

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

СИСТЕМА 3-D МОДЕЛЮВАННЯ POWER SHAPE

МАТЕРІАЛИ З КУРСУ ЛЕКЦІЙ

для студентів денної і заочної форми навчання спеціальності
7.05050201 “Технології машинобудування”

Краматорськ, 2018

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)

СИСТЕМА 3-D МОДЕЛЮВАННЯ POWER SHAPE

МАТЕРІАЛИ З КУРСУ ЛЕКЦІЙ

для студентів денної і заочної форми навчання спеціальності
7.05050201 “Технології машинобудування”

Затверджено на засіданні кафедри
технології і управління виробництвом
Протокол № від . . р.

Краматорск, 2018

УДК 558.512:621.9

Система 3-D моделювання Power Shape: Матеріали з курсу лекцій для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 7.05050201 “Технологія машинобудування” / Укл.: О.С.Ковалевська. – Краматорськ: ДДМА, 2018. – 82 с.

Укладач:

О.С.Ковалевська, доцент

Відп. за випуск

С.В. Ковалевський, проф.

На прикладі програмного забезпечення Power Solution фірми Delcam plc (Великобританія) розглянуті питання комплексної автоматизації і конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталей складної геометрії. На комплексних прикладах продемонстровані можливості використання програмного забезпечення Delcam в різних галузях промисловості.

Лекція 1

Тема 1. Загальні основи роботи з системою.

1.1 Інтерфейс системи. Управління графічним вікном.

1.2 Система координат. Створення робочої площини

1.1 Інтерфейс системи. Управління графічним вікном.

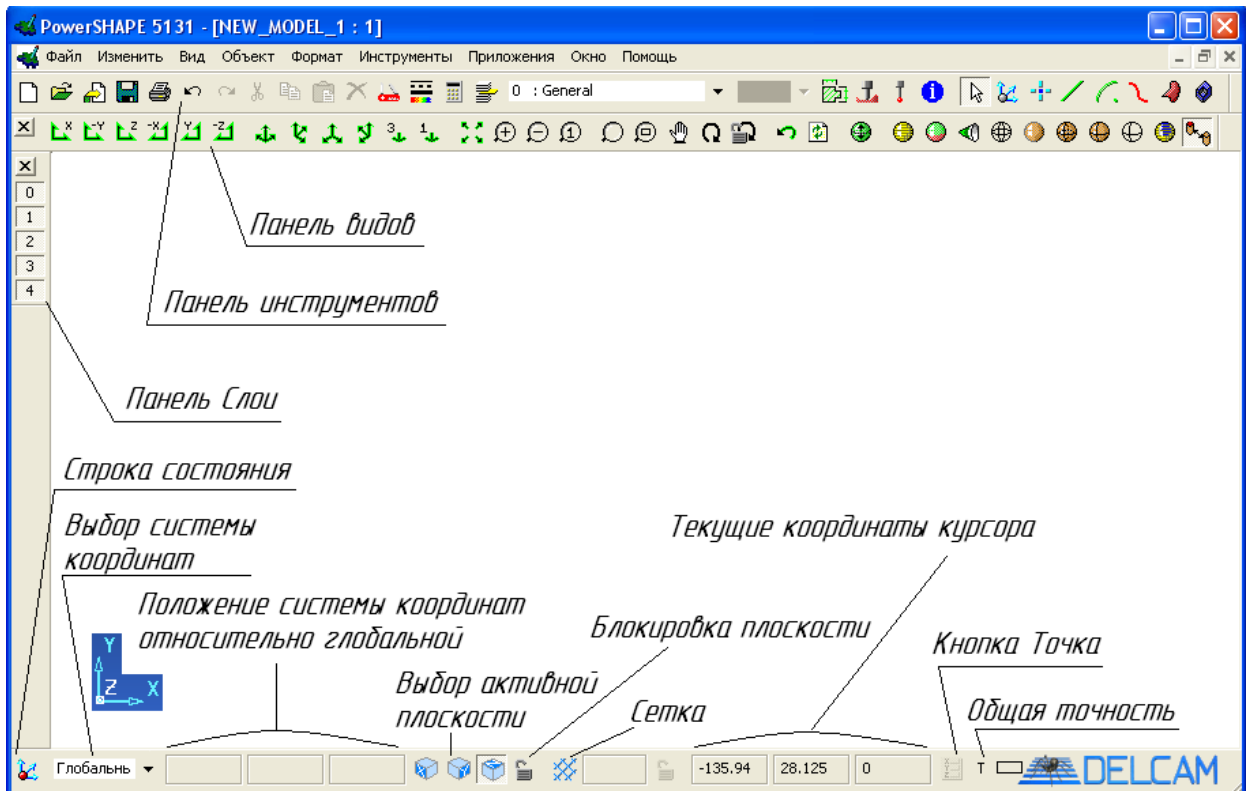


Рис.1. Стандартний вид вікна PowerSHAPE

Управління графічним вікном здійснюється за допомогою Панелі Видів. (Рис.1)

Для динамічного обертання, переміщення, масштабування також використовується миша і поєднання клавіш.

Для мишки зі скролінгом:

Обертання моделі - за допомогою скролінгу;

Переміщення - натиснути клавішу Shift, і утримуючи її, натиснути на скролінг і перемістити курсор в потрібне положення;

Масштабування - натиснути клавішу Ctrl, і утримуючи її, натиснути на скролінг і перемістити курсор вгору або вниз.

Збільшити рамкою - підвести курсор миші до місця збільшення, натиснути клавіші Ctrl + Shift, і утримуючи їх, натиснути на скролінг. Перемістити мишку, утворюючи рамку для збільшення. Відпустити клавіші.

Для Двоклавішній миші:

Обертання моделі - натиснути клавіші Ctrl + Shift, і утримуючи їх, натиснути на праву кнопку миші і обертати курсор;

Переміщення - натиснути клавішу Shift, і утримуючи її, натиснути на праву кнопку миші і перемістити курсор в потрібне положення;

Масштабування - натиснути клавішу Ctrl, і утримуючи її, натиснути на праву кнопку миші і перемістити курсор вгору або вниз.

Більшість команд повторюються в меню Вид (див. Рис. 2). В меню Вид біля команд вказані гарячі клавіші.

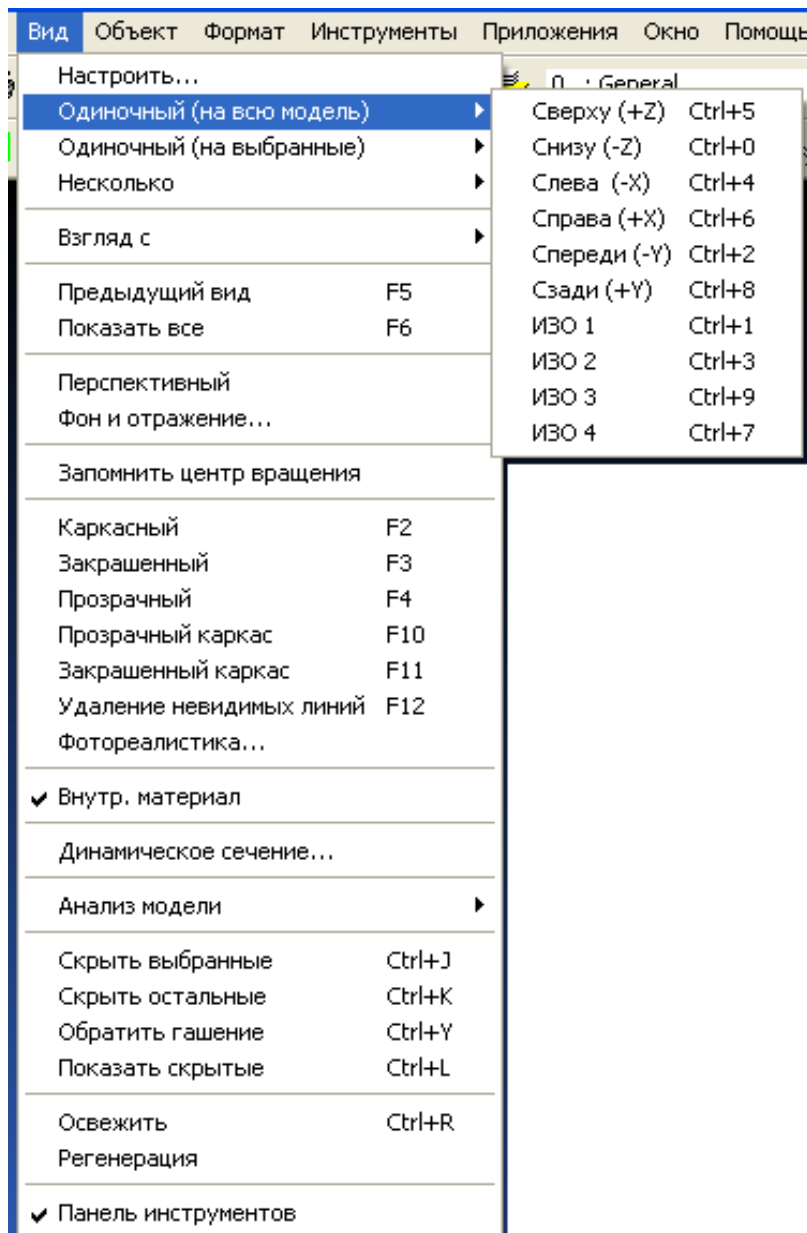


Рис.2. Меню Вид

1.2 Система координат. Створення локальної системи координат

Всі об'єкти в PowerSHAPE зберігаються в глобальній системі координат. Початок глобальної системи координат, має координати: X0, Y0, Z0 або (0 0 0)

Точки можна вводити як в абсолютних координатах, так і у відносних.

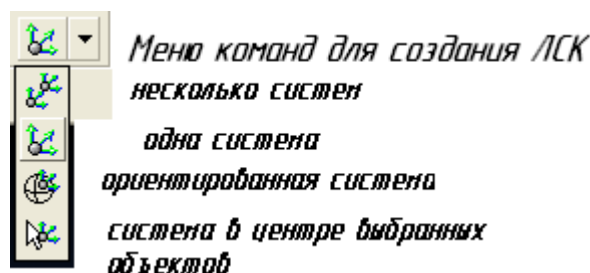
Для побудов встановлюється активна площину: YZ, ZX, XY. Для того щоб третя координата залишалася незмінною, її блокують. Всі кнопки знаходяться в рядку стану (см.рис.1).

