

Ćwiczenie nr 16 - Modele przestrzenne (3D)

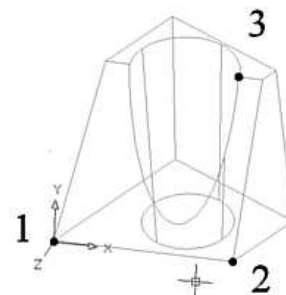
Rysowanie w przestrzeni – LUW

Poznane dotąd obiekty graficzne były dwuwymiarowe (płaskie) i musiały być tworzone – z małymi wyjątkami¹ – na tzw. *plaszczyznie konstrukcyjnej* (patrz opis w ćw. 3), którą jest płaszczyzna XY aktualnego układu współrzędnych. Wymóg tworzenia ich w płaszczyznie konstrukcyjnej nie narzuca ograniczeń co do ich położenia ani orientacji w przestrzeni. Wręcz przeciwnie. Zmiana aktualnego układu współrzędnych LUW pozwala na przestawienie i przeorientowanie płaszczyzny konstrukcyjnej i tym samym na umieszczanie obiektów płaskich w przestrzeni w dowolny sposób. Zatem w modelowaniu przestrzennym decydującym elementem jest umiejętność zmiany lokalnego układu współrzędnych LUW.

Do tego celu służy polecenie **luw**. Pozwala ono między innymi przesunąć równolegle układ współrzędnych w nowe miejsce (opcje: **przesuń** lub **Nowy → Początek ...**); dokonać jego obrotu wokół dowolnej osi (opcje: **Nowy → X, Y** lub **Z**); dopasować LUW do powierzchni (opcje: **Nowy → POWierzchnia**) lub zdefiniować go przez trzy punkty (opcje: **Nowy → 3punkty**).

Ostatni sposób jest bardzo wygodny i polega na wskazaniu trzech punktów (rys.1.), z których pierwszy „1” wyznacza nowy początek układu O, pierwszy „1” z drugim „2” kierunek osi X zaś trzeci „3” wraz z pozostałymi płaszczyznę XY i jednocześnie stronę na tej płaszczyznie względem osi X, w którą ma być skierowana oś Y. Punkt „3” nie musi leżeć na nowej osi Y.

Dodatkowo istnieje możliwość zapamiętania zdefiniowanego LUW pod wybraną przez użytkownika nazwą i późniejszego jego przywołania (polecenia **menluw** lub **luw**). Jest to ważne, albowiem modele przestrzenne wymagają zdefiniowania dużej ilości LUW’ów, stąd dla efektywnego projektowania istotne jest sprawne posługiwanie się nimi. W pasek **LUW II** pozwalają przywołać nazwane oraz inne predefiniowane LUW’y.

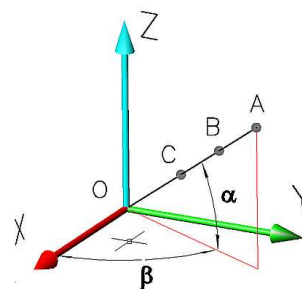


Rys.1. Definiowanie LUW przez 3 punkty

Widoki modelu

Najprościej mówiąc widok to jest to co widać na ekranie a właściwie w oknie rzutni. Dokładniej, widok przedstawia fragment rzutu modelu na płaszczyznę ekranu. Rzut będąc płaskim obiektem nie zawsze jednoznacznie prezentuje wygląd modelu, stąd praktycznie nie da się stworzyć modelu 3D bez zmiany widoku. Termin widok obejmuje wiele elementów i są to: *kierunek rzutowania*, *rodzaj rzutowania*, *tryby prezentacji (cieniowania)* oraz *powiększenie i obszar rzutu*.

Kierunek rzutowania jest określony kierunkiem prostej normalnej do płaszczyzny ekranu. Można go zmieniać poleceniami: **3dorbita** – dynamiczny wybór; **pktobs** – opcja trójnóg pozwala na dynamiczny wybór orientacji LUW względem płaszczyzny ekranu lub wpisanie współrzędnych punktu obserwacji z klawiatury oraz **odpktobs** – wersja okienkowa pozwalająca na wybór kierunku przez podanie kąta α jego nachylenia do płaszczyzny XY oraz nachylenia β jego rzutu na pł. XY do osi X (rys. 2). Należy pamiętać, że prosta kierunku rzutowania jest wyznaczona punktem O aktualnego LUW oraz punktem obserwacji² dlatego jego rolę można pełnić jakkolwiek punkt leżący na tej prostej (np. A, B, C lub inny – rys. 2) a jego odległość od początku LUW nie ma znaczenia. W tym sensie punkt np.: (1, 0.5, 0) jest równoważny (100, 50, 0) itd.

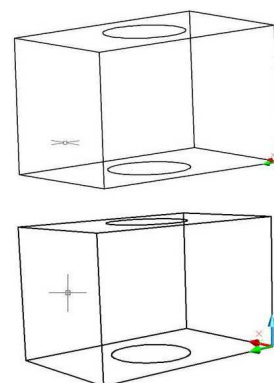


Rys.2. Wyznaczanie kierunku rzutowania prostą AO lub równoważnie BO, CO

¹ Linia jest typowym przykładem obiektu, który nie musi trzymać się płaszczyzny konstrukcyjnej.

