



Modelowanie maszyn wieloczołowych (MMW)

Wykład 1



Dr inż. Łukasz Jedliński

1

Kontakt z prowadzącym zajęcia

Konsultacje - śr. 11¹⁵ – 12⁰⁰

Email – l.jedlinski@pollub.pl

Tel. 81 538 4499

Dodatkowe informacje – strona katedry
PKMiM



2



[1]



[2]

3

Informacje ogólne o przedmiocie

Terminy zaliczenia

Wykład

9.01.2026 – 1 termin zaliczenia
 23.01.2026 – 2 termin zaliczenia
 30.01.2026 – 3 termin zaliczenia

Laboratorium

14 zajęć – 1 termin zaliczenia
 15 zajęć – 2 termin zaliczenia
 4.02.2026 – 3 termin zaliczenia

4

Informacje ogólne o przedmiocie

Metody i kryteria oceny

Tematy

1. Wprowadzenie do zagadnienia CAX
2. Tworzenie złożenia w programie NX
3. Opcje wczytywania złożenia i edycji komponentów w NX
4. Polecenie Arrangements
5. Animacje złożenia – Assembly Sequence
6. Widok rozstrzelony – Exploded Views
7. Analiza luzu i kolizji – Assembly Clearance
8. Określanie właściwości związanych z masą
9. Parametryzacja projektu – polecenie Expressions
10. Parametryzacja projektu – polecenie Wave
11. Analiza ruchu – informacje ogólne
12. Analiza ruchu – typy par kinematycznych i innych więzów
13. Analiza ruchu – tworzenie wykresów parametrów ruchu

5

Informacje ogólne o przedmiocie

Literatura do przedmiotu MMW:

Informacje o programach CAD:

1. Sydor M. Wprowadzenie do CAD. Podstawy komputerowo wspomaganego projektowania . PWN, Warszawa 2009.

NX:

1. NX9 for beginners. CADFolks, 2014.
2. Modelowanie w systemie NX CAD / Damian Mazur, Marek Rudy. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2016.
3. Parametryczne projektowanie CAD z wykorzystaniem systemu Unigraphics NX / Jacek Pacana.
4. NX 9.0 : NX wyznacza kierunki rozwoju systemów CAD/CAM/CAE : ćwiczenia / Piotr Menchen. 2013.
5. Space Modeling with SolidWorks and NX. Duhovnik, Jože; Demsar, Ivan. Drešar, Primož. 2015
6. Simulations with NX/Simcenter 3D: kinematics, FEA, CFD, EM and Data management / Reiner Anderl, Peter Binde. 2018.
7. Siemens NX exercises : 200 practice drawings. Jha, Sachidanand. CADIN360, 2019.
8. Help programu NX.

6

Informacje dotyczące programów CAD, CAM, CAE

Podstawowe pojęcia

CAD (ang. computer-aided design) - projektowanie wspomagane komputerowo

Główne zastosowanie to tworzenie reprezentacji obiektów rzeczywistych poprzez m.in.:

- Modele bryłowe i powierzchniowe.
- Dokumentację techniczną.
- Złożenia.

CAM (ang. computer-aided manufacturing) - wytwarzanie wspomagane komputerowo

Główne zastosowanie:

- Tworzenie programów sterujących dla maszyn sterowanych numerycznie (NC)/komputerowo (CNC) – np. obrabiarek, współrzędnościowych maszyn pomiarowych (CMM), robotów przemysłowych.

CAE (ang. computer-aided engineering) - inżynieria wspomagana komputerowo

Główne zastosowanie to analiza zaprojektowanych modeli CAD poprzez obliczenia numeryczne, wyróżnia się m.in.:

- Metodę elementów skończonych (MES, ang. FEA) – obliczanie naprężeń, przemieszczeń, drgań, akustyka, przepływ ciepła, przepływy płynów.
- Multibody simulation (MBS) – metoda symulacji numerycznej do analizy kinematycznej i dynamicznej maszyn.
- Obliczeniowa mechanika płynów (ang. CFD - Computational Fluid Dynamics) - np. metoda elementów skończonych, metoda elementów brzegowych, metoda różnic skończonych, metody bezsiatkowe, metoda objętości skończonych lub objętości kontrolnych.

7

Informacje dotyczące programów CAD, CAM, CAE

Rozwój oprogramowania CAD, CAM, CAE

- Lata 50 dwudziestego wieku można przyjąć za początek programów CAD/CAM. W tym czasie w Massachusetts Institute of Technology przedstawiono koncepcję sterowania numerycznego frezarką 3-osiową.
- W latach 70 rozwój grafiki komputerowej spowodował wykorzystanie systemów CAD głównie do tworzenia grafiki inżynierskiej.
- W latach 80 nastąpił m.in. rozwój projektowania przestrzennego.