Для зручності при виконанні побудов створюють локальні системи координат (ЛСК) - Workplane, з початком відліку щодо глобальної системи координат і осі яких можуть бути повернені.

Для створення ЛСК необхідно визначити активну площину тієї системи координат, щодо якої буде будуватися ЛСК. Наприклад, активна глобальна система координат, площина побудови XY. При завданні положення курсором, координата Z буде дорівнює нулю.

Команди для створення ЛСК

Редагування ЛСК за допомогою діалогового вікна

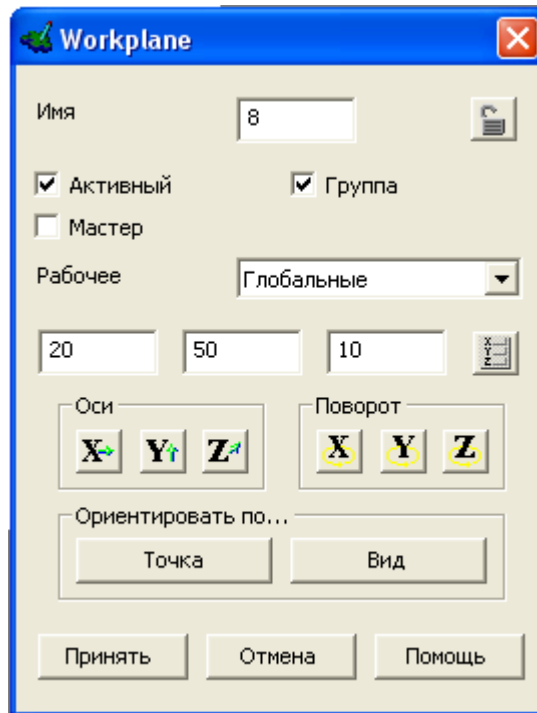


Для редагування положення, напрямку та положення вісей ЛСК необхідно підвести курсор до системи координат, і коли з'явиться зображення руки, виконати подвійне клацання. З'явиться діалогове вікно Workplane.

Для блокування змін ЛСК необхідно натиснути кнопку *Блокувати*. На практиці ця можливість використовується для заборони зміни ЛСК, використовуваних в будь-яких спеціальних цілях.

Вказівник *Активний* дозволяє активувати або деактивувати обраний Workplane.

Вказівник *Група* дозволяє встановлювати асоціативний зв'язок між ЛСК і всіма об'єктами, створеними в цій системі координат.



Вказівник *Майстер* дозволяє встановити обрану ЛСК базовою для всіх ЛСК.

лекція 2

Тема 2. Створення базових графічних об'єктів

2.1 Створення графічних об'єктів

2.1.1 Введення точки з панелі стану

2.1.2 Використання діалогового вікна Position / Точка

2.1.3 Побудова графічних примітивів

2.2 Редагування примітивів

2.1 Створення базових графічних об'єктів

Для введення даних графічних об'єктів можливі наступні методи:

- Використання поля введення;
- Використання інтерактивного курсора, який відображає поточне значення;
- Використання діалогового вікна Position / Точка

2.1.1 Введення точки з панелі стану

У *Полі введення даних* на панелі стану можна вводити декартові або полярні координати. При цьому курсор знаходиться в графічному полі. Після введення координат необхідно натиснути Enter.

Введення декартових координат

Синтекс введення декартових координат наступний:

[Простір] X [Y [Z]] [одиниці]

Квадратні дужки [] означають, що компонент можна не задавати.

Можливі наступні варіанти:

глобальні - (координати в глобальній системі координат) робочий простір задається буквою w.

абсолютні - (координати в поточній системі координат) координати точки задаються символом @ або abs.

відносні - (координати в збільшеннях до останньої введеної точки) координати задаються буквами re.

X [Y [Z]] - є відповідні координати. Якщо друге і третє значення не задані, вони приймаються за нуль.

Порядок X Y і Z координат може визначатися активною площиною, якщо встановлено вказівник в параметрах налаштування: панель *Параметри* → *Workplane* → *Використовувати активну площину*.

Приклади завдання декартових координат:

20 30 40

w 15

@ 25 60.8 mm (із завданням одиниць виміру)

abs 50 mm

re -30.7 0 90

Введення полярних координат

Синтекс введення полярних координат наступний:

> Кут [одиниці_кута] довжина [одиниці_кута]

Квадратні дужки [] означають, що компонент можна не задавати.

> - вказує на те, що будуть задаватися полярні координати.

Кут - значення кута.

одиниці_кута - задають одиниці виміру кута, наприклад, degrees.

довжина - значення довжини.

одиниці_довжини - задає одиниці вимірювання довжини, наприклад, mm.

Приклад введення полярних координат:

> 45 30

> 45 degrees 30 mm

> 30 2.5 inches

2.1.2 Використання діалогового вікна Position / Точка



Кнопка Position / Точка знаходиться в рядку стану і доступна тільки в тому випадку, коли система очікує введення координат.

Варіанти введення точок відображені на закладках сторінок

Декартові / Cartesian

У списку *Робочий простір* вибирається спосіб завдання координат:

- Відносні / *Relative* - координати точки задаються в збільшеннях до координат раніше заданої точки, яка стає тимчасовим центром робочого простору;

- Абсолютні / *Absolute* - точка задається в локальній системі координат або глобальній, якщо локальна не задана;

- Глобальні / *World* - точка задається в глобальній системі координат.

Біля поля введення координат є кнопки з замком, за допомогою яких можна зафіксувати координати окремо по кожній осі. Для того, щоб змінити зафіксовану координату необхідно її розблокувати.

Примітка: при перемиканні робочого простору фіксовані поля розблокуються.

Відносно простір не завжди доступно через те, що не вдається визначити прийнятну точку центру робочого простору. В цьому випадку необхідно вибрати прийнятну точку (наприклад, перетин двох ліній) і зробити її центром робочого простору за допомогою кнопки *Стань центром*.

Полярні / Polar

Дозволяє задавати точку в полярних координатах щодо активної площини.

В полі *Кут* задається значення полярного кута в активній площині.

В меню *Довжина* вибирається спосіб завдання довжини:

- *Відстань* - відстань від початку координат, якщо робочий простір абсолютне, або від попередньої точки, якщо робочий простір - відносне;

- *X, Y, Z* - дозволяє задати одну з координат уздовж осі активної площини

Меню *Елевація* містить опції, що дозволяють поставити крапку не лежить в активній площині:

- *Висота* - задає відстань до активної площини; наприклад, відстань по осі Z, якщо активною є площину XY;

- *Елевація* - задає кут між активною площиною і напрямком до точки

Уздовж / Along

Дозволяє задати точку вздовж вибраного об'єкту. Цю відстань можна задати пропорцією або довжиною.

Між / Between

Цей метод відрізняється від попереднього тим, що створює точку не між початковою і кінцевою точкою одного об'єкта, а між двома довільними точками.

Коли в меню-перемикачі встановлена опція *Пропорція*, положення точки задається пропорцією довжини об'єкта. У нашому прикладі 0.5 показує

середину об'єкта, 0.25 означає чверть (25%) від початкової точки. Коли меню-перемикач встановлений в положення *Відстань*, можна задати відстань, що вимірюється від початкової точки вздовж об'єкта.

Можна або вводити значення в текстовому полі, або змінювати значення за допомогою смуги прокрутки. За замовчуванням, смуга прокрутки розбиває об'єкт на 10 частин.

Перетин / Intersect

Цей метод дозволяє поставити крапку на перетині двох об'єктів, якщо вони не схрещуються. Якщо об'єкти явно не перетинаються, то точка будуватиметься на продовженні цих об'єктів.

Якщо існує декілька можливих точок перетину, то буде обрана найближча до останнього вибраного об'єкту.

90 град. / Normal

Дозволяє знайти точку, що лежить на перетині обраного об'єкта або його продовженні і перпендикуляра, відновленого з початкової точки до обраного об'єкта.

Кл.Точка / Key Point

Дозволяє прив'язатися до ключовій точці обраного об'єкта. Наприклад, необхідно вибрати точку, збігається з ключовою точкою іншого об'єкта.

2.1.3 Побудова графічних примітивів

Меню Лінія

Меню містить побудову лінійних об'єктів:

- Одиночна лінія;
- Безперервна лінія;
- Прямокутник;
- Рамка навколо обраних;
- Фаска;
- Фаска без обрізки

При побудові фаски використовуються настройки, виконані в діалоговому вікні "Параметри" (меню Інструменти→Параметри→Об'єкти → Лінії → Фаскі → Поточні установки). Якщо потрібно змінити параметри фаски в процесі побудови, необхідно побудувати фаску, виконати подвійне клацання миші на лінії фаски. У діалоговому вікні ввести необхідні параметри.

Меню Дуги:

- Окружність;
- За трьома точками;

- Центр і дві точка;
- Округлення;
- Округлення без обрізки

Окружність - це дуга з сектором 360° .

Коло і дуга має базові точки: центр; точка на початку дуги, точка в кінці дуги (для окружності вони збігаються); маркер (подвійна стрілка) радіусу.

В налаштуваннях параметрів системи встановлений радіус кола і заокруглення, які діють при виборі команд за замовчуванням. Якщо необхідно змінити значення, то водиться з клавіатури: *r* пробіл *нове_значення*. Також можна ввести нове значення після побудови, використовуючи маркер на окружності (підвести курсор до маркера, натиснути на ліву кнопку миші, і не відпускаючи її, перемістити курсор) або виконати подвійне клацання на об'єкті і в вікні ввести нове значення.

Округлення будується таким чином, що створювана дуга лежить у ставленні до об'єктах. Округлення можна будувати також командою *По трьох точках*, в такому випадку при вказівці ліній повинна висвітлюватися прив'язка Дотик / Tangent.

