  
 wyodrębnianie, 467  
 zamykanie, 260  
 zawijanie, 474

prędkościomierz, 78

produkt, *Patrz:* zespół

profil, 217, 233, 241

  wzdłuż krzywej, 241

## projektowanie

  hybrydowe, 34, 97

  niehybrydowe, 35

## prostokąt, 114

  wyśrodkowany, 189

  zorientowany, 115

## prototypowanie, 579

## przeciągnięcie, 456

## przejście, 461

## przekładnia, 486

## przekrój, 346, 519, 520

  chmury punktów, 589

  dynamiczny, 295

  łamany, 342

  stopniowy, 340

## przerwanie, 351, 388, 389

## przesłonięcie, 348, 349, 350

  usuwanie, 350

## przetłoczenie, 556

## punkt, 516

  charakterystyczny, 533, 571, 572

  chmura, 584, 585, 586

  odniesienia, 572

  poprzez podanie współrzędnych, 121

  powtarzanie, 441, 443

  przecięcia, 205, 373

  równoodległy, 203

  rzutowanie, 205, 445

  tworzenie, 426

  współrzędne, 224

  zaczepienia tekstu, 395

**Q**

QSR, 583, 589, 591, 592, 596, 597, 598, 599, 601

**R**

ramka, 395

reguła, 500

renderowanie, 296, 297

rowek, 241

rozeta, 572

równoległobok, 187, 189

ruch  
     liniowy, 476  
     obrotowy, 476  
 rysunek, 328  
     montażowy, 416  
     techniczny, 168  
     wypełnienie, 365, 367  
     złożeniowy, 413  
 rzut  
     izometryczny, 170, 175, 176  
     prostokątny, 170  
     z przodu, 170, 171  
 rzutowanie, 445

## S

Scaling, 470  
 scena rozszerzona, 324  
 sceneria, 297  
 seed point, *Patrz:* punkt charakterystyczny  
 sfera, 455  
 siatka  
     pomocnicza, 101  
     przyciąganie, 106  
     robocza, 106  
     szkicowania, 404  
 Sketcher, 51  
 skorupa, 255  
 skrót klawiaturowy, 653  
 specification tree, *Patrz:* drzewo strukturalne  
 splajn, 192, 451  
     edycja, 225  
     zamknij, 193  
 spłaszczanie, 571, 572, 577  
 spoina, 400, 401  
 Standard for the Exchange of Product, *Patrz:* plik STEP  
 struktura szkieletowa, 642  
 strzałka, 367  
 styczna, 197  
 system, 642  
 szablon, 543  
     danych o produkcie, 648  
     Power Copy, 648  
 sześciokąt, 116  
 szewrony, 31  
 szkic, 101, 183, 227  
     analiza, 102, 137, 138, 140  
     komunikaty, 140

kolory, 103  
 modyfikowanie, 122  
 obrót względem osi, 237, 238  
 otworu, 162  
 pozycjonowany, 184  
 tryb SmartPicking, 107, 109  
 tworzenie, 102, 105  
 wizualizacja, 213, 215  
 ze skanu, 591  
 szkicownik, *Patrz:* Sketcher  
 szyk, 266  
     kołowy, 268  
     niestandardowy, 269  
     prostokątny, 267, 557

## Ś

środowisko  
     hybrydowe, 35, 97  
     niehybrydowe, 35  
 Product Structure, 95  
 robocze, 56

## T

tabela, 402  
     projektu, 628, 631  
     z pliku CSV, 403  
 tabliczka przekształceń, 64, 66  
 tekst, 393, 531  
     równoległy do ekranu, 531  
     symbol, 396  
     wprowadzanie, 396  
     z odnośnikiem, 398, 531  
 tolerancja, 369  
     geometryczna, 534  
 Transformation pad, *Patrz:* tabliczka przekształceń  
 triada, 31

## U

ujęcie, *Patrz:* migawka  
 układ współrzędnych, 31, 291, 572  
     tworzenie, 291  
 unieruchom  
     Explode, 306  
     Manipulation, 306  
 uproszczenie, 612