8

Informacje dotyczące programów CAD, CAM, CAE

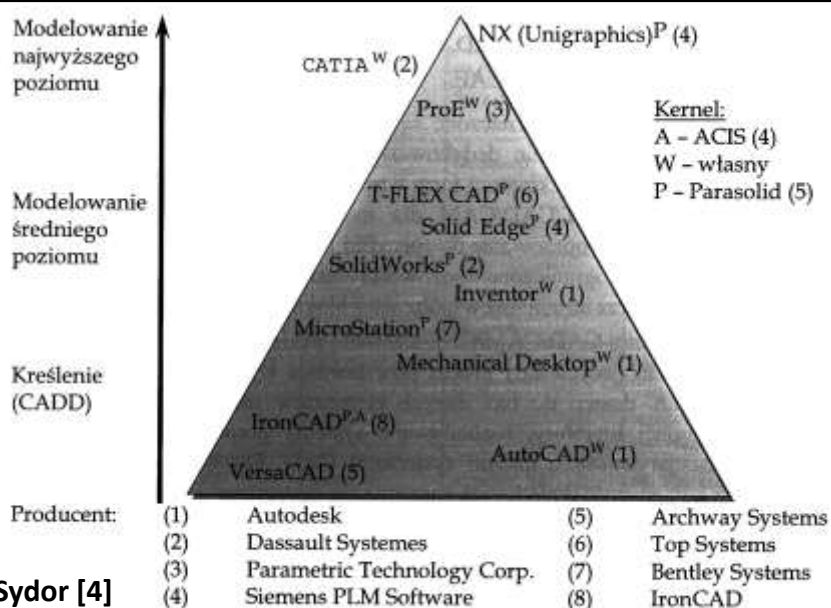
Na stronie www.3DCAD.pl dostępna jest lista programów CAD przekraczająca 100 pozycji.

Z komercyjnych, popularnych w Polsce programów CAX, uporządkowanych według producentów można wymienić:

- Siemens PLM Software: - NX (Unigraphics + I-Deas) CAD/CAM/CAE
(Niemcy, UGS-USA) - Solid Edge, głównie CAD
- LMS CAE
- ...
- Dassault Systemes: - Catia CAD/CAM/CAE
(Francja) - Solidworks CAD/CAE
- Simulia CAE (Abaqus jest jednym z produktów)
- ...
- Autodesk: - AutoCad CAD
(USA) - Inventor, głównie CAD
- ...
- PTC : - PTC Creo CAD/CAM/CAE (dawniej ProEngineer)
(Parametric Technology Corporation, USA) - ...
- ...

9

Informacje dotyczące programów CAD, CAM, CAE



Rysunek 58. Klasyfikacja oprogramowania CAX stosowanego w branży mechanicznej

10

Program NX 10 – wybrane informacje wstępne

Program NX jest zaawansowanym narzędziem, pozwalającym na wspomaganie prac, związanych z powstawaniem produktu na wszystkich jego etapach - od koncepcji po kontrolę gotowych wyrobów.

Uniwersalność programu NX powoduje, że jest on bardzo rozbudowany. Dlatego został podzielony na moduły (aplikacje) przeznaczone do poszczególnych zadań. Wybrane z nich to:

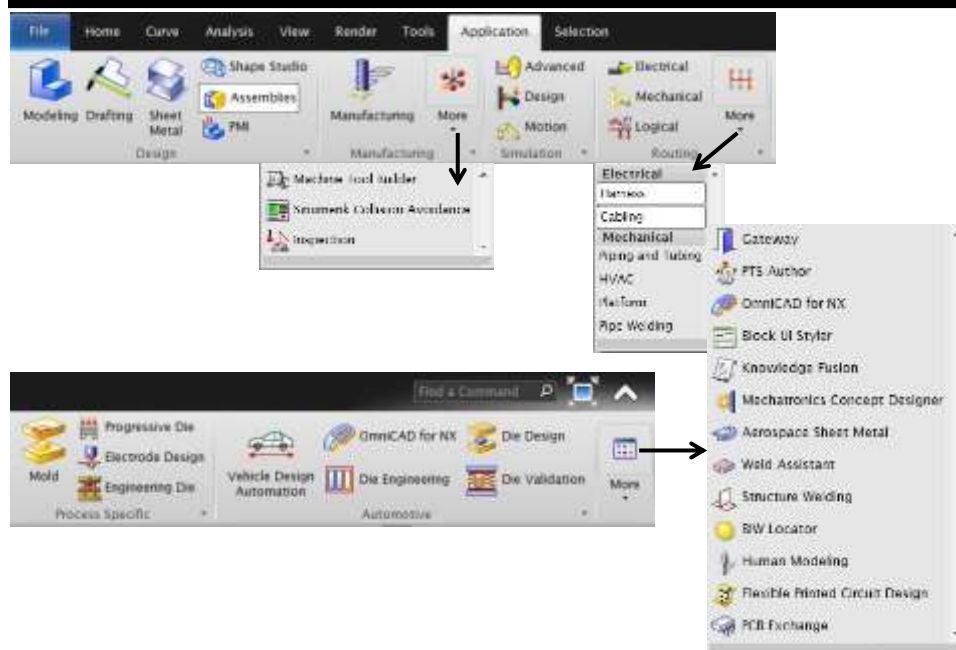
CAD: *Gateway, Modeling, Shape Studio, Assemblies, Drafting, Sheet Metal.*