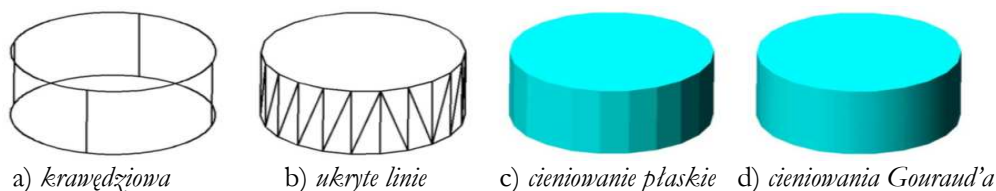
² Dotyczy polecenia **pktobs**

AutoCAD oferuje dwa rodzaje rzutowania: *równoległy* i *perspektywny* (rys. 3.) O ile równoległy należy uznać za podstawowy typ rzutowania w czasie tworzenia i edycji tak perspektywny jest przydatny jedynie przy tworzeniu ostatecznych widoków na arkuszu. Wynika to z szeregu ograniczeń np. w rzutowaniu perspektywnym nie można wskazywać punktów przez tryby lokalizacji nie można wybierać obiektów a także nie można stosować suwaków oraz poleceń **zoom** i **nfragm**. Zmianę rodzaju rzutowania można uzyskać poleceniem **dwidok**, ale najlepiej robić to poleceniem **3dorbita** (menu kursora), które jest bardziej intuicyjne.



Rys.3. Sposoby rzutowania równoległe (górnym) i perspektywiczne (dolnym)

Program oferuje trzy główne tryby prezentacji: *krawędziowa*, *ukrywanie linii* oraz *cieniowanie kolorem*. W trybie krawędziowym pokazane są tylko krawędzie oraz linie siatkowe³. Są dwa rodzaje prezentacji krawędziowej 2D oraz 3D. W trybie 3D nie stosuje się wypełniania stąd tekst pisany True Type jest pusty w środku. W trybie ukrywania linii część krawędzi jest zasłonięta, ale niektóre powierzchnie pokrywane są dodatkową siatką (rys 4.b). W trybie cieniowania kolorem (rys 4.c,d) są dwie możliwości cieniowania płaskie i Gouraud'a. Różnice między nimi pokazuje rysunek 4. Przelączenie między różnymi sposobami cieniowania uzyskuje się poleceniem **stycieniowania**.



Rys.4. Formy prezentacji (trybu cieniowania na przykładzie walca)

Zmianę powiększenia rzutu modelu oraz wyboru jego fragmentu dokonuje się znanymi już poleceniami **zoom** lub **nfragm**. Można do tego celu wykorzystać też polecenie **3dorbita** z opcjami dostępnymi w menu kursora.

Jak widać polecenie **3dorbita** jest dość uniwersalne i pozwala na wykonanie wielu operacji. Polecenie to wyświetla na ekranie zielony okrąg, który ma na godz. 12, 3, 6 i 9 umieszczone małe kółka. Wodząc myszką (z wciśniętym lewym przyciskiem) wewnątrz dużego okręgu powodujemy obrót widoku wokół poziomej osi ekranu – ruchy góra dół lub pionowej osi ekranu – ruchy lewo prawo. Ruchy ukośne powodują jednoczesny obrót wokół obu osi. Wodząc myszką na zewnątrz okręgu obracamy widok wokół osi prostopadłej do ekranu. Jeżeli wciśniemy lewy przycisk na jednym z małych kółek to możliwe będą obroty TYLKO wokół osi pionowej albo poziomej ekranu (patrz na kształt kursora myszy).

Podobnie jak LUW'y, widoki można także zapamiętywać pod wybranymi przez użytkownika nazwami by potem w razie potrzeby przywoływać je. To znacznie ułatwia manipulowanie widokami i przyspiesza prace z modelem. Do tego celu służy polecenie **widok**. Szybki wybór widoku jest możliwy przez listę widoków umieszczoną w pasku **Widok**.

Dopasowywanie widoku i LUW

Często zachodzi potrzeba ustawienia widoku równoległe do płaszczyzny XY aktualnego LUW czyli tzw. *widoku planarnego*. Można to uzyskać poleceniem **plan**. Można też zmusić program do automatycznego ustawienia widoku równoległe do aktualnego LUW po każdej zmianie LUW jeśli w oknie LUW (polecenie **menluw**) w zakładce **Ustawienia** zaznaczymy pozycję

Wywołaj plan płaszczyzny konstrukcyjnej po zmianie LUW.

³ Linie siatkowe są to krzywe powstałe przez przecięcie danej powierzchni z rodzinami płaszczyzn ortogonalnych. Stosuje się to do powierzchni krzywoliniowych nie posiadających krawędzi jak np. sfera w celu zaznaczenia ich obecności.