uskok, 553  
 usztywnienie, 241  
 uwagi, 294, 393

## W

walec, 455, 516  
 wał, 237  
 wgłębienie, 159, 235  
     z nachylonymi bokami i zaokrągleniami, 235  
     złożone, 236  
 widok, 170, 331, 416, 517, 543  
     aksonometryczny, 175  
     aktualizacja, 360  
     aktywny, 331  
     bieżący, 325  
     blokada, 359  
     cieniowany, 176  
     detalu, 344, 345, 346  
     izometryczny, 175, 338  
     konstrukcji blachowej, 559  
     kreator, 354  
     nazwa, 347  
     obracanie, 335  
     pomocniczy, 336  
     przesłonięcie, 348, 349, 350  
     ramka, 358, 405  
     rozwinęcia, 336, 559  
     rzutowany, 173, 336  
     skala, 335  
     tworzenie, 333, 517  
     układ, 355, 356  
     właściwości, 358  
     z przodu, 171, 333, 340  
     ze sceny 3D, 336  
     źródłowy modyfikacja odwołania, 346  
 więzy, 208, 211, 311, 313, 314  
     analiza, 152  
     animowane, 210  
     automatyczne, 209  
     cylindryczne, 482  
     dopasowanie chmury, 593  
     geometryczne, 102, 107, 142, 143, 146, 148  
     interpretowanie, 150  
     kątowne, 315  
     kinematyczne, 475, 478, 489  
         stopnie swobody, 475, 489  
         tworzenie, 479  
     koincydencji, 102, 313

kolory, 103  
 kontaktowe, 314  
 kulowe, 483  
 obrotowe, 480, 489  
 płaskie, 484  
 pryzmatyczne, 477, 481  
 przesunięcia, 315  
 przesuwne na krzywej, 486  
 punktowe na krzywej, 485  
 styczności, 102  
 symulujące  
     przekładnię, 486  
     zębatkę, 488  
 sztywne, 484  
 śrubowe, 482  
 tworzenie, 144, 286, 407  
     w oknie dialogowym, 144, 285  
 walcowe, 477, 489  
 wizualizacja, 143  
 wymiarowe, 102, 103, 107, 142, 143, 146, 152, 210  
     edytowanie, 153  
     wyświetlanie, 404  
     złożeniowe, 325, 478  
 workbench, *Patrz:* moduł  
 working area, *Patrz:* obszar roboczy  
 wymiarowanie, 367, 370, 371, 372, 373, 374, 377,  
     378, 387, 391, 535  
     długości, 379  
     dokładność, 370  
     fazowania, 382  
     gwintu, 383  
     kątowne, 380  
     od bazy, 378, 536  
     odległości, 379  
     promienia, 381  
     skumulowane, 378  
     średnicy, 382  
 wypełnienie, 365, 367, 458  
 wyrwanie, 351, 352, 353  
 wytłoczenie, 556  
 wyżłobienie, 238

## Z

zaokrąglenie, 122  
 zaznaczenie, 206  
     filtry, 222  
     odręczne, 207  
     prostokątne, 207  
     wielokątne, 207

zespół, 299, 301  
    tworzenie, 303  
    wstawianie składników, 302  
zestaw geometryczny, 35  
zębata, 488

złożenie, 475, 643  
zespół, 299

## Ż

zebro, 239



# PROGRAM PARTNERSKI

GRUPY WYDAWNICZEJ 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>

GRUPA WYDAWNICZA

 **Helion SA**

# Poznaj lidera wśród narzędzi dla inżynierów!

CATIA to bardzo zaawansowane narzędzie do wspomagania pracy inżyniera w zakresie tworzenia projektów, dokumentacji oraz symulacji metodą elementów skończonych. Pozwala ono także na programowanie obrabiarek sterowanych numerycznie. O potęgę tego narzędzia niech świadczy fakt, że znalazło ono zastosowanie w takich firmach jak Boeing, Airbus, Renault czy Cessna.

Jeżeli chcesz poznać najlepsze sposoby pracy z tym niesamowitym programem, to trafiłeś na wspaniałą książkę. Dzięki niej dostosujesz środowisko pracy do własnych potrzeb, poznasz dostępne narzędzia oraz zasady tworzenia projektów. W kolejnych rozdziałach zdefiniujesz więzy oraz wykorzystasz profile. Po opanowaniu podstaw pracy w programie CATIA przejdiesz do poznawania modułów Part Design, Assembly Design, Generative Shape Design oraz wsparcia w zakresie wymiarowania. Książka ta jest doskonałym podręcznikiem dla wszystkich użytkowników tego programu. Cenną wiedzę zdobędą zarówno ci zaawansowani, jak i początkujący. Poznaj potęgę tego narzędzia!

## Dzięki tej książce:

- poznasz możliwości narzędzia CATIA
- dostosujesz środowisko pracy do swoich potrzeb
- wykorzystasz dostępne moduły
- przygotujesz profesjonalny projekt

**Mc  
Graw  
Hill**

**helion.pl**  
księgarnia  
internetowa

Nr katalogowy: 26138



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/novosci>

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 978-83-246-8789-3



9 788324 687893

Cena: 119,00 zł

Informatyka w najlepszym wydaniu