CAM: *Manufacturing.*

CAE: *Advanced Simulation, Motion Simulation.*

11

Program NX 10 – wybrane informacje wstępne

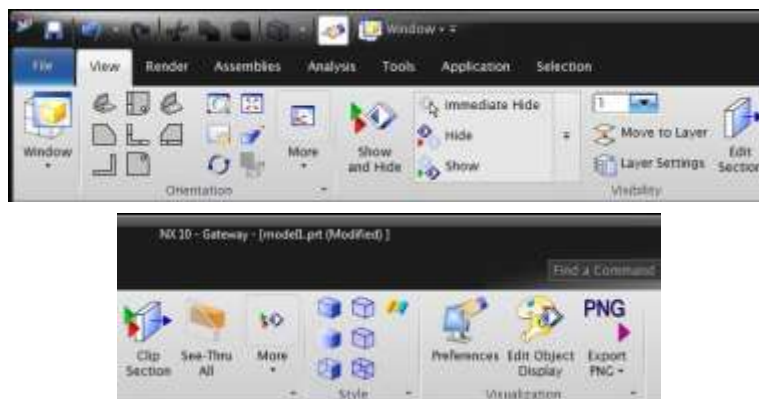


12

Program NX 10 – wybrane informacje wstępne

Gateway

Jest to moduł, w którym można tworzyć nowe pliki oraz przeglądać pliki z pozostałych modułów. Pozwala na sprawdzanie właściwości i analizę wykonanych modeli oraz tworzenie prezentacji. Nie można natomiast edytować lub tworzyć nowych modeli. Moduł *Gateway* uruchomi się jako pierwszy po otwarciu *NX* jeśli utworzony zostanie nowy plik *Blank* lub otworzony będzie plik zapisany w module *Gateway*.



13

Program NX 10 – wybrane informacje wstępne

Modeling

W tym module tworzy się i edytuje modele bryłowe i powierzchniowe. Dostępne są dwie podstawowe metody modelowania. Klasyczna z historią, gdzie tworzy się model poprzez dodawanie asocjatywnych względem siebie cech (występują zależności rodzic-dziecko; cechą może być np. układ współrzędnych, wyciągnięcie, gwint) oraz tryb bez historii, który nie jest preferowany do modelowania a spotykany często w sytuacji importu plików z innego programu. Dostępna jest również metoda modelowania synchronicznego, która w prosty sposób pozwala na edycję modeli bez historii (cech) jak i z historią.

Najczęściej tworzone modele bryłowe mogą powstać z brył prostych (tzw. prymitywów – walec, graniastosłup, ...) lub profili 2D zazwyczaj narysowanych w module *Sketcher*, którym nadawany jest trzeci wymiar np. poprzez „wyciągnięcie” wzdłuż wektora (polecenie *Extrude*).



14

Program NX 10 – wybrane informacje wstępne

Shape Studio

Aplikacja przeznaczona jest do wspierania projektowania koncepcyjnego i przemysłowego. Podobnie jak w module *Modeling* można tworzyć i edytować modele powierzchniowe i bryłowe. Dostępne są dwie podstawowe metody modelowania: z historią oraz tryb bez historii.

Najczęściej powstające modele powierzchniowe generowane są na podstawie krzywych i/lub punktów lub innych powierzchni. Bardzo często wykorzystywane są krzywe B-sklejane (splajny) w procesie tworzenia powierzchni.



15

Program NX 10 – wybrane informacje wstępne

Assemblies

Tworzenie złożeń części wykonywane jest za pomocą aplikacji *Assemblies*. Dostępna jest ona w następujących aplikacjach, jako zestaw komend w postaci dodatkowej karty (zakładki) lub grupy poleceń na istniejącej karcie: *Gateway*, *Modeling*, *Drafting*, *Manufacturing*, *Sheet Metal*, *Shape Studio*.

Są dwie metody tworzenia złożeń: od dołu i od góry. W metodzie od dołu utworzone wcześniej części łączone są w zespół. Natomiast w metodzie od góry części tworzone są z poziomu złożeń. Możliwa jest zmiana metody w trakcie wykonywania złożeń. Między częściami ustalane są przez użytkownika odpowiednie relacje oraz hierarchia.