Czasami zachodzi potrzeba odwrotna tzn. tak ustawić LUW, aby był on równoległy do płaszczyzny ekranu. Temu służy polecenie **luw** z opcją (opcje: **Nowy** → **wiDok**).

Wprowadzanie punktów z poza płaszczyzny konstrukcyjnej

Trzeba pamiętać, że kursor myszy porusza się zawsze po płaszczyźnie konstrukcyjnej, która pokrywa się z pł. XY aktualnego LUW. Można ją jednak przenieść równoległe ponad lub pod pł. XY przy pomocy polecenia **poziom** lub lepiej zmienną systemową ELEVATION podając nową wartość współrzędnej Z przez, którą przejdzie płaszczyzna konstrukcyjna. Będzie to domyślna wartość tej współrzędnej dla punktów wprowadzanych z klawiatury przy użyciu skróconego formatu wpisywania współrzędnych w postaci **x,y** lub **r<φ**.

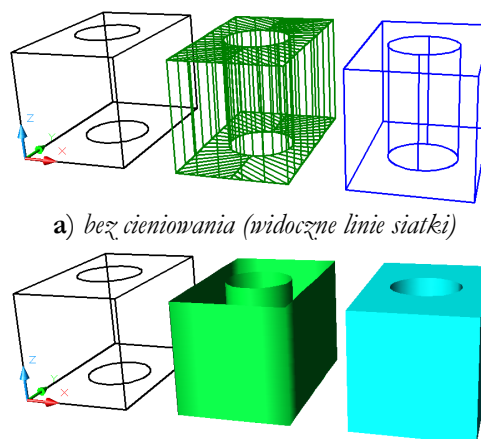
Klikając swobodnie na ekranie uzyskujemy zawsze współrzędne pobrane z płaszczyzny konstrukcyjnej o wartości Z równej poziomowi nawet jeśli wydaje się, że kursor znajduje się poza nią. Takie mylne wrażenie można często odnieść przy widokach nieplanarnych. Na przykład na rys. 3. kursor widoczny w rzucie równoległym nie znajduje się w środku bryły, ale za nią na wysokości jej dolnej podstawy. Zatem, aby wprowadzić punkt z poza płaszczyzny konstrukcyjnej musimy wprowadzić punkt z klawiatury podając jego wszystkie współrzędne. Możemy też wykorzystać punkty leżące poza płaszczyzną konstrukcyjną stosując **filtry** lub **tryby lokalizacji** pozwalające na uchwycenie charakterystycznych punktów obiektów już z narysowanych (patrz ćw. 2 – **Rysowanie precyzyjne**).

Rodzaje modeli przestrzennych

Są trzy rodzaje modeli 3D: *krawędziowy*, *powierzchniowy* i *bryłowy*. Model krawędziowy tworzy się z obiektów liniowych czyli krzywych takich jak linie, okręgi, elipsy itp. Przy jego pomocy buduje się szkielety brył o wyraźnie określonych krawędziach (jak graniastosłup, ale już nie ostrosłup). Przypomina to budowanie brył z drutu stąd nazwa „model drucikowy”. Tak zbudowanej bryły nie można cieniować ani ukrywać jej krawędzi niewidocznych. Wynika to z faktu, że bryła jest tylko zbiorem krzywych. W przypadku brył nie posiadających krawędzi, np. kula, jedynym sposobem na jej zamodelowanie jest użycie tzw. linii siatkowych, dla kuli będą to linie odpowiadające południkom i równoleżnikom siatki geograficznej.

W **modelu powierzchniowym** bryła zbudowana jest ze ścian, które są fragmentami powierzchni ograniczonymi krzywymi. Krzywe te stanowią brzegi ścian i są jednocześnie krawędziami bryły. Repertuar powierzchni, z których można budować bryły jest ograniczony do płaszczyzny. To ograniczenie sprawia, że bryły o ścianach zakrzywionych np. kule, walce, ostrosłupy itp. mogą być odwzorowane ze skończoną dokładnością. Odwzorowanie to jest zrealizowane poprzez nałożenie na zakrzywione powierzchnie siatki i rozpięciu w każdym jej oczku od jednej do dwóch⁴ płaszczyzn.

Węzły tej siatki znajdują się na odwzorowywanej powierzchni i są połączone prostymi odcinkami tworząc rodzaj siatki „prostokątnej”. Zagęszczając siatkę można zwiększyć wierność odwzorowania. Na przykład zbudowana tym sposobem kula jest w rzeczywistości wielościanem wpisanym w kulę. Ten rodzaj modelu przypomina budowę bryły z kartonu. Bryła taka jest pusta w środku, ale obecność ścian pozwala już na jej cieniowanie oraz ukrywanie linii niewidocznych. Modele tego rodzaju są trudne w tworzeniu i edycji i generowanie złożonych kształtów jest możliwe poprzez specjalistyczne nakładki.



a) bez cieniowania (widoczne linie siatki)

b) z cieniowaniem Gouraud'a (model powierzchniowy dla przejrzystości ma usuniętą górną ścianę)

Rys. 5. Różnice pomiędzy modelami: krawędziowym, powierzchniowym i bryłowym. Widoki perspektywiczne

⁴ Jeżeli wierzchołki prostokątnego oczka są nie są współpłaszczyznowe to oczko takie jest dzielona na dwa trójkąty z których każdy stanowi fragment osobnej płaszczyzny.