Останнє значення радіуса є поточним для побудови нової дуги або кола.

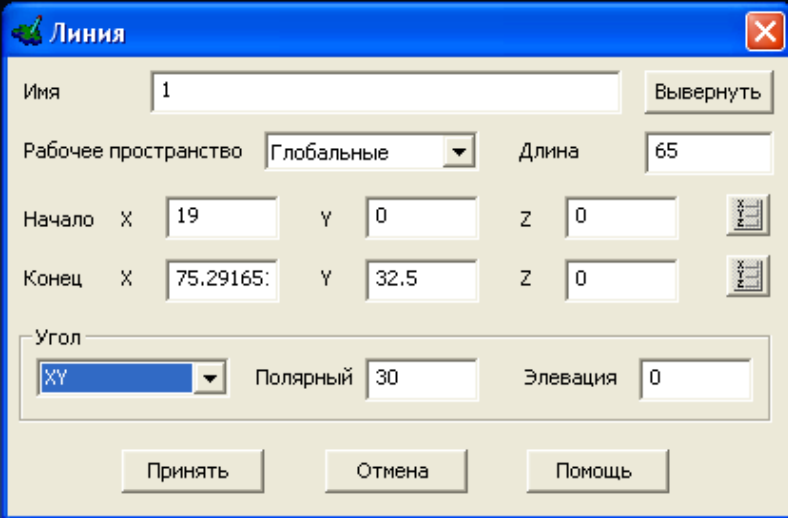
2.2 Редагування примітивів

1.1.1 Редагування ліній

Для графічного редагування ліній необхідно виділити лінію, підвести курсор до базової точки, натиснути ліву кнопку миші і перемістити в потрібне положення.

Для точного редагування - викликати діалогове вікно (Меню *Змінити* → команда *Змінити* або через контекстне меню або подвійне клацання на лінії) і ввести нові параметри.

Діалогова панель Лінія



Ім'я - містить ім'я лінії, яке можна змінити.

Простір - це список дозволяє вибрати робочий простір (глобальне, локальне або відносне) для редагування лінії.

Початок - дозволяє редагувати координати початкової точки лінії.

Кінець - дозволяє редагувати координати кінцевої точки лінії.

Довжина - дозволяє редагувати довжину лінії.

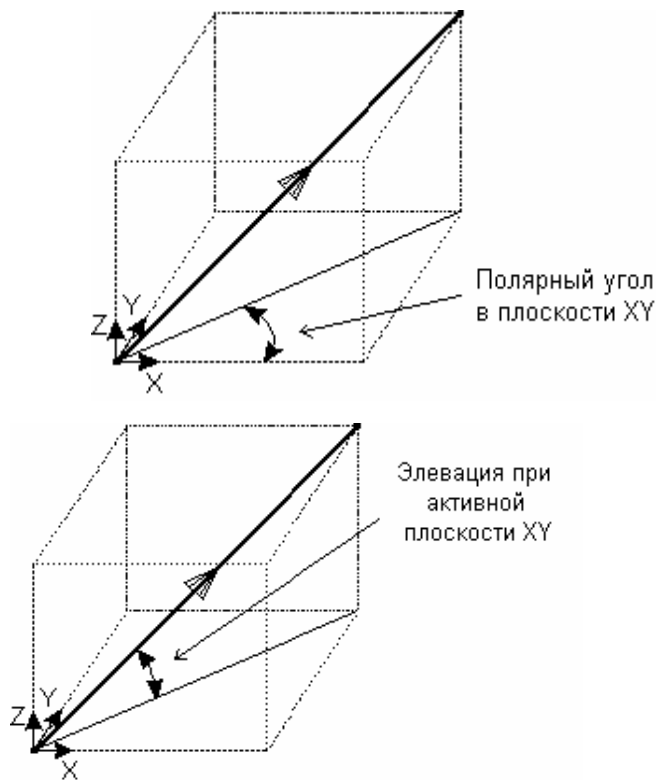
Розгорнути - змінює напрямок лінії на зворотне.

Кут - дозволяє змінювати породжують кути нахилу лінії щодо активної площини.

 - перемикає активну площину.

Полярний - задає кут між проекцією лінії на активну площину і віссю цієї площини. Якщо активною є площину XY, то кут змінюється від осі X (від Y для YZ і від Z для ZX). Малюнок нижче пояснює вимір полярного кута.

Елевация - задає кут між лінією і її проекцією на активну площину. Малюнок нижче пояснює вимір елевации.



Лекція 3

Тема 3. Редагування базових графічних об'єктів

3.1 Робота з контуром

3.1.1 Створення контура



3.1.2 Редагування контура

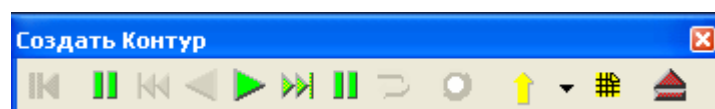
3.1 Робота з контуром

3.1.1 Створення контура

Контур - безперервна крива, що складається з декількох об'єктів, таких як лінія, дуга, сплайн, краю поверхонь або інші контури. Щоб створити контур:

1. Створіть об'єкти, з яких (або частин яких) буде створений контур.
2. З меню *Об'єкт* виберіть пункт *Крива*, а потім *Контур*. На екрані з'явиться діалогова панель *Створити контур*.

Це еквівалентно натискання кнопки *Крива*  на панелі інструментів і вибору з меню-перемикача пункту *Створити контур* .



1. Клацніть по одному з об'єктів. PowerSHAPE автоматично почне додавати об'єкти до контуру.
2. Використовуйте діалогову панель для вибору потрібного шляху.

Кнопки діалогової панелі:



- Скинути: відмовляється від поточного вибору і дозволяє створити контур заново.



- Початок: встановлює маркер початку контуру. Дивіться "Використання маркерів початку і кінця".



- Швидко назад: відкочується шлях до попереднього розгалуження або до початку (якщо не було розгалужень).



- Відкат: виключає останній елемент.



- Вперед: крок до наступного розгалуження.



- Швидко вперед: автоматичний пошук шляху до мітки кінця контуру або останнього елемента. Яким чином PowerSHAPE поводить себе при пошуку шляху, задає кнопка Опції.



- Кінець: встановлює маркер кінця контуру. Дивіться "Використання маркерів початку і кінця".



- Розгорнути: змінює напрямок пошуку на зворотне.



- Зберегти: зберігає обраний шлях як контур.



- Направлення на розгалуженні: задає напрямок руху на розгалуженнях в режимі швидкого пошуку.



- Опції: викликає сторінку Контурів діалогової панелі Параметри.



- Закрити: прибирає панель з екрану.

Примітка. Контур завжди може бути розбитий на складові його об'єкти командою *Правка - Конвертувати - в криві* або викликати контекстне меню для контуру і вибрати команду *Розбити*.

Контур можна створити і іншими методами:

У режимі вибору об'єктів натисніть клавішу *Alt* і клацніть по об'єкту.

Автоматично буде створений безперервний контур. В цьому режимі шлях веде будь-яким з'єднуються або пересічних кривих будь-якого типу (лінії, дуги, сплайни, кордони і внутрішні криві поверхонь, інші контури) і створює з них єдиний контур.

3.2.2 Редагування контура

PowerSHAPE використовує єдині методи для редагування сплайнів, контурів і кривих, що утворюють поверхні.

Для цього виконайте подвійне клацання мишкою на контурі. З'явиться Панель інструментів *Редагування кривих*. Або виберіть контур, потім меню *Правка - команда Змінити*. Команди цієї панелі інструментів також доступні через меню *Правка - Редагування кривих*.

Натиск правою кнопкою миші над кривою призведе до появи спливаючого меню, що містить доступні опції редагування.

Для редагування розмірів контуру необхідно на Панелі *Редагування кривих* натиснути кнопку *Увімкнути активні розміри*. Базові розміри будуть проставлені на кривих контуру. Для редагування необхідно виконати подвійне клацання на значенні розміру. З'явиться діалогове вікно, в якому вказується новий розмір. Для проставлення додаткових розмірів необхідно включити кнопку на панелі - *Створити розмір вручну*.

Вправа

- 1 Створити контур
- 2 Змінити розміри значенням 100 на 110
- 3 Змінити розміри значенням 50 на 60

Лекція 4

Тема 4. Загальне редагування об'єктів

4.1 Обмеження, розрізання та переміщення об'єктів

4.2 Поняття відображення об'єкту, його масштабування та створення еквідистанти

4.3 Створення проекції та масиву об'єктів

Відкриття *Панелі редагування*:

Меню *Правка* → *Панель Загального редагування*

Панель інструментів  *Панель редагування*




 обмежити об'єктом

 Обмежити до точки



 розрізати

 Обмежити до перетину

 Перемістити / Копіювати об'єкт

 Відобразити / Створити симетричний об'єкт


 повернути об'єкт

 еквідистанта 

масштабування 

розтягнути об'єкт

 Проектувати на площину

 Проектувати на поверхню

 створення масиву



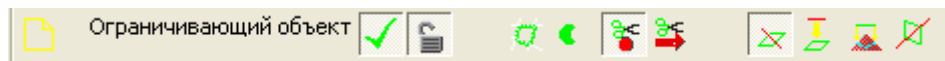
вставка кривої

4.1 Обмеження, розрізання та переміщення об'єктів

Обмежити об'єктом

Обмежує вибрані об'єкти 'обмежує Об'єктом:
 каркасний об'єкт каркасних об'єктом
 поверхню поверхню
 поверхню каркасних об'єктом
 об'єкти площиною

Обмежуючий об'єкт використовується для обмеження (продовження або вкорочення) інших об'єктів.



Виберіть обмежуючий об'єкт перед вибором команди *Обмежити об'єктом*.

Якщо обмежуючий об'єкт не був обраний перед запуском команди *Обмежити об'єктом*, виберіть його негайно після запуску цієї команди.

Після виконання обмеження, що обмежує об'єкт перестане бути таким (якщо він не фіксований).

Щоб використовувати один і той же обмежує об'єкт кілька разів,

натисніть  .

Якщо необхідно змінити обмежує об'єкт, натисніть ту ж кнопку, щоб звільнитися від нього.