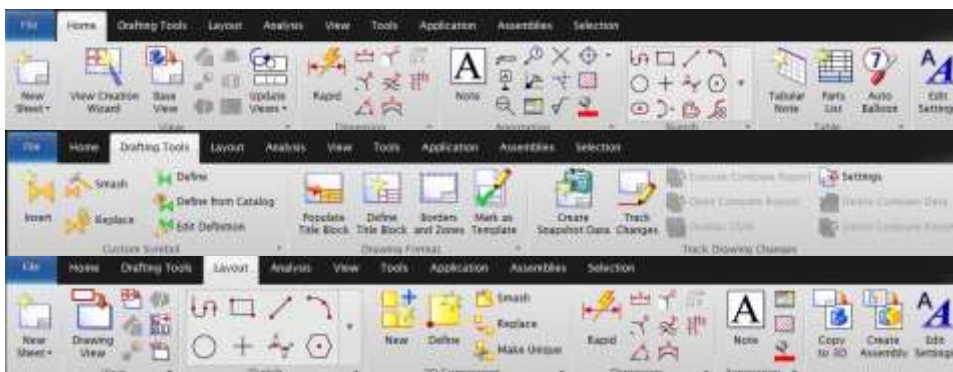


16

Program NX 10 – wybrane informacje wstępne

Drafting

Moduł *Drafting* używany jest do wykonywania dokumentacji technicznej. Są dwie możliwości generowania rysunków technicznych. Mogą one być generowane na podstawie modeli 3D (model-based process), gdzie mamy możliwość definiowania dowolnej liczby rzutów, zmiany skali, ukrywania bądź dorysowywania krawędzi. Jeżeli wystąpią zmiany w modelu 3D dokumentacja jest aktualizowana automatycznie. W drugim wariancie (stand-alone process) rzuty są tworzone poprzez komendy do rysowania 2D. Istnieje możliwość wygenerowania modelu 3D na podstawie rzutów.

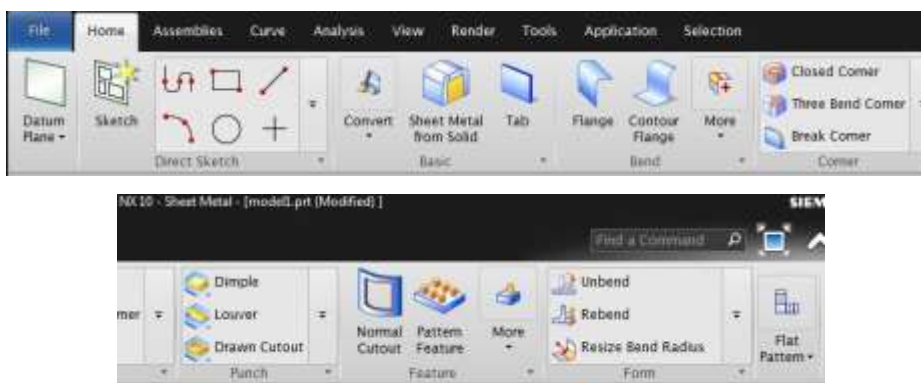


17

Program NX 10 – wybrane informacje wstępne

Sheet Metal

Jest to moduł przeznaczony do projektowania części wytwarzanych z blach za pomocą obróbki plastycznej. Możliwe jest modelowanie przetłoczeń, zgięć i innych charakterystycznych operacji technologicznych. Moduł ten posiada narzędzia do tworzenia rozwinięć części blaszanych w celu określenia wielkości potrzebnego arkusza materiału.

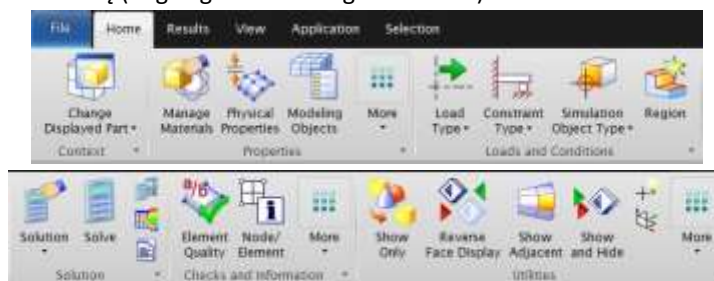


18

Program NX 10 – wybrane informacje wstępne

Advanced Simulation

W tym module wykonywane są symulacje z użyciem metody elementów skończonych, gdzie standardowym solverem jest NX Nastran (istnieje możliwość stosowania również innych solverów jak: MSC Nastran, Samcef, ANSYS, Abaqus, LS-DYNA). Rozwiązywane są zagadnienia związane są z: analizą liniową i nieliniową oraz statyczną i dynamiczną, analizą modalną, przepływem ciepła, wyboczeniem, optymalizacją geometryczną. Do analizy dotyczącej przepływu płynów solverem jest NX Flow bazujący na metodzie objętości skończonych opartej na elementach (ang. element-based finite volume method) w połączeniu z algebraiczną metodą wielosiatkową (ang. algebraic Multigrid method)