Zaletą tego modelu jest możliwość odwzorowania praktycznie każdej powierzchni z dowolną dokładnością.

W **modelu bryłowym** obiekty tworzy się składając je z tzw. *prymitywów* czyli podstawowych elementów 3D takich jak kostka, sfera, walec, itp. Istnieje możliwość stworzenia własnych prymitywów poprzez wyciągnięcie lub przekręcenie regionu, co daje bryły walcowe oraz obrotowe. Model bryłowy posiada wnętrze. AutoCAD potrafi policzyć objętość takiej bryły oraz inne jej parametry np. środek ciężkości momenty bezwładności itp. Do tego celu stosuje się znane z regionów polecenie **paramfiz**. Budując model bryłowy mamy dostępny duży repertuar operacji pozwalających na łatwe kształtowanie i modyfikację modelu. Stosuje się tu podejście „warsztatowe”. Na przykład w kostce można „wywiercić” otwór odejmując o kostki walec o średnicy „wiertła”. Modele bryłowe pozwalają na cieniowanie, powlekanie i ukrywanie krawędzi. Mimo wielu zalet poważnym ograniczeniem jest konieczność składania bryły z dostępnych elementów co uniemożliwia stworzenia bryły o dowolnym kształcie. Na przykład problemem jest już skonstruowanie sprężyny czy gwintu. Różnice między modelami tej samej bryły (kostki z wywierconym otworem) pokazuje rysunek 5.

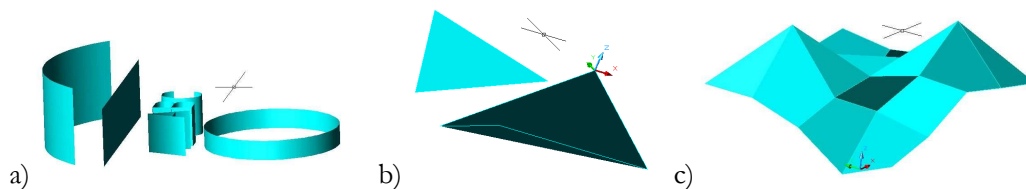
Tworzenie modeli krawędziowych

Model krawędziowy tworzymy z obiektów liniowych takich jak linie, okręgi, łuki, elipsy, splajny, polilinie a także teksty, kreskowania i wypełnienia. Polega to na wstawianiu tych obiektów na odpowiednio zdefiniowane płaszczyzny konstrukcyjne (polecenie **luw**). Można tu też posłużyć się operacją zmiany położenia (przesuwanie, obrót 3D) lub dowolną operacją powielania (jak np. kopiowanie) obiektu do wybranego miejsca w przestrzeni tuż po jego utworzeniu. Pamiętać tylko trzeba o trzeciej współrzędnej jeśli wprowadzamy punkty, czy wektory z klawiatury. Na przykład utworzenie krawędziowego prostopadłościanu 20 x 30 x 10 polega na narysowaniu prostokąta (postawy 20 x 30) i skopiowaniu go z przemieszczeniem (0,0,10) a następnie na zmianie widoku i dorysowaniu brakujących boków.

Model ten choć posiadający najmniej zalet jest wykorzystywany jako szkielet ułatwiający budowanie modeli bryłowych lub powierzchniowych a w przypadku tych ostatnich nawet jako punkt wyjściowy do ich zbudowania.

Tworzenie modeli powierzchniowych

Modele tego typu tworzy się z: *obiektów liniowych o niezerowej grubości, faset, siatek oraz regionów i ciał*. Dwa ostatnie są obiektami związanymi z modelowaniem bryłowym. Podstawowe obiekty powierzchniowe (po-



Rys. 6. *Obiekty powierzchniowe: a – obiekty liniowe (łuk, linia, tekst i okrąg) z nadaną grubością, b – fasety, c – siatka*