Скасуйте вибір поточного об'єкта, або клацнувши по галочці відразу за написом *Граничний об'єкт*, або клацнувши у вільному місці графічного вікна.

Виберіть новий обмежує об'єкт.

Тимчасовий контур може бути створений за допомогою кнопки *Створити контур* на панелі інструментів редагування. Цей контур автоматично стає обмежуючим об'єктом і видаляється відразу після виконання обмеження.

Обмеження каркасного об'єкта каркасних об'єктом

Вибрані об'єкти автоматично обмежуються. Від того, де були обрані об'єкти, залежить, як вони будуть обмежені.

Ви можете обмежити відразу кілька каркасних об'єктів, вибравши їх рамкою.

При натиснутій кнопці *Обмежити обидва* , при обмеженні лінії лінією обмежуються обидві лінії.




Інші можливості цієї команди будуть розглядатися при побудові і редагуванні поверхонь

Обмежити до точки

Обмежує або продовжує об'єкт до заданої точки. При роботі з поверхнею необхідно вибрати крайню криву до вибору команди.

Або 'потягніть' за край об'єкта, або вкажіть точку на об'єкті (або творчу криву для поверхні) до якої слід обмежити обраний об'єкт.

Якщо 'потягніть' край об'єкта, він буде продовжений або обрізаний до точки, в якій буде відпущена кнопка миші.

За замовчуванням, об'єкти продляються лінійно. Для радіального продовження об'єктів необхідно натиснути кнопку *Тип екстраполяції* ,

щоб змінити її вигляд на .

Натискання кнопки *Інше рішення* перебирає всі можливі варіанти обмеження об'єкта.

Розрізати

Ця команда допомагає розрізати на частини каркасні об'єкти:

- Розрізати об'єкт у зазначеній точці
- Розрізати об'єкт на задану кількість рівних частин
- Вирізати частину об'єкта

Обмежити до перетину

Ця команда використовується для видалення частини об'єкта простим клацанням миші.

Видаляється зазначена частина каркасного об'єкта до найближчої точки його перетину з іншим каркасним об'єктом.


Перемістити

Ця команда переміщує або копіює вибрані об'єкти на заданій відстані.



При виборі команди в графічному вікні відобразиться Базова точка.

Якщо необхідно змінити положення базової точки, то можна використовувати два способи: перетягнути маркер базової точки мишею або

натиснути на кнопку *Змінити базову точку*  і поставити нову точку

Якщо Ви хочете перемістити копію об'єкта, натисніть кнопку *Зробити копію*. В поле *Кількість копій* введіть значення.

Задайте точку, в яку Ви хочете перемістити об'єкт.

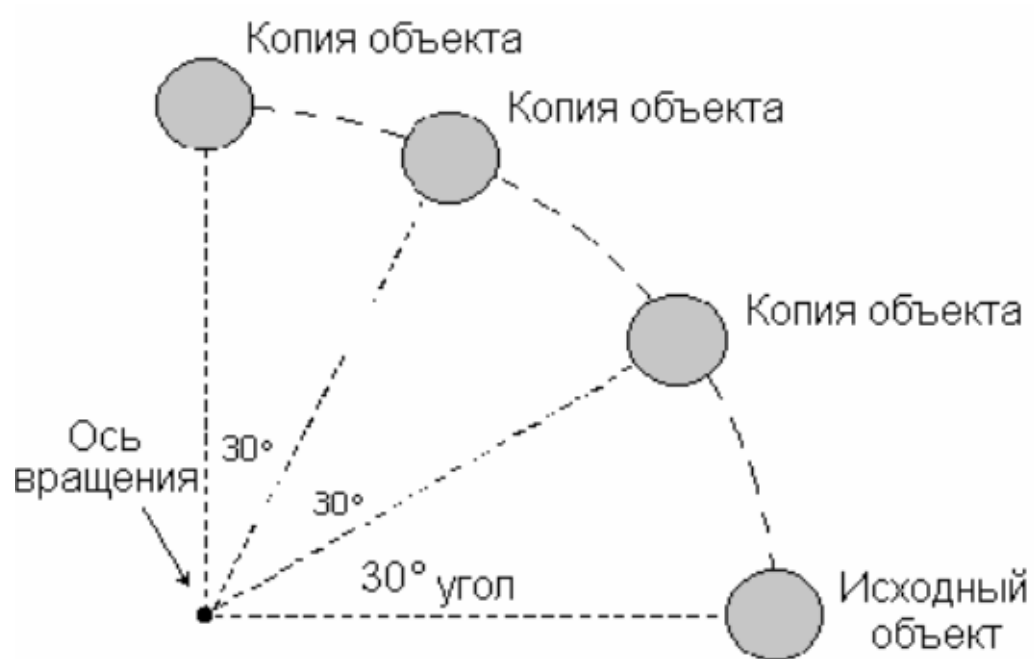
Повернути

Дозволяє повернути обрані об'єкти на заданий кут навколо осі, перпендикулярної активної площини.



Наприклад, якщо активною є площину YZ, об'єкти обертаються навколо осі X.

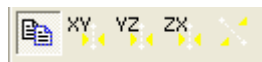
Можна повернути сам об'єкт або створити одну або кілька копій. На малюнку нижче наведений приклад, в якому три копії об'єкта були повернені на 30 градусів кожна.



4.2 Поняття відображення об'єкту, його масштабування та створення еквідистанти

Відобразити 

Ця команда відображає або створює симетричні об'єкти.



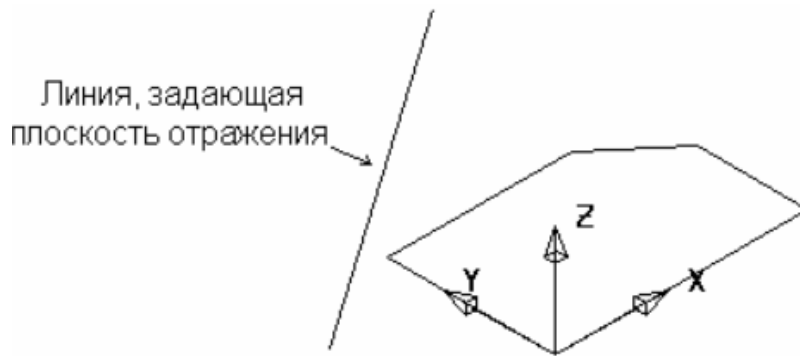
Існує чотири методи встановлення площини відображення:

- Щодо лінії існуючої в моделі
- Перетяганням обраних об'єктів паралельно площинах XY, YZ і ZX
- Щодо тимчасової лінії
- Щодо площин поточної системи координат

Відображення відносно лінії

Виберіть відображаються об'єкти.

Наприклад, відобразити замкнутий контур щодо лінії, показаної нижче.



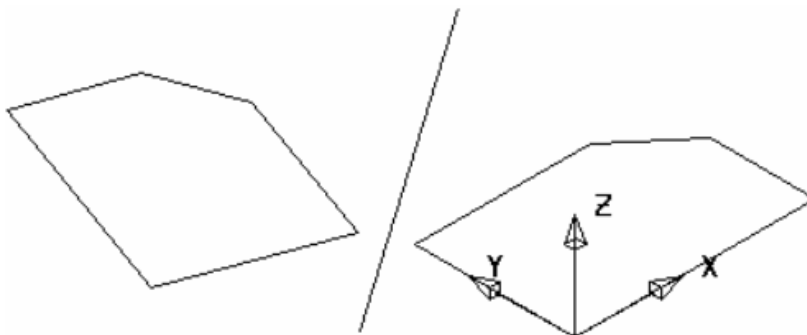
- Виберіть команду.

Курсор перетвориться в люстерко.

За замовчуванням кнопка *Зробити копію* - НАТИСНУТА. Якщо ВІДЖАТИ цю кнопку, буде дзеркально відображений сам об'єкт, а не його копія.

- Виберіть лінію.

Об'єкти будуть відображені щодо цієї лінії.



Відображення перетягуванням вибраних об'єктів

Ви можете динамічно відображати об'єкти відносно площини, паралельної площинам XY , YZ або ZX .

Виберіть об'єкти, що відображаються.

Виберіть команду.

Перетягніть вибрані об'єкти перпендикулярно передбачуваної площині відображення.

У процесі руху курсору з'являється зображення площині відображення з нанесеними на неї буквами. Вони показують, який з площин системи координат вона паралельна. Відображаються об'єкти слідує за рухом курсору.

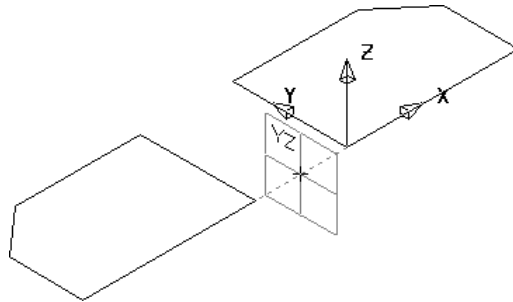
У нашому прикладі об'єкт перетягується уздовж осі Y , що призводить до появи площині відображення, паралельній площині ZX :

Отражение перетаскиванием выбранных объектов

Вы можете динамически отображать объекты относительно плоскости, параллельной плоскостям XY, YZ или ZX.

Выберите отображаемые объекты.

Якщо перетягнути об'єкти вздовж вісі X, отримаємо:



При ізометричному зображенні моделі можна відображати щодо всіх трьох площин. Якщо працювати в 2D проекції, доступними будуть тільки дві з них.

Коли влаштує вас результат досягнутий, відпустіть кнопку миші.