19

Program NX 10 – wybrane informacje wstępne

Motion Simulation

W aplikacji tej przeprowadzane są obliczenia za pomocą metody multibody simulation. Na podstawie modeli 2D lub 3D możliwa jest analiza kinematyczna i dynamiczna mechanizmów. W szczególności uzyskuje się informacje o: przemieszczeniu, prędkości i przyspieszeniu, siłach reakcji, bezwładności, kolizji, zakresie ruchu. Dostępne są takie elementy jak: sprężyny, tłumiki drgań, silniki, wibroizolatory. Możliwe jest odwzorowanie kontaktów 2D i 3D oraz zastosowania sterowania utworzonego w programie MATLAB Simulink. Człony odkształcalne również mogą być odwzorowane w mechanizmie za pomocą metody elementów skończonych. Obecnie mogą być stosowane solvery: RecurDyn, LMS Motion, ADAMS.

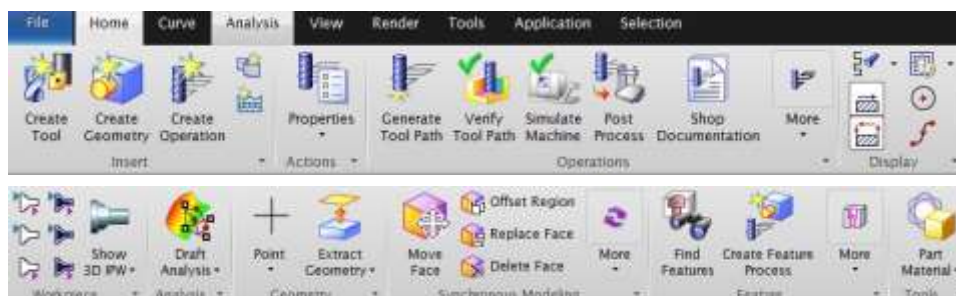


20

Program NX 10 – wybrane informacje wstępne

Manufacturing

Projektowanie obróbki części wcześniej utworzonych odbywa się w module Manufacturing. Generowane są programy na obrabiarki sterowane numerycznie, możliwa jest również symulacja obróbki w celu weryfikacji możliwych błędów. Wspierane są takie procesy jak: frezowanie, toczenie, wiercenie, elektrodrążenie drutowe, pomiary maszynami współrzędnościowymi.



21

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Uruchamianie programu

Program NX 10 uruchamiamy poprzez dwukrotne kliknięcie na ikonę umieszczoną na pulpicie



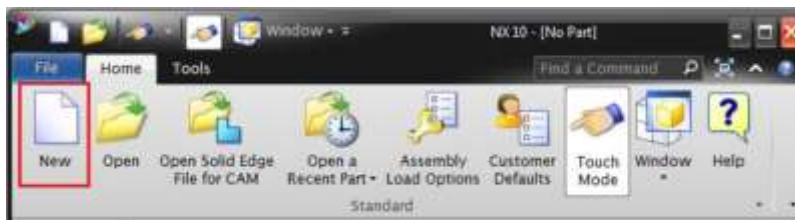
albo poprzez wybór z menu start (Windows 7):
Start\Wszystkie programy\Siemens NX 10.0\NX 10.0

22

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Tworzenie nowego pliku

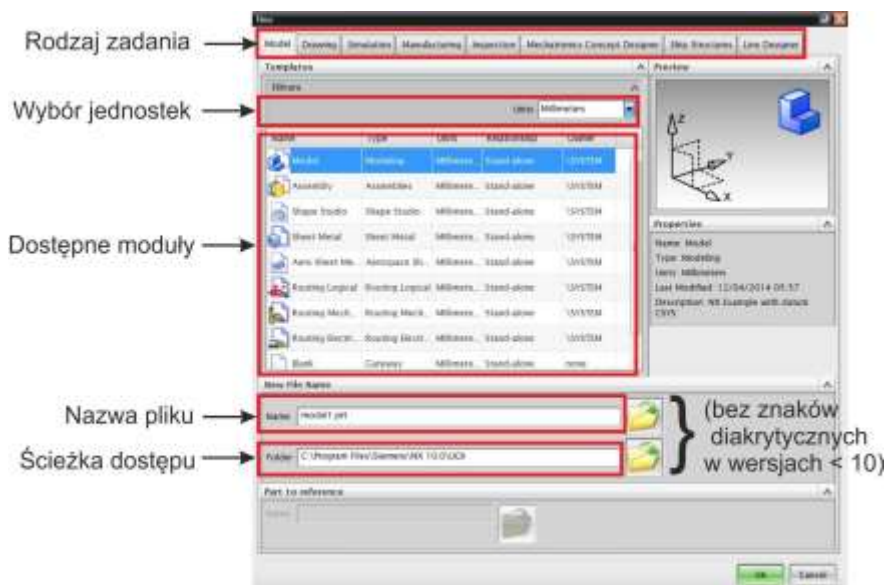
Nowy plik możemy utworzyć klikając na ikonę **New** na karcie **Home** lub wybierając z paska menu **File→New** (skrót **Ctrl+N**).