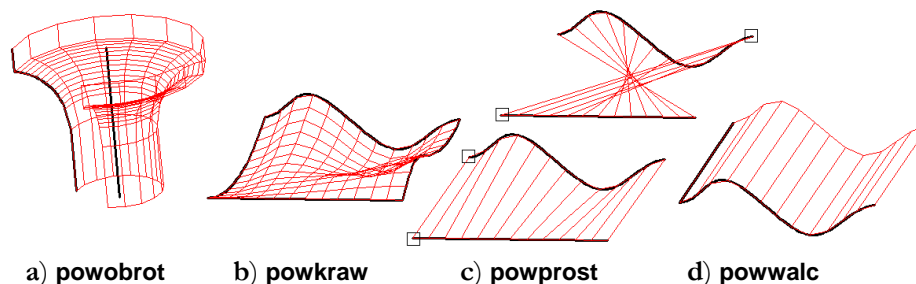
cieniowane) są pokazane na rysunku 6. Do tworzenia powierzchni można wykorzystać linie, polilinie, łuki, okręgi, obszary, trasy oraz teksty (czcionki SHX) jeśli nada się im pewną grubość. Grubość nie ma nic wspólnego z "grubością kreski" na papierze czyli jej szerokością. Jest to cecha, która nadaje obiektowi liniowemu drugi wymiar czyniąc z niego obiekt powierzchniowy przez rozciągnięcie go w kierunku prostopadłym do płaszczyzny, w której się on znajduje. Na przykład nadając grubość okręgowi czynimy z niego cylinder. Grubość obiektu możemy zmienić poleceniem **cechy**. Ustawienie grubości nowo rysowanych obiektów można dokonać poleceniem **poziom** lub lepiej zmieniając zmienną systemową THICKNESS. Na rysunku 6a a nadano grubość łukowi, linii, tekstowi i okręgowi.

Drugim elementem powierzchniowym jest faseta (rys. 6b). Jest to płaszczyzna rozpięta na trójkącie lub czworokącie. Jeżeli wierzchołki czworokąta nie leżą na jednej płaszczyźnie to fasetka składa się z dwóch trójkątów powstałych przez dodanie do niej niewidocznej krawędzi poprowadzonej po przekątnej. Fasety tworzy się poleceniem **3wpow**. Właściwością fasety jest to, że wybrane jej krawędzie można uczynić niewidocznymi opcją **Niewidoczne** w poleceniu **3wpow** lub poleceniem **kraw**.

Trzecim elementem powierzchniowym jest siatka 3D (rys. 6c). Jest to zbiór czworokątnych faset stykających się krawędziami i tworzącymi jeden spójny obiekt. Każda fasetka tworzy oczko siatki. Miej-

sce styku dwóch faset daje krawędź siatki (nie można jej uczynić niewidocznej), zaś miejsce styku czterech faset jest wierzchołkiem siatki. Jest to rodzaj dwuwymiarowej polilinii i faktycznie można ją uważać za dwie „ortogonalne” rodziny polilinii (3D) o wspólnych wierzchołkach. Podkreśla to fakt, że obiekt taki można edytować poleceniem **edplin** – tym samym, którym edytuje się polilinie.

Najbardziej ogólnym poleceniem służącym do tworzenia siatek jest **siatka3w** przy pomocy, którego można wierzchołek po wierzchołku zbudować siatkę 3D. Polecenie to jest raczej przeznaczone dla programistów. Dla użytkowników przygotowano szereg innych poleceń, które pozwalają zbudować siatki rozpięte na określonych powierzchniach (rys.7).



Rys.7. Rodzaje siatek utworzonych odpowiednimi poleceniami. Powierzchnie a – obrotowa, b – krawędziowa (płat Coons’a), c – prostokreślna i d – walcowa. Grube linie pokazują wg jakich krzywych dana powierzchnia została utworzona. Na (c) widać efekty jakie można uzyskać w zależności od miejsca wskazania krzywych.

Poleceniem **powobrot** tworzymy siatkę aproksymującą powierzchnię obrotową utworzoną przez obrót krzywej (tworzącej) wokół osi o określony kąt (rys.7a). Oś obrotu musi być istniejący obiekt typu linia lub polilinia. Poleceniem **powwalc** tworzymy siatkę przybliżającą powierzchnię walcową utworzonej przez przemieszczenie krzywej (kierownicy) wzdłuż tworzącej (rys.7d), którą zwykle jest odcinek, ale może nią też być polilinia lub splajn. Poleceniem **powprost** tworzymy siatkę aproksymującą powierzchnię rozpiętą między dwoma krzywymi (rys.7c). Krzywe muszą być albo obie otwarte, albo obie zamknięte mogą się też stykać końcami. Jedną z krzywych można zastąpić punktem. Uwaga krzywe wskazujemy bliżej tych końców, od których ma się rozpocząć łączenie (porównaj skutki na rys.7c). Wreszcie poleceniem **powkraw** tworzymy siatkę aproksymującą powierzchnię rozpiętą między czterema krzywymi stykającymi się punktami końcowymi. Jest to tzw. płat Coons’a (rys.7b). Warto zauważyć, że do utworzenia powierzchni potrzebne są krzywe definiujące krawędzie powierzchni. Stąd wniosek, że model powierzchniowy buduje się na bazie modelu krawędziowego. Dokładność odwzorowania powierzchni przez, liczbę linii siatki, określają zmienne systemowe SURFTAB1 i SURFTAB2. Zmienne te należy zmienić PRZED wydaniem polecenia.




