Відображення щодо тимчасової лінії

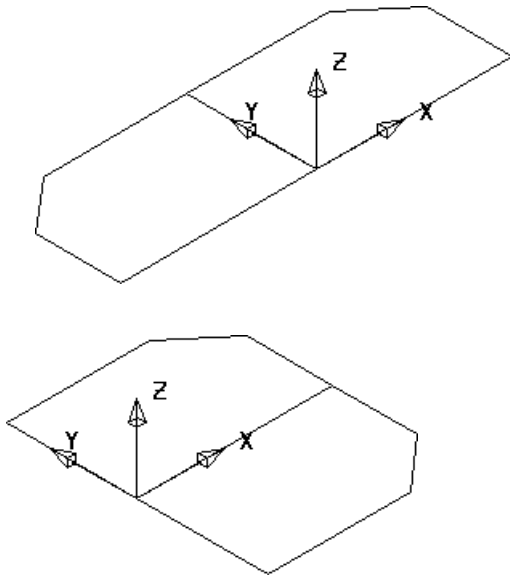
Ви можете задати площину відображення, створивши тимчасову лінію. Лінія завжди створюється на активній площині.

Відображення щодо площин

Для відображення виберіть на панелі інструментів редагування одну з кнопок XY, YZ, ZX. Вибрані об'єкти позначаються щодо зазначеної площині.

Наприклад, для наших об'єктів

вибір кнопки YZ Вибір ZX



Еквідистанта

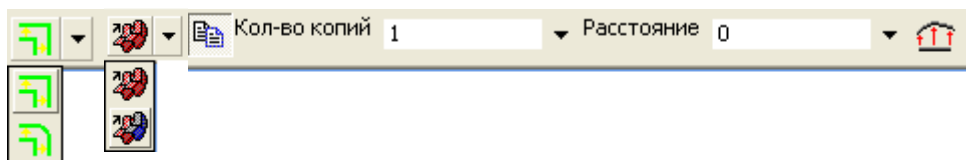
Ця команда створює об'єкти, еквідистантно обраним.

У вікні списку знаходяться команди для побудови еквідистанти різними способами.

Засоби побудови:

- *залишити переломи* - коли будується еквідистанта, будь-які кути в зміщаються об'єктах ігноруються;
- *скруглить кути* - коли будується еквідистанта, будь-які кути в зміщаються об'єктах скругляються;

Ці способи мають силу в тому випадку, якщо при використанні каркасних об'єктів, об'єкти об'єднані в контур; якщо при використанні поверхонь - це єдина поверхню.



Меню стає активним, коли обрана поверхню.

- *Завжди створювати еквідистанту поверхні*. Поверхні з розривами по дотичності залишатимуться поверхнями в процесі зсуву.

- *розбити поверхню в місцях розриву*. Зміщується поверхню буде твердим тілом, навіть якщо спочатку вона була поверхнею.

При виклику команди на об'єкті з'являється стрілка, яка вказує напрямком побудови. Якщо необхідно побудувати еквідистанту в протилежному напрямку, клацніть по стрілці або введіть від'ємне значення в полі *Відстань*.

Остання команда в меню "Змінне зміщення" дозволяє еквідистантно змістити: для одиночної поверхні - чотири точки, для кривої - необхідні точки кривої.

Для змінного зміщення поверхні необхідно ввести в діалоговому вікні "Змінне зміщення" значення для чотирьох точок на зовнішньому кордоні поверхні; для зміщення кривої - ввести значення для тих точок, які повинні бути зміщені і задати напрямком дотичних векторів (Опція "Звільнити касательні").



Масштабування

Ця панель інструментів містить такі методи масштабування.

- Пропорційне
- Не пропорційне
- В заданий об'єм
- Динамічне масштабування



Масштабування в об'єм

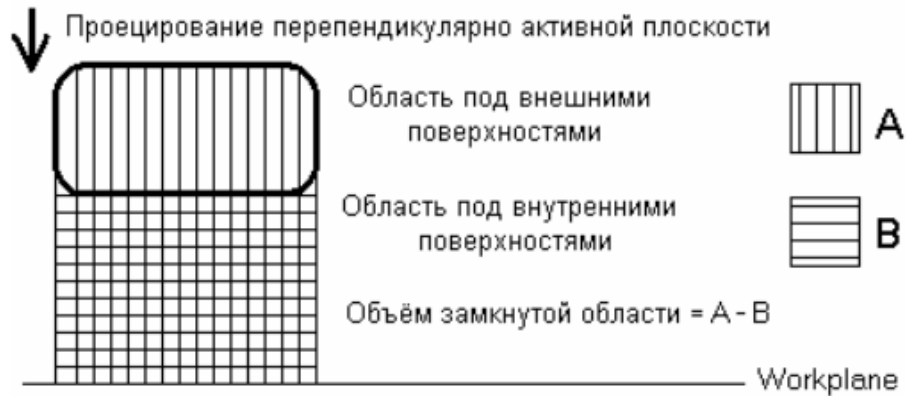
Цей метод дозволяє масштабувати поверхні таким чином, щоб вони мали заданий обсяг.

Після вибору об'єктів в текстовому полі на панелі інструментів редагування з'явиться поточний обсяг обраних об'єктів. Задайте нове значення і натисніть Enter або просто виведіть курсор з поля.

Тіла та поверхні-примітиви будуть конвертовані в звичайні тіла і поверхні.

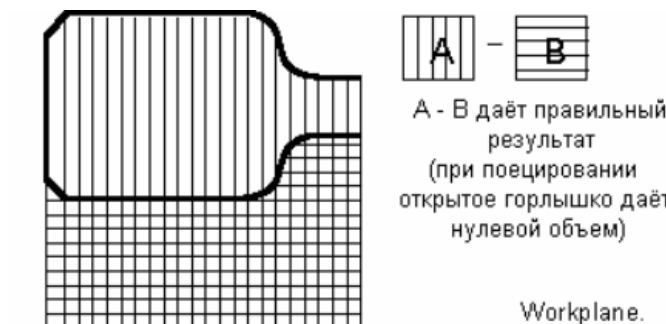
При обчисленні обсягу з відкритою поверхнею система проектує поверхні на активну площину, а потім обчислює обсяг отриманої області:

- 1) дивлячись перпендикулярно активної площини, обчислюється обсяг між зовнішньою частиною поверхні і активної площиною (Об'єм А).
- 2) дивлячись перпендикулярно активної площини, обчислюється обсяг між внутрішньою частиною поверхні і активної площиною (Об'єм В).
- 3) з Об'єму А віднімають Об'єм В.



Для відкритої поверхні обсяг не однозначний і залежить від того, яким чином поверхню орієнтована щодо активної площини.

Розглянемо обчислення обсягу на прикладі пляшки. Якщо пляшка коштує вертикально над активною площиною, то обсяг під зовнішньою частиною пляшки не врахує область під відкритим шийкою. Тому, отриманий в результаті віднімання обсягу під внутрішніми поверхнями, результуючий обсяг буде не коректним.



Якщо покласти пляшку на бік, відкрите горлечко вже не вноситиме спотворень в обчислення обсягу тому, що при погляді зверху воно вироджується в лінію. При такій орієнтації пляшки обсяг буде вираховано вірно.



Треба бути обережним при обчисленні обсягу складних поверхонь, які не мають плоскою відкритої області. По можливості, замикати поверхні перед обчисленням обсягу або розташовувати їх відносно активної площини так, щоб відкриті ділянки не вносили похибки в вимірювання.

Для замкнутої поверхні немає ніякої двозначності. Це дійсно реальний обсяг поверхні.

Розтягнути



Ця команда дозволяє розтягнути каркасні об'єкти.

Щоб розтягнути каркасний об'єкт:

Виберіть рамкою точки об'єктів. Всі точки, що потрапили в рамку переміщуються при розтягуванні.

Точки, які використовуються при розтягуванні кожного типу об'єктів, наведені нижче.

Лінія - початкова і кінцева точки.

Дуга - початкова і кінцева точки.

Сплайн і контур - всі крапки.

4.3 Створення проєкції та масиву об'єктів

Проектувати на площину



Проектує об'єкти на задану площину

Проектувати на поверхню



Проектує вибрані точки на обрану поверхню

Створення масиву



Створення масивів елементів декількох форм: прямокутник, стільники, окружність і задана крива.

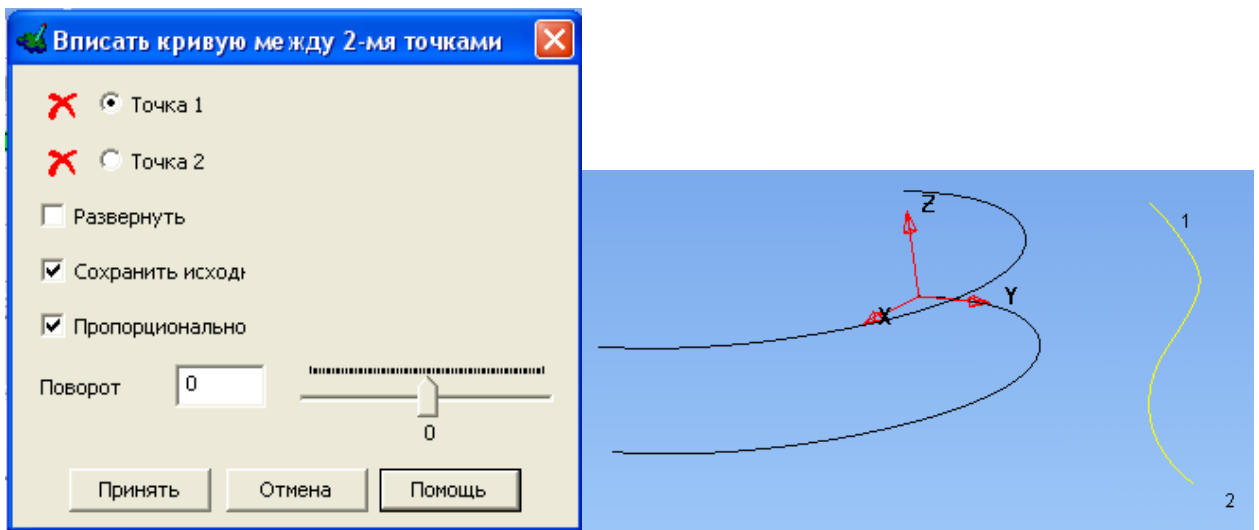
Вставка кривої



Размещення кривої між двома точками на одному або на різних об'єктах. Крива копіюється з обраного об'єкта.

Зауваження: Можна використовувати будь-яку незамкнуту криву або лінію.