23

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Tworzenie nowego pliku



24

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Interfejs programu

Okno programu, przy ustawieniach standardowych, składa się z trzech głównych obszarów:

- obszaru roboczego,
- wstążki,
- menu zasobów.

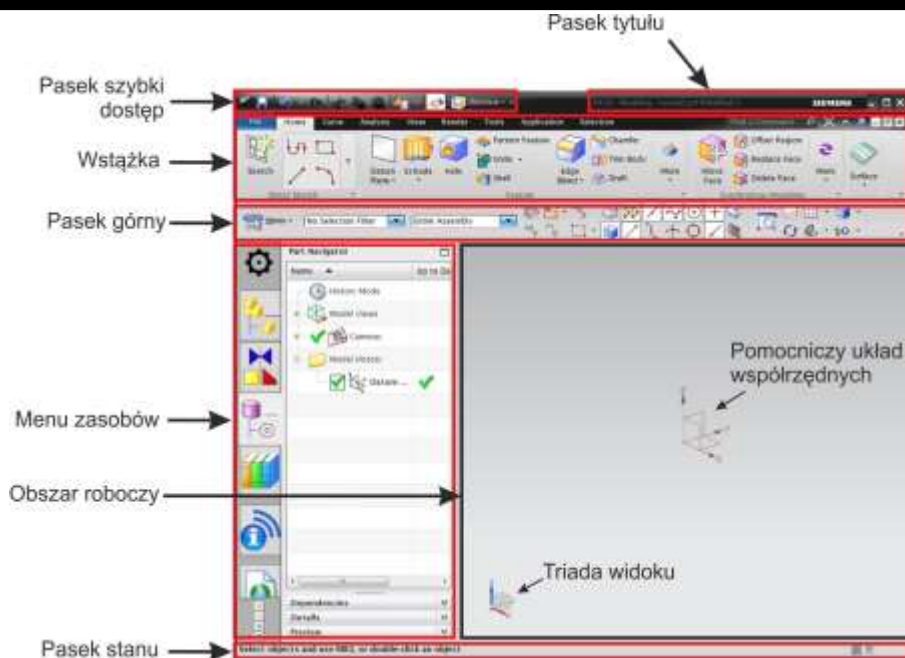
Istnieje możliwość zastąpienia wstążki klasycznymi paskami narzędzi (tylko w systemie operacyjnym Windows):

File/Utilities/Customers Defaults/Gateway/User Interface



25

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

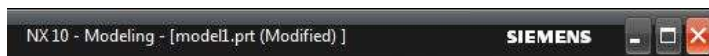


26

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Pasek tytułu

wyświetla informacje o wersji programu np. *NX 10*, uruchomionym module np. *Modeling*, nazwie uruchomionego pliku np. *model1.prt*. Za nazwą pliku wyświetlana jest informacja o stanie pliku. *Modified* oznacza, że plik został zmodyfikowany i/lub niezapisany a *Read Only*, że plik jest tylko do odczytu i nie można zapisać zmian.



Pasek szybki dostęp

Zawiera zestaw najczęściej używanych komend jak zapisz (*save*) czy cofnij krok (*undo*).



27

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Wstążka

Rozwiązanie znane z pakietu Microsoft Office, polecenia grupowane są na kartach (zakładkach) oraz w grupach przycisków.



28

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Pasek górny

Dostępne są na tym pasku: klasyczne menu rozwijane, narzędzia selekcji, polecenia widoku i przydatne polecenia.

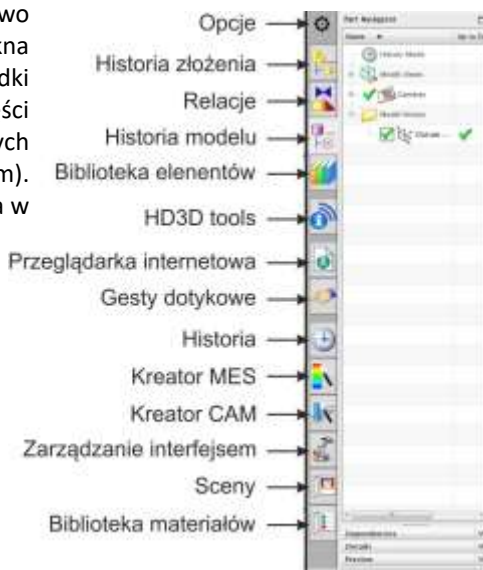


29

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Menu zasobów

jest to boczne menu standardowo umieszczone po lewej stronie okna roboczego. Znajdują się w nim zakładki zawierające np. nawigator części i złożenia, historię ostatnio otwieranych plików, role (zarządzanie interfejsem). Liczba i rodzaj zakładek może być różna w zależności od wybranego modułu.