Model powierzchniowy można też uzyskać rozbijając model bryłowy poleceniem **rozbij**. Po rozbiciu uzyskujemy zbiór powierzchni (ścian), które są albo *regionami*⁵ albo *ciałami*⁶. Posiadają one interesującą właściwość podobną do „lustra weneckiego”. Otóż elementy pogrubione, fasety i siatki „odbijają” światło z obu stron. To znaczy, że przy cieniowaniu obie strony są widoczne jako pokolorowane. Region i ciało odbijają światło tylko z jednej strony a konkretnie z tej, która była stroną zewnętrzną bryły⁷. Zatem przy cieniowaniu jedna strona jest powleczone kolorem zaś druga przezroczysta.



⁵ Patrz ćw. 6 – **Elementy uzupełniające (regiony ...)**

⁶ Ciało jest powierzchnią krzywoliniową powstałą ze ścian walcowych sferycznych itd.

⁷ Region zbudowany niezależnie poleceniem **region** jest nieprzezroczysty ze tej strony, która była skierowana zgodnie z kierunkiem osi Z aktualnego układu LUW w momencie jego tworzenia.

Wykaz poleceń

Polecenie	Opis
 <code>luw, _ucs</code> M: Narzędzia – ... LUW  LUW, LUW II	Umożliwia zdefiniowanie, zapamiętanie, usuwanie i wybór LUW. Najważniejsze opcje to: Nowy – Definiuje nowy LUW przez przesunięcie lub np. przez 3 punkty (opcja 3), przez obrót wokół osi (opcje X, Y, Z) itp. Przesuń – Zmienia definicję LUW przez przesunięcie początku bieżącego LUW, pozostawiając niezmienną orientację płaszc. XY Zapisz – pozwala zapisać dany LUW pod określoną nazwą. Wywołaj – Wywołuje po nazwie zapisany układ LUW Globalny – ustala GUV jako aktualny ? – wyświetla listę zapisanych LUW
 <code>menluw, _ucsman</code> M: Narzędzia – Nazwane LUW  LUW, LUW II – 	Wyświetla okno dialogowe zarządzające LUW'ami
 <code>paramfiz, _massprop</code> M: Narzędzia – Zapytania – Parametry fizyczne  Zapytania – 	Podaje parametry fizyczne i geometryczne regionu lub bryły.
 <code>plan</code> M: Widoki – Widoki 3D – Plan	Daje planarny widok modelu. Innymi słowy ustawia widok równoległe do pł. XY aktualnego LUW
 <code>3dorbita, _3dorbit</code> M: Widok – Orbita 3D  Orbita 3D – 	Polecenie pozwala na dynamiczny wybór widoku (opis w tekście) a dodatkowo za pośrednictwem menu kursora oferuje: zoom dynamiczny, przesuwanie widoku, zmianę rodzaju rzutowania, zmianę rodzaju wyświetlania, włączenie pomocy wizualizacji (kompas i siatka) oraz dodatkowe.
 <code>stylcieniowania, _shademode</code> M: Widok – Cieniuj ▶  Cieniuj 	Przełącza tryby wyświetlania: krawędziowe 2D, 3D, z ukrywaniem krawędzi niewidocznych oraz cieniowaniem płaskim i Gouroud'a
 <code>widok, _view</code> M: Widok – Nazwane widoki...  Widok – 	Polecenie pozwala zapamiętać i przywołać zapamiętany widok modelu. Obsługiwane jest w konie dialogowym
 <code>3wpow, _3dface</code> M: Rysuj – Powierzchnie – Powierzchnia 3D...  Powierzchnie – 	Służy do rysowania fasety (trójkąta lub czworokąta). Pozwala opcją Niewidoczny na ukrycie krawędzi (należy je wydać PRZED postawieniem pierwszego punktu nowej krawędzi).
 <code>kraw, _edge</code> M: Rysuj – Powierzchnie – Krawędzie  Powierzchnie – 	Pozwala ukryć lub uwidocznic krawędzi fasety.
 <code>powobrot, (_revsurf), powkraw</code> <code>(_edgesurf), powprost (_rulesurf),</code> <code>powwalc (_tabsurf)</code> M: Rysuj – Powierzchnie ▶  Powierzchnie 	Zespół poleceń do tworzenia siatek. Patrz opis w tekście.