Виберіть криву. Виберіть команду *Вставити криву*. З'являється діалогове вікно і на обраній кривій можна побачити дві точки.



Необхідно вказати точку на одній кривій, потім в діалоговому вікні встановити перемикач на точку 2 і вказати другу точку на іншій кривій. З'явиться пунктирна крива між зазначеними точками на кривих. У діалоговому вікні, використовуючи опції, визначити остаточну геометрію кривої

Кожна опція діалогового вікна описана нижче.

Развернуть - звернути напрямок нової кривої.

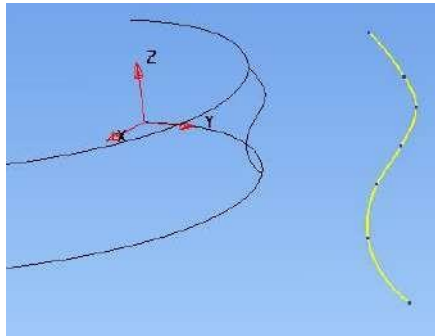
Зберегти вихідну - не видаляти вихідну криву.

Пропорційно - нова крива масштабується пропорційно (зберігається відношення ширини до висоти).

Поворот - кут повороту нової кривої. Крива обертається між двома заданими точками.

Прийняти - створити нову криву із заданими опціями.

Результат вставки кривої



лекція 5

Тема 5. Криві. Побудова і редагування кривих

5.1 Побудова кривих

5.2 Редагування кривих Безьє

5.1 Меню "Крива" і побудова кривих



Створити сплайн

Створити скруглення по радіусу

Створити скруглення з обрізанням

Створити сплайн Скруглення

Створити NURB сплайн

Створити G2-сплайн

Створити контур

Створити лінію роз'єму

Створити перетин

Лінія перетину

Проектування

Накладення кривих

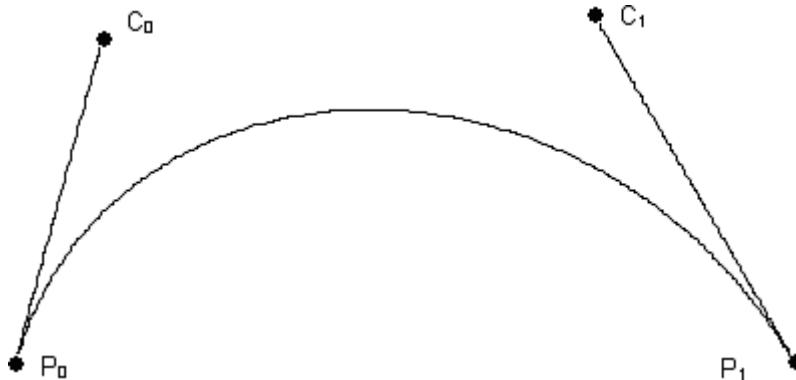
Розгортка кривих

Крива - це шлях, що з'єднує кілька точок.

Типи кривих в PowerSHAPE: криві Безьє - параметричні кубічні сплайни (команда *Сплайн*), NURB сплайни, G2-сплайни.

Уявлення кривих Безьє

Положення кривої між двома точками кривої задається двома контрольними точками C_0 і C_1 , які разом з опорними точками P_0 і P_1 (точками, через які проходить крива) утворюють дотичні вектори C_0P_0 і C_1P_1 .

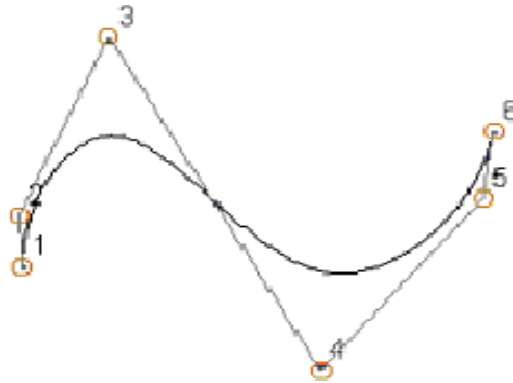



Ці контрольні точки також визначають напрямки дотичних і довжину дотичних в кінцевих точках (P_0 і P_1). Змінюючи напрямки і довжини дотичних векторів, можна повністю контролювати форму кривої, включаючи переломи в точках кривої. Кожна точка кривої має дві контрольні точки: одна визначає поведінку кривої до точки, друга - поведінка кривої після точки.

Відповідно кожна точка кривої має два дотичних напрямки: одне визначає поведінку кривої до точки, друге - після точки. Дотичне напрямки ДО точки завжди направлено до точки, а дотичне напрямки ПІСЛЯ точки завжди направлено від точки. Дотичні вектори до і після точок можуть бути задані або звільнені (щоб створити «криву з мінімальними напруженнями»). Якщо дотичне напрямки ДО одно дотичному напрямку ПІСЛЯ, то в опорній точці перегину не буде.


Побудова NURB-сплайна і редагування

Побудова NURB-сплайна в системі PowerSHAPE спрощено, тобто не вимагає вказівки ступеня поверхні, ваги точок. Для побудови NURB-сплайна необхідно вибрати команду і ввести точки. Побудована крива буде проходити через зазначені точки. Після побудови кривої, якщо виділити криву, буде відображатися ламана крива з маркерами, за допомогою яких можна редагувати криву




На панелі *Редагування кривих* для редагування NURB-сплайна повинна бути включена кнопка  редагувати як Безьє або NURB. В такому випадку доступні наступні команди:

- вибрати точки
- ім'я кривої
- нумерація точок
- розгорнути криву
- додати точку
- конвертувати в сплайн

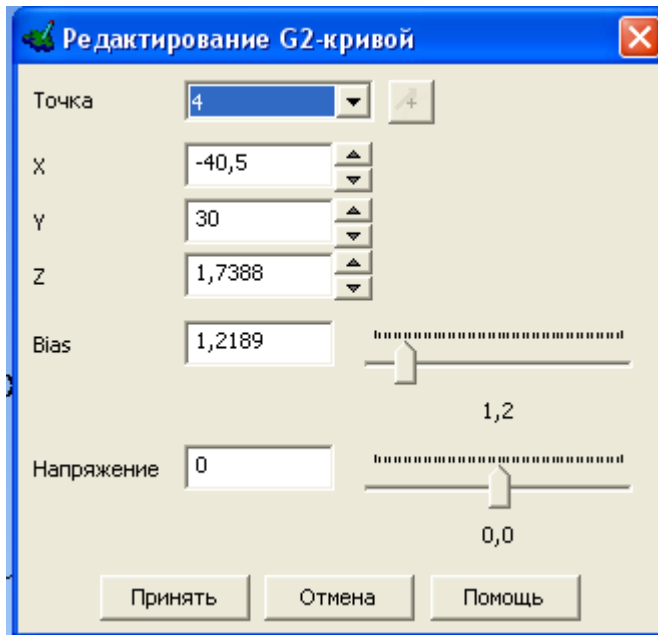
Якщо натиснути на піктограму кнопки, то замість неї з'явиться інша піктограма. 

В цьому випадку стають доступними всі команди для редагування кривої Безьє, і крива NURB при редагуванні автоматично перетворюється в криву Безьє.

Побудова G2-сплайна і редагування

Побудова G2-сплайна аналогічно побудові кривої Безьє. Крива G2 має більш плавний перехід кривизни і відповідно епюру кривизни. Для редагування кривої необхідно натиснути піктограму на панелі *Редагування кривої*. 

З'явиться діалогове вікно *G2- Редагування кривої*.



Для редагування необхідно вибрати точку на кривій.

Опції редагування:

- зміна положення точки по координатах X Y Z;
- установка точного напрямку дотичної;
- визначення напрямку кривої в певній точці;
- регулювання напруги в точці.

Якщо зробити редагування кривої без використання діалогового вікна, крива автоматично втрачає властивості G2-кривої і перетворюється в криву Безьє.

3.2 Редагування кривих Безьє

Передбачено графічне редагування кривих і за допомогою команд на панелі інструментів Редагування кривих.

3.2.1 Графічне редагування кривих

Переміщення точки - виділити точку на кривій, натиснути ліву кнопку миші і, не відпускаючи її, перемістити точку в потрібне положення. Також можна з клавіатури ввести відносне переміщення по осях XYZ.

Додавання нових точок - виділити точку на кривій, натиснути клавішу Ctrl і ліву кнопку миші і, не відпускаючи її, перемістити точку по кривій.

Зміна дотичних векторів з будь-якого боку точки.

Виділити точку на кривій. З'явиться маркер. Маркери контрольних точок одночасно змінюють і дотичні напрямку, і довжини дотичних векторів. При переміщенні цих маркерів розумний курсор підказує довжину дотичного вектора. Щоб змінити тільки довжину дотичного вектора, не змінюючи напрямку, треба тягнути контрольну точку строго уздовж дотичного вектора, відхиляючись від нього не більше, ніж на 5 градусів. Будь-яке відхилення на більший кут призведе також і до зміни дотичного напрямку. Маркери

дотичних векторів складаються з двох частин. Дальня від точки частина маркера змінює тільки дотичне напрямку ДО або ПІСЛЯ точки. Найближча ж до точки частина маркера змінює одночасно обидва дотичних напрямки. Довжини дотичних векторів при цьому не змінюються.

Якщо клацнути по ближньої до крапки частини маркера ДО, то дотичне напрямку ПІСЛЯ буде вирівняно по напрямку ДО. Таким чином, можна згладжувати переломи на кривих і поверхнях.

Графічний вибір точок кривої.

Клацання по точці вибере її, що призведе до появи маркерів точки. Shift-клік по наступній точці - додасть точку до обраних точках. Ctrl-клацання - звертає вибір, тобто вибір для раніше обраної точки або вибирає які раніше не обрану. Аналогічним чином клавіші Shift і Ctrl діють при виборі точок рамкою. Натискання клавіші Shift при виборі рамкою призведе до додавання до вже обраним точкам всіх точок, що потрапили в рамку. Одночасне натискання клавіш Ctrl і Shift і вибір точок рамкою видалить точки зі списку обраних об'єктів.