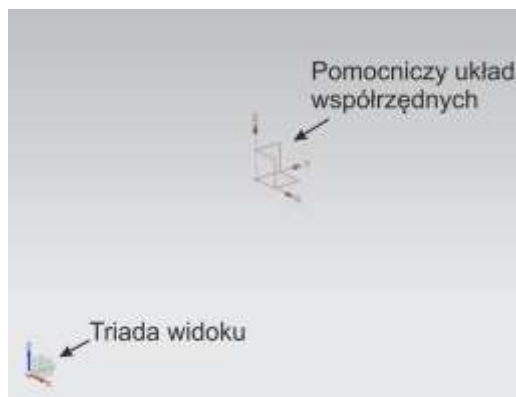


30

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Obszar roboczy

jest miejscem, w którym wyświetla się, tworzy i analizuje modele. W lewym dolnym rogu tego okna znajduje się triada widoku. Położenie osi triady jest zgodne z osiami absolutnego układu współrzędnych. Umożliwia to ocenę orientacji modeli w przestrzeni. Należy jednak pamiętać, że położenie triady nie pokrywa się z początkiem absolutnego układu współrzędnych.

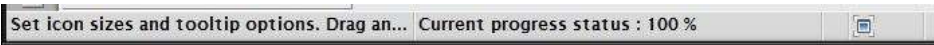


31

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Pasek stanu

Przekazuje informacje o stanie procesu, jak również wyświetla komunikaty pozwalające na dokończenie rozpoczętej operacji.



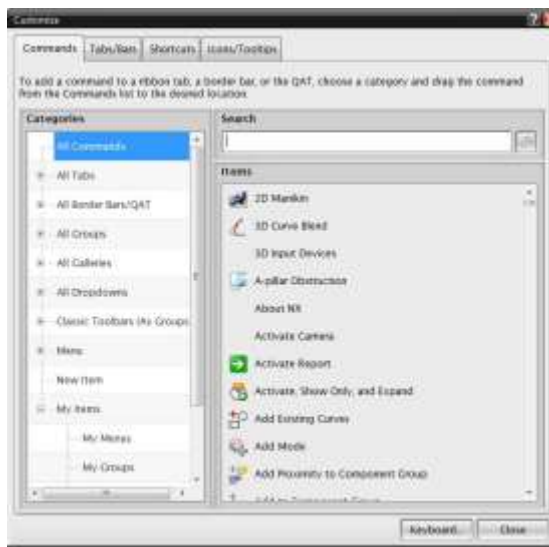
32

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Zarządzanie interfejsem programu

Polecenie *Customize* (np. File/Customize, skrót Ctrl+1) umożliwia dokonywanie zmian:

- we wstążce (dodawanie/usuwanie zakładki i poleceń, tworzenie nowych kart),
- w menu podręcznym,
- w wielkości ikon,
- skrótach klawiaturowych,
- podpowiedziach.



33

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Zarządzanie interfejsem programu

Do zapamiętania ustawień wprowadzonych w interfejsie użytkownika służy polecenie *Roles*. Można tworzyć własne role lub stosować domyślne dostępne w programie.

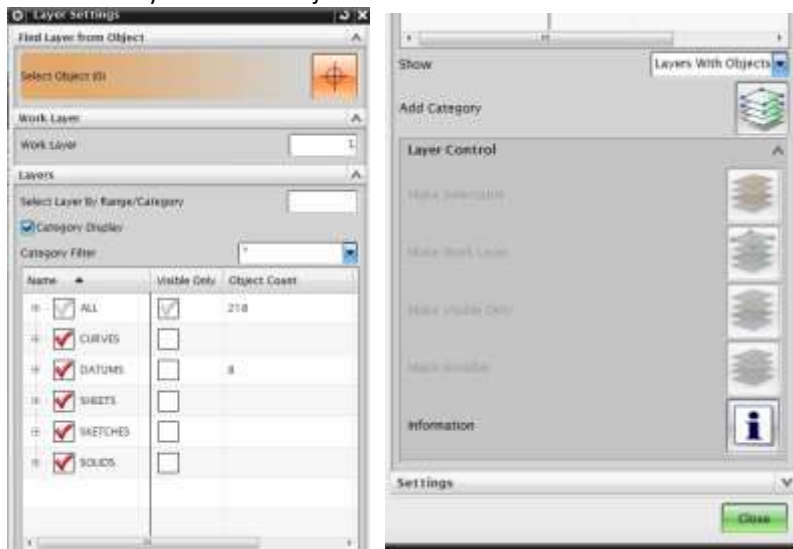


34

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Warstwy – Layers (View/Layer Settings – Ctrl+L)

W programie NX obiekty tworzone są w warstwach. Ułatwia to zarządzanie składnikami. Wszystkich warstw jest 256.