Legenda:  – linia poleceń; **M:** – menu;  – pasek narzędziowy

Ćwiczenie nr 16- Zadania do wykonania

1. Celem ćwiczenia jest wykonanie krawędziowego elementu przestrzennego pokazanego na fig. 1d

- Przywołaj na ekran pasek narzędziowy **LUW II**. Utwórz dwa dodatkowe LUW'y dla płaszczyzn ZX i YZ układu GUV. Pierwszy utwórz obracając aktualny układ wokół osi X o 90° . Po obrocie zapamiętaj go pod nazwą GXZ (polecenie **menluw** lub odpowiednia ikona paska **LUW II**). Drugi układ utwórz obracając układ GXZ wokół Y też o 90° i zapisz go pod nazwą GYZ. Przełącz się między układami wybierając je z listy znajdującej się w oknie w paska **LUW II**.
- Wróć do globalnego układu współrzędnych GUV i narysuj krawędziowy model prostopadłościanu o wymiarach podstawy 100×150 i wysokości 200. Niech lewy dolny narożnik podstawy znajdują się w początku współrzędnych.
Wskazówka. Najpierw narysuj prostokąt o wymiarach 100 na 150. Następnie poleceniem **kopiuj** skopiuj go o 200 jedn. w górę. Pamiętaj, że wektor przesunięcia wyniesie $(0,0,200)$. Po tym zmień widok poleceniem **3dorbíta** i dorysuj pozostałe boki.
- Korzystając z narysowanego prostopadłościanu utwórz LUW przez wskazanie trzech punktów na górnej ścianie jak na zaznaczono to na rysunku fig. 1a i zapamiętaj go pod nazwą TOP.

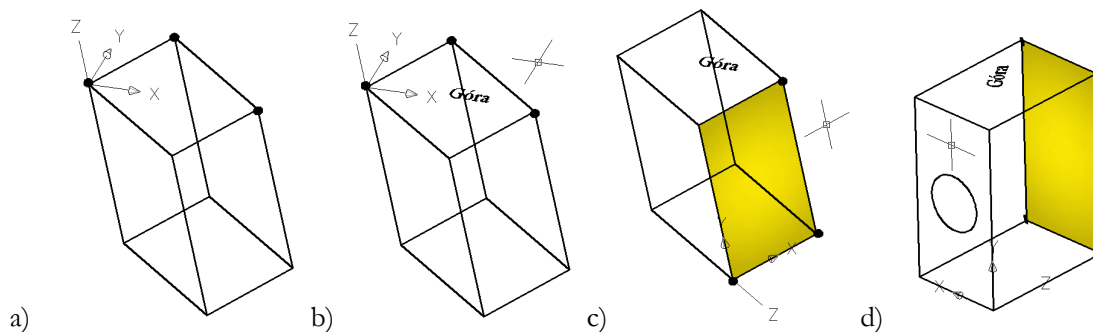


Fig. 1. Etapy wykonania zadań a) zdefiniowanie LUW na górnej podstawie b) wstawienie na nią napisu „Góra” c) przestawienie układu na boczną ścianę i wypełnienie jej kolorem d) narysowanie okręgu

- Utwórz na górnej ścianie napis „Góra” jak na pokazano to na rysunku fig. 1b.
- Przenieś teraz układ na boczną ścianę (fig. 1c) i wypełń ją kolorem poleceniem **gradient**. Przywoła na ekran pasek **Widok** i zapamiętaj widok pod nazwą W1 (polecenie **widok**).
- Przejdź na LUW zapamiętany pod nazwą GYZ. I narysuj na przeciwnej do wypełnienia ścianie okrąg w środku tej ściani o $R=30$. Zmień widok na inny (fig. 1d).
- Powróć do poprzedniego widoku przywołując go z listy widoków paska **Widok**.

2. Narysuj linię, prostokąt, sześciokąt, okrąg, łuk i tekst. Zmień punkt obserwacji (**pktobs**) na 1,1,1. Wybierz elementy i poleceniem **cechy** nadaj im różne grubości. Uzyskaj efekt jak na rys 6a. (opis do ćwiczenia)

3. Narysuj kolnierz pokazany na fig. 2. Najpierw naszkicuj (wymiarów wg uznania) jego zarys korzystając z polecenia **plinia**. (KONIECZNIE). Dorysuj oś obrotu. Nadaj zmiennym SURFTAB1 i SURFTAB2 wartości odp. 12 i 8. Utwórz i zmień warstwę. Wykonaj powierzchnię obrotową poleceniem **powobrot**.

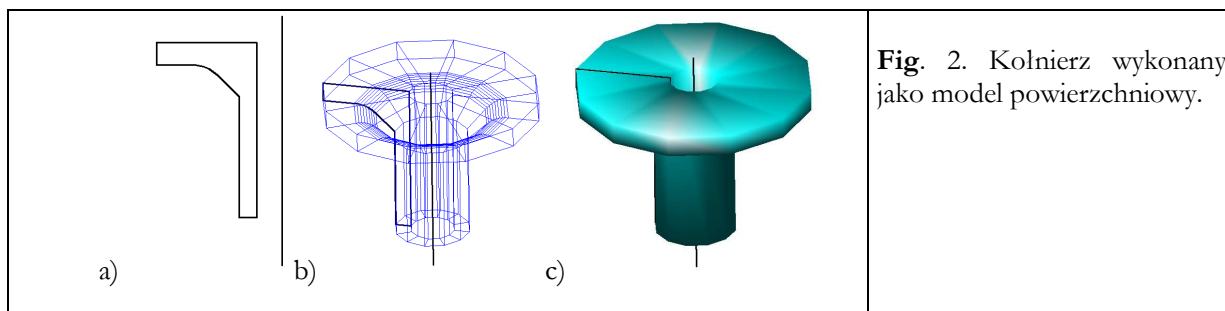
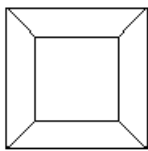


Fig. 2. Kolnierz wykonany jako model powierzchniowy.