3.2.2. Панель інструментів "Редагування кривих"



Найменування команд і їх призначення:

Вибрати точки на кривих - відкриває діалогове вікно, в якому можна вибрати точки по їх номеру, при цьому для додавання точок до обраних, можна використовувати клавіші Ctrl і Shift.

Видалити точку - видаляє обрані точки на кривих.

Додати точку - відкриває діалогове вікно, яке дозволяє додати точки наступними способами: З відомим параметром (вводиться значення між номерами точок, приміром, вставити точку рівновіддаленість від другої і третьої точок, вводиться значення - 2,5); Поруч з точкою (необхідно поставити крапку в просторі); На відстані від точки (створює нову точку на вказаній відстані від обраної точки вздовж кривої. Якщо на кривій немає обраної точки, використовується точка 1)

Змінити дотичні вектори - відкриває діалогове вікно, яке дозволяє змінити дотичні напрямку.

Елементи діалогового вікна:

Дотичні уздовж / поперек кривої - (тільки для поверхонь) дозволяє вибрати, яка пара дотичних векторів буде змінюватися - в поздовжньому або поперечному напрямку поверхні.

Напрямок - використовується для редагування дотичних напрямків. Для редагування потрібно вибрати один з варіантів: До і Після; до; Після.

Сім кнопок допомагають задати дотичне напрямку:

Напрямок вектора - дозволяє точно задати дотичне напрямком уздовж осей XYZ. Для цього необхідно вказати одиничний вектор.

Спрямити - спрямляє ділянку кривої до або після обраних точок.

Контрольна точка - дозволяє точно задати нове положення контрольної точки, при цьому показує поточні її координати. (Доступна, якщо Напрямок задано як До, або як Після).

Звільни - звільняє довжину вектора (до і після) і згладжує криву в кожній виділеній точці. Якщо довжина вектора задана, просто перераховується напрямком.

Напрямок нормалі - (тільки для поверхонь) дозволяє точно задати напрямком нормалі площини, в якій будуть лежати всі чотири дотичних вектора точки.

Нахил / Поворот - (тільки для лонгітуд / латераль) дозволяє задати кути нахилу і повороту для виділених точок поверхні.

Азимута / елевацією - дозволяє задати кути азимута і елевації.

Довжина - задає довжину дотичного вектора. Для редагування потрібно вибрати один з варіантів: До і Після; до; Після. Значення довжини дотичного вектора можна задати в текстовому полі.

Звільни - звільняє довжину вектора.

Масштаб довжини - дозволяє масштабувати довжину векторів, переміщаючи бігунок по лінійці.

Вмикання / вимикання нумерацію точок - дозволяє відобразити нумерацію точок кривих

Вмикання / вимикання графік кривизни - дозволяє відобразити епюру кривизни кривих. Епюра кривизни показує кривизну уздовж кривої. На ділянках меншою кривизни епюра коротше, на ділянках більшої кривизни - більше. Епюра кривизни кривих, що утворюють поверхні показує кривизну уздовж кривих по нормалі до поверхні.

Ім'я кривої - дозволяє змінити ім'я кривої.

Розгортити криву - змінює напрямком нумерації точок кривої на зворотне.

Перенумерувати криву - дозволяє зробити першої іншу точку. Для цього необхідно замкнути криву, виділити точку, яка повинна бути першою, і вибрати команду.

Відкрити криву - якщо крива замкнута, дозволяє відкрити криву

Замкнути криву - якщо крива відкрита, дозволяє замкнути криву

Згладити криву - згладжування кривої забезпечує безперервність дотичній в потрібній точці. Положення точки при цьому може змінитися. На не замкнута кривих можна вибирати крайні точки. При виборі команди з'являється діалогове вікно, в якому можна встановити опцію "разместить точки близько до вихідного положення". Якщо цей прапорець встановлений, точки на згладженої кривої розміщуються близько до їх вихідного положення. В іншому випадку точки розміщуються рівномірно по згладженому ділянці кривої.

Об'єднати і згладити криві - для контурів ця операція виключає розриви і перевизначає точки в межах точності, яка встановлена в рядку стану. Для кривих - тільки перекидає точки в межах допуску.

Апроксимувати дугами - криві конвертуються в контури і вихідна геометрія контуру містить апроксимірованими дуги. З'явиться повідомлення про кількість дуг, вписаних в контур. При маленькому значенні точності може бути вписано величезна кількість дуг. Зменшити цю кількість можна, збільшивши значення точності.

Змінити кількість точок - дозволяє змінити кількість точок кривої або ділянки кривої шляхом рівномірного розміщення заданої кількості точок. Для кривої, що утворює поверхню, можна змінити розміщення точок по кривій, але не можна додати нові точки.

Додати криву - дозволяє додати будь-каркашний об'єкт до контуру, сплайн до сплайну. Якщо краї додається об'єкта не збігаються, буде додано додатковий сегмент кривої.

Редагувати як Безьє або NURB - перемикає режим редагування кривих.

Точна підгонка - дозволяє точно пересувати точки кривої.

G2-редагування - викликає діалогове вікно для редагування G2-кривої.

Зберігати прямі ділянки - дозволяє зберігати прямі відрізки при редагуванні точок.

Згладжувати - Додаткове згладжування - якщо опція включена, у точок по обидві сторони від редагованої точки (якщо самі вони не редагуються) звільняються дотичні і довжини дотичних, тобто при переміщенні точки зберігається згладжування.

Вмикання / вимикання Активні розміри - дозволяє відобразити всі активні розміри для обраного контуру. У цьому режимі можна редагувати значення розмірів. Для цього необхідно виконати подвійне клацання по значенню розміру і ввести у вікні нового значення. Контур буде перебудований.

Створити розміри вручну - дозволяє додати розмір до активних розмірами контуру, при цьому буде створено залежний розмір, так як контур вже має всі необхідні розміри.

Решта піктограми призначені для проставляння розмірів вручну і їх редагування.

Лекція 6

Тема 6. Поверхні. Створення параметризованих поверхонь Створення поверхонь з мережі кривих

6.1 Загальне поняття поверхні

6.2 Створення параметризованих поверхонь

6.2.1 Поверхні-примітиви

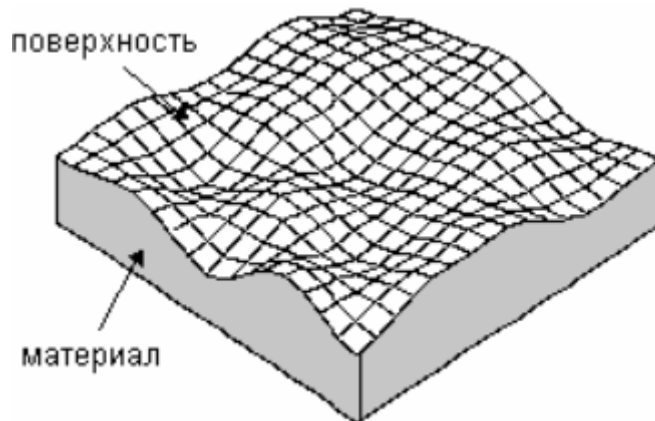
6.2.2 Поверхня витягування

6.2.3 Поверхня обертання

6.3 Створення поверхонь з мережі кривих

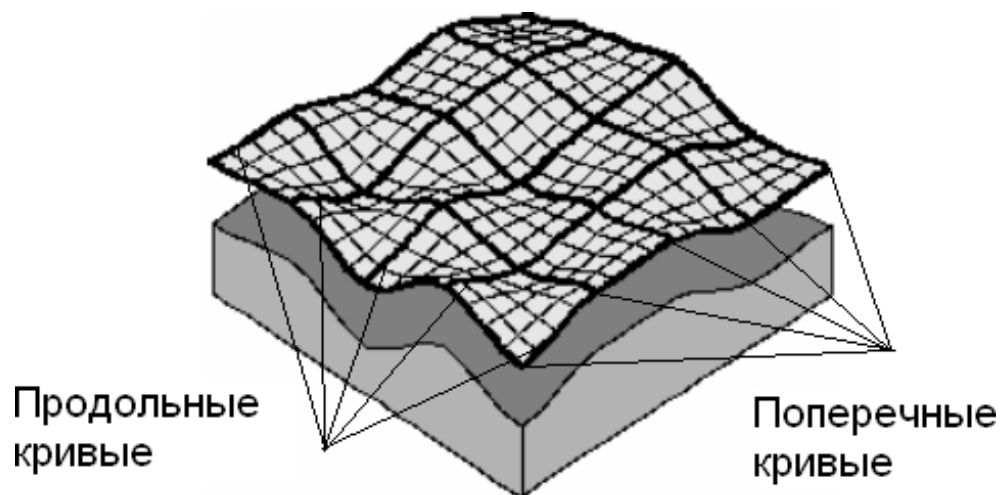
6.1 Загальне поняття поверхні

Поверхню можна уявити як нескінченно тонкий зовнішній шар матеріалу.



Модель поверхні - математичне уявлення поверхні.

Поверхня складається з мережі (або каркаса) кривих: поздовжніх (longitudinal) і поперечних (lateral).



Щоб відредагувати поверхню, необхідно відредагувати криві.

Поряд з поверхнями, створеними з набору кривих, в PowerSHAPE є ряд параметризованих поверхонь:

- примітиви - площина, блок, сфера, циліндр, конус і тор

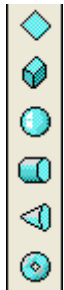
- поверхня витягування
- поверхня обертання

Для редагування параметризованих поверхонь необхідно змінити їх складові параметри. Наприклад, для циліндра - діаметр циліндра і довжину. Щоб відредагувати криву параметризованої поверхні, необхідно її конвертувати в звичайну поверхню. Після конвертації крива перестає бути параметризованою і її не можна повернути в початковий стан.

6.2 Створення параметризованих поверхонь

При натисканні піктограми *Поверхня* з'являється меню команд для побудови поверхонь.

6.2.1 Поверхні-примітиви



- Площина
- Блок
- Сфера
- Циліндр
- Конус
- Тор

Всі примітиви мають маркери, подібні маркерами *Workplane*. Вони можуть бути використані для перенесення, обертання навколо осей, зміни базових розмірів: довжини ширини, діаметра, висоти і т.д. Також можна викликати діалогове вікно для редагування подвійним клацанням миші на об'єкті або вибрати потрібні команди з контекстного меню.