35

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Warstwy – Layers (View/Layer Settings – Ctrl+L)

Warstwy domyślnie pogrupowane są w kategorie widoczne w tabeli.

Nazwa kategorii	Warstwy przynależne
Modele bryłowe (Solid)	1 – 10
Modele powierzchniowe (Sheets)	11 – 20
Szkice/profil (Sketches)	21 – 40
Krzywe (Curves)	41 – 60
Elementy pomocnicze (Datum)	61 – 80
Wszystkie (All)	1 – 256

36

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Warstwy – Layers (View/Layer Settings – Ctrl+L)

Można dowolnie edytować kategorie dodając nową lub usuwając czy zmieniając liczbę warstw w kategorii. Nie jest możliwa edycja specjalnej kategorii *All*, która zawsze zawiera wszystkie warstwy.

Domyślną warstwą roboczą jest warstwa numer 1. Każda warstwa może mieć jeden z czterech statusów:

Work – warstwa robocza, powstają na niej wszystkie obiekty,

Selectable - warstwa wybieralna, obiekty są widoczne i mogą być użyte do tworzenia innych obiektów,

Visible Only – warstwa tylko widoczna, obiekty są widoczne ale nie można ich użyć do tworzenia innych obiektów,

Invisible – warstwa niewidoczna, obiekty na tej warstwie są niewidoczne.



Nadając status *Work* innej warstwie poprzednia zmienia status na *Selectable*. Warstwie o statusie *Selectable* możemy wtedy nadać status *Visible only* lub *Invisible*.

37

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Skróty klawiaturowe

Używanie skrótów klawiaturowych przyspiesza pracę. Poniżej znajduje się tabela z najbardziej popularnymi skrótami.

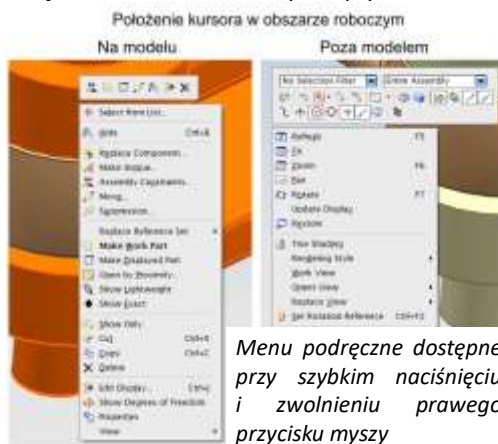
Skrót klawiaturowy	Funkcja - opis
F1	On Context – pomoc kontekstowa
F3	Hide dialog box – ukrywanie okna dialogowego
F5	Refresh – odświeżenie obszaru roboczego
F6	Zoom – wywołanie funkcji powiększ/pomniejsz
F7	Rotate – uruchomienie funkcji obrót
F8	View Snap – ustawienie widoku prostopadłego do standardowej rzutni lub zaznaczonej ścianki
Ctrl+Z	Undo – cofanie kroku
Ctrl+Y	Repeat – ponawianie kroku
Ctrl+S	Save – zapisuje bieżący dokument
CTRL+F	Fit – wyświetla wszystkie obiekty w oknie roboczym

38

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Funkcje myszy

Aby efektywnie użytkować program NX, potrzebna jest mysz trzy przyciskowa albo z rolką. Lewy przycisk myszy używany jest do zaznaczania obiektów i aktywowania poleceń. Natomiast prawy przycisk uruchamia menu podręczne, którego zawartość zależy od aktywnej aplikacji i obiektu, na którym znajduje się kursor. Również czas kliknięcia w obszarze roboczym wpływa na rodzaj wyświetlanego menu



Menu podręczne dostępne przy szybkim naciśnięciu i zwolnieniu prawego przycisku myszy



Menu podręczne widoczne przy dłuższym naciśnięciu prawego przycisku myszy

39

Program NX 10 - Rozpoczęcie pracy z systemem

Funkcje myszy

Przy braku manipulatora 3D do sterowania modelem w obszarze roboczym (obróć, przybliżanie i oddalanie, przesunięcie) używa się odpowiednich przycisków myszy. Wybieranie poleceń do tych zadań z pasków narzędzi np. *Pan* do przesunięcia spowalnia pracę. Na rys. przedstawione są sposoby użycia myszy do tych operacji.



40

Literatura

- [1] Sydor M. Wprowadzenie do CAD. Podstawy komputerowo wspomaganego projektowania . PWN, Warszawa 2009.
- [2] Help programu NX10. Siemens PLM Software.
- [3] <http://www.poniedzialek.pl/>
- [4] <http://pej.cz/>
- [5] <http://3dcad.pl/oprogramowanie/cad/>