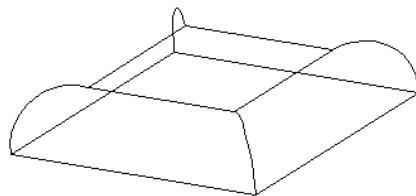
4. Celem jest narysowanie podstawy lampy, która składa się z dwóch równoległych kwadratowych powierzchni (o wymiarach 100x100 - "dół" i 60x60 - "górze") odległych od siebie o 20 jednostek. Narożniki obu powierzchni są połączone łukami o promieniu 20.

Przebieg rysowania:

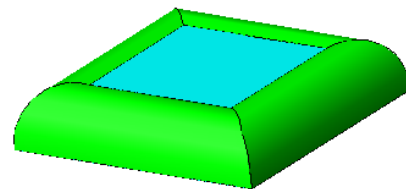
- narysować dwa kwadraty (poleceniem **prostok** lub **linia**)
- mniejszy kwadrat przesunąć o 20 jednostek w kier osi Z (do góry)
- na warstwie pomocniczej narysować na dolnej podstawie przekątną i linię prostopadłą do przekątnej (w kierunku osi Z podstawy- czyli od punktu SYM przekątnej do pkt @0,0,50)
- w oparciu o linie pomocnicze stworzyć nowy LUW i nazwać go. W tym układzie narysować w jednym z wierzchołków, do którego dochodzi przekątna łuk metodą początek, koniec, promień.
- przejść do układu globalnego i dwukrotnym poleceniem **lustr** lub jednym **szyk** (kołowy) stworzyć pozostałe łuki, jak pokazano na rysunku (ma być w sumie 4 łuki).
- założyć dwie nowe warstwy: jedną na boki bryły (np. „bok”) i drugą na powierzchnie kwadratowe "górze" i "dół" (np. "podst").
- na warstwie dla boków utworzyć powierzchnię prostokreślną (**powprost**) w oparciu o 2 łuki. Następnie poleceniem **szyk** (kołowy) powielić te powierzchnie na pozostałe boki.
- wyłączyć warstwę dla boków i przejść na warstwę "podst" i wykonać jedną powierzchnię prostokreślną (**powprost**) w oparciu o przeciwległe boki na powierzchni "dół" i jeden płat Coons'a na powierzchni "górze" poleceniem **powkraw**. W przypadku, gdyby kwadraty były rysowane poleceniem prostokąt należy wcześniej je rozbić poleceniem **rozbij**.
- Zastosuj cieniowanie Gouraud'a uzyskać widok jak na rysunku niżej.



Widok z góry



Widok po narysowaniu łuków



Skończona podstawa

5. Utwórz powierzchnię jak na rysunku fig.3d. W tym celu:

- Narysuj poleceniem **splajn** krzywą pokazaną na fig.3a. Poprowadź ją przez trzy punkty: (-160,0); (-60,100) oraz (0,110) (na pytanie o czwarty punkt wciśnij ENTER). Styczne w początku i na końcu mają być poziome (kierunki odpowiednio: 180° i 0°).
- Obróć LUW o -90° wokół osi X i zapamiętaj pod nazwą PODSTAWA.
- Poleceniem **obrót** lub **szyk** (kołowy 2 elem.) skopuj krzywą o 90° a potem dorysuj dwa odcinki (na pł. XY), tak aby utworzyć narożnik fig.3b.
- Poleceniem **powkraw** utwórz powierzchnię między krzywymi a odcinkami jak pokazano na fig.3c.
- Poleceniem **szyk** (kołowy 4 elem.) powiel ją tak by otrzymać powierzchnię pokazaną na fig.3d.

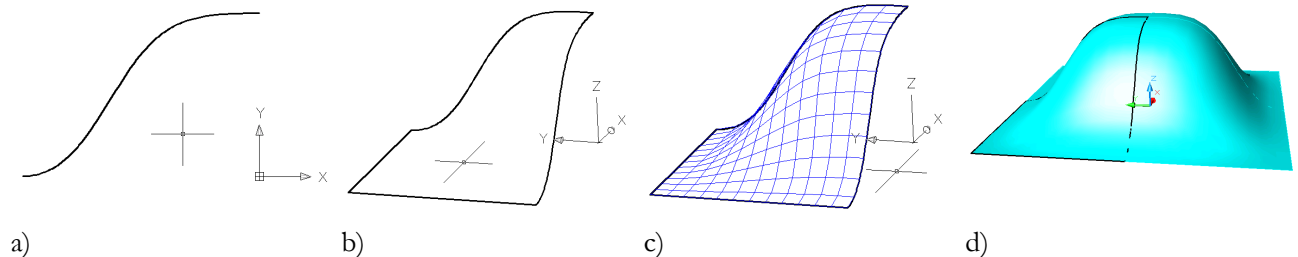


Fig. 3. Kolejne etapy wykonania powierzchni