6.2.2 Поверхня витягування



Для створення поверхні необхідно створити контур, і витягнути його: виділити контур, вибрати з меню *Поверхня* команду *Поверхня витягування*, в діалоговому вікні задати параметри витягування.

Основні опції команди:

Довжина - дозволяє задати довжину витягування щодо активної площини в напрямі осі.

Негативна довжина - дозволяє задати довжину витягування в протилежному напрямку активної осі.

Рівні довжини - створює поверхню симетрично активної площини зі значенням, встановленим у вікні "Довжина".

Ухил - дозволяє задати ухил витягування щодо активної площини. Кут вимірюється від нормалі до площини базової кривої.

Нахил - якщо встановлений цей прапор, то зміна напрямку осі Z поверхні призведе до зміни напрямку витягування, але базова крива при цьому залишиться на місці.

Вивернути - дозволяє змінити напрямок нормалі поверхні.

Залишити криві - при кожному натисканні цієї кнопки, копія вихідної кривої, використуваної для створення поверхні витягування, додається в модель.

Змінити ... - дозволяє редагувати криву.

Замінити - дозволяє замінити базову криву на нову.

6.2.3 Поверхня обертання



Поверхня обертання будується в послідовності аналогічно команді *Витягування*. Побудова виконується в активній площині. Наприклад, якщо необхідно обертати контур щодо осі Z, то необхідно задати активну площину XY, тобто в рядку стану натиснути кнопку Z.

6.3 Створення поверхонь з мережі кривих



З мережі кривих

З роздільних кривих

Створити розгортається поверхню
обмежена поверхню

вписана поверхню

Поверхня з провідною кривої

Поверхня по двом провідним

Створити поверхню міхур

Створити поверхню з клаптів

Поверхня з мережі кривих

Необхідна умова побудови: криві повинні припинятися між собою.

Побудова:

- Вибрати мережу кривих

- Вибрати команду. З'явиться діалогове вікно, яке розширює можливості побудови:

Криві - прапорець в цьому полі вказує на те, що криві обрані. На цьому етапі можна скасувати вибір кривих або додати до обраних.

Перегляд - показує поверхню, створену з поточного набору кривих з поточними параметрами.

Опції - викликає діалогове вікно "Параметри поверхні з мережі кривих", яке використовується для зміни параметрів створення поверхні.

Виконати - створює поверхню. Діалогове вікно залишається на екрані, що дозволяє продовжити створення поверхонь з інших кривих.

Прийняти - створює поверхню і закриває діалогову панель.

Скасування - закриває діалогову панель, не створюючи поверхні.

- Натиснути *Перегляд* або *Виконати*. З'явиться поверхня

- Натиснути *Опції*. Відкриється діалогове вікно:

Вибрані об'єкти - дозволяє вибирати об'єкти, що задають поверхню за призначенням:

Криві - дозволяє додати або змінити набір кривих, використовуваних для створення поверхні.

Кути - дозволить графічно вказати положення кутів поверхні. Для цього необхідно встановити прапор, і в графічному вікні вказати на кривих точку, в якій необхідно створити кут поверхні. Він буде відзначений маркером. Якщо кути не задані, PowerSHAPE призначить кути самостійно, аналізуючи безперервність кривих.

Напрямок - якщо жоден з методів інтерполяції точок не дає очікуваного результату, необхідно встановити прапор і самостійно вказати криву, яка з'єднає необхідні точки. У поверхні ці точки будуть з'єднані гладкою кривою. Направляюча крива повинна проходити через точки всіх поздовжніх і поперечних кривих і бути створена до створення поверхні.

Дотично до поверхні - ця опція доступна, коли в якості кривих обрані контури, створені по краю поверхні. Якщо цей прапорець встановлений, нова поверхня буде створена щодо до поверхонь, за якими створювалися контури. Ця опція доступна тільки в разі, коли *Інтерполяція кривих* встановлено в положення *Відносно*.

Інтерполяція точок - визначає, яким чином додаються додаткові точки, необхідні для вирівнювання кількості точок на кривих. Пропоновані варіанти:

- Довжина дуги (Нові криві будуються шляхом з'єднання точок, що лежать на однаковій відстані по довжині сусідніх відрізків.)

- Дотичне напрямком (Нові криві будуються шляхом з'єднання точок з однаковим дотичним напрямком)

- По ширині кривої (В цьому методі точки проектується на пряму, що сполучає початок і кінець кривої, і порівнюються відстані уздовж цієї лінії, а не по довжині кривої.)

- Ні (Цей метод підходить тільки для кривих з однаковою кількістю точок)

Інтерполяція кривих - визначає кривизну автоматично додаються утворюють. Можливі два варіанти: *Дотична* і *Лінійна*.

Кутова точність - дозволяє задати, чи є точка з'єднання двох кривих кутом (тобто точкою, де зустрінуться поздовжні і поперечні криві поверхні), або вона є проміжною точкою на поздовжньої / поперечної кривої.

Обмежена поверхня (NURBS)

Обмежена поверхню будується по кривим і / або хмари точок.

Діалогова панель "*Налаштування обмеженою поверхні*":

Відносно до сусідніх поверхнях - ця опція доступна, коли в якості кривих задані контури, створені по краю поверхні. Якщо цей прапорець встановлений, створена поверхня буде дотичній до поверхонь, за якими створювалися контури.

Многолоскутна / Однолоскутна - дозволяє вибрати між створенням багато-або однолоскутной поверхні. Однолоскутная поверхня складається з двох поздовжніх і двох поперечних кривих. Многолоскутна поверхню містить більшу кількість утворюють. Зауважимо, що Однолоскутна поверхню забезпечує в загальному випадку велику гладкість, а Многолоскутна поверхню будується швидше, і більш точно слід заданим кривим.

Ступінь поверхні - дозволяє задати ступінь створюваної поверхні.

Вибір міри залежить від обраних об'єктів і очікуваного результату.

Для високих ступенів поверхні характерні:

- гнучкість;
- точне проходження обраної геометрії;
- можливість мати хвилі і складки.

Для малих ступенів поверхні характерні:

- плавність;
- відсутність складок;
- можливість відхилятися від обраної геометрії.

Додати поздовжні / поперечні криві - додає додаткові криві в плоскі і однолоскутні поверхні. Це полегшує візуальне сприйняття, і вибір таких поверхонь ніяк не впливає на їх геометрію

Поверхня по двом провідним

Щоб створити поверхню перетин і провідні криві повинні відповідати таким вимогам:

- Перетин має являти собою одну відкриту криву.
- Кожна провідна крива повинна являти собою одну криву.
- Обидві провідні криві повинні мати однакову кількість точок і обидві повинні бути або розімкнуті або замкнуті.
- Кінці перетину повинні збігатися з кінцями провідних кривих.

Створити поверхню міхур

Дозволяє по будь-якій кривій створити опуклу поверхню

У діалоговому вікні "*Поверхня - міхур*"

Точки - кількість точок в списку відповідає кількості точок на обраної кривої. У кожній з точок можна задати довжину хорди дуги і "висоту міхура". Можна вибрати кілька точок і задати для них загальні параметри.

Довжина - довжина хорди для обраної точки.

Висота - висота для обраної точки.

Вставити - вставка точки між двома існуючими. При вставці точки відбувається перенумерація списку *Точки* і самих точок на кривій. Це дозволяє більш точно задати форму поверхні між двома точками.

Фікс. точки - за замовчуванням ця опція вимкнена до введення значень в поле *Довжина* або *висота*. Якщо опція вимкнена, *Довжина* і *Висота* визначаються за допомогою інтерполяції значень зафіксованих точок. Крайні точки незамкнених кривих зафіксовані за замовчуванням. Нумерація точок - якщо опція включена, відображається нумерація точок вихідної кривої. За замовчуванням ця опція Включено.

Напрямок - дозволяє вибрати напрямок створення поверхні зі списку:

- За нормаллю - уздовж нормалі кривої.
- Радіально - радіально назовні від кривої.
- Вздовж осі - вздовж осі робочої площини.

Список літератури

1. Система автоматизированного проектирования технологических процессов. Руководство пользователя. – 2010. – 275 с.
2. Берлинер, Э. М. САПР в машиностроении / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – М. : ФОРУМ, 2008. – 448 с. – ISBN 978-5-91134-117-6.
3. Капустин, Н. М. Автоматизация машиностроения : учеб. для втузов / Н. М. Капустин, Н. П. Дьяконова, П. М. Кузнецов ; под ред. Н. М. Капустина. – М. : Высш.шк., 2003. – 223 с. – ISBN 5-06-004072-0.
4. Кондаков, А. И. САПР технологических процессов : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Кондаков. – М. : Академия, 2010. – 272 с. – ISBN 978-5-7695-3338-9.
5. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов : учеб. для вузов по спец. «Технология машиностроения», «Металлорежущие станки и инструменты» / С. Н. Корчак, А. А. Кошин, А. Г. Ракович, Б. И. Сеницын ; под общ. ред. С. Н. Корчака. – М. : Машиностроение, 1988. – 352 с. – ISBN 5-217-00237-9.
6. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования : учеб. для вузов / И. П. Норенков. – 2-е изд., перераб и доп. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 336 с. – ISBN 5-7038-2090-1.
7. Общемашиностроительные нормативы режимов резания : в 2 т. / А. Д. Локтев [и др.]. – М. : Машиностроение, 1991. – 640 с. – ISBN 5-217-01190-4.
8. Официальный сайт компании АСКОН, разработчика ВЕРТИКАЛЬ. – Режим доступа : www.ascop.ru.
9. Официальный сайт корпорации «Вектор-Альянс», разработчика «ТехноПро». – Режим доступа : www.tehnopro.com.
10. Официальный сайт компании «СПРУТ-Технология», разработчика СПРУТ ТП. – Режим доступа : <http://www.sprut.ru>.
11. САПР и графика : журнал. – Режим доступа : <http://www.sapr.ru>.

