

Міністерство освіти і науки України



Б. О. Пальчевський, Б.П.Валецький, Т. Л. Вараніцький

СИСТЕМИ 3D МОДЕЛЮВАННЯ

Навчальний посібник

Луцьк 2016

УДК 004.896
ББК 30.2-5-05я7
С-65

Рецензенти:

З.А. Стоцько, д-р техн. наук, професор, Національний університет
«Львівська політехніка» , м. Львів

І.І. Регей, д-р техн. наук, професор, Українська академія друкарства,
м. Львів

В.Д. Рудь, д-р техн. наук, професор, Луцький національний технічний
університет, м. Луцьк

С-65 Системи 3D моделювання: Навчальний посібник/ Пальчевський Б.О.,
Валецький, Б.П., Вараніцький Т.Л. / Луцьк:, 2016 – 176с.

Навчальний посібник присвячено теоретичним та практичним основам геометричного моделювання, описані методи моделювання різних кривих ліній і поверхонь, починаючи від елементарних і закінчуючи раціональними кривими і поверхнями на основі В-сплайнів, розглянуто принципи побудови твердих тіл. Значну частину матеріалу присвячено комп'ютерній графіці.

Представлено перелік лабораторних робіт, в яких викладено теоретичні відомості, методики виконання роботи, вимоги до звіту студента та перелік рекомендованої літератури до кожної роботи.

Навчальний посібник підготовлено згідно з навчальним планом магістерського курсу «Системи 3-D моделювання» за спеціальністю 8.05050206 «Машини і технології пакування».

Затверджено та рекомендовано до друку рішенням Вченої ради Луцького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів (протокол № 13 від 29 червня 2016р.)

УДК 004.896
ББК 30.2-5-05я7

ЗМІСТ

Зміст	3
Анотація	5
ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	6
Тема 1. Історія розвитку та сфери застосування комп'ютерної графіки. Способи представлення та формати збереження графічної інформації	6
Тема 2. Загальні принципи створення твердотільних об'єктів.....	26
Тема 3. Особливості САПР SolidWorks та Pro/Engineersкладних поверхонь	34
Тема 4. Характерні особливості системи PowerSHAPE	39
Тема 5. Тривимірний простір моделі. Глобальна та локальна системи координат	44
Тема 6. Вимоги до побудови ескізів. Використання прив'язок.....	49
Тема 7. Проектування параметризованих деталей	54
Тема 8. Аналітичні криві. Деталі на основі просторових кривих.....	61
Тема 9. Моделювання деталей з формою на основі параметричних поверхонь	68
Тема 10. Основи створення тривимірних каркасів	73
Тема 11. Основи роботи в CorelDraw. Інтерфейс та можливості програми	77
Тема 12. Робота з об'єктами в CorelDraw. Створення, редагування, логічні операції	81
Тема 13. Математичні основи комп'ютерної графіки.....	89
Тема 14. Освітлення Види джерел світла. Моделі освітлення і затінення ..	98
ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	105
Лабораторна робота №1. Побудова площин, створення ескізів в САПР SolidWorks	105
Лабораторна робота №2. Створення моделей простих геометричних тіл в САПР SolidWorks.....	107
Лабораторна робота №3 Тема: «Створення моделі деталі типу «вал» в САПР SolidWorks»	111

Лабораторна робота №4 Тема: «Створення моделі деталі типу «корпус» в САПР SolidWorks».....	115
Лабораторна робота №5. Створення моделі деталі змінного перерізу в САПР SolidWorks	123
Лабораторна робота №6. Створення тіл обертання та тіл по траєкторії САПР SolidWorks	128
Лабораторна робота №7. Створення моделі зварного виробу в САПР SolidWorks	134
Лабораторна робота №8 «Створення складальних одиниць в САПР SolidWorks»	138
Лабораторна робота №9 «Моделювання кінематики складальної одиниці в САПР SolidWorks»	140
Лабораторна робота №10 «Створення каркасних моделей в PowerSHAPE».....	143
Лабораторна робота №11 «Створення складних поверхонь в PowerSHAPE».....	146
Лабораторна робота №12 «Перетворення поверхонь в тіла в Power SHAPE».....	149
Лабораторна робота №13. Робоче середовище та інтерфейс CorelDraw. Побудова та модифікація основних геометричних елементів.....	151
Лабораторна робота №14. Впорядкування об'єктів. Робота з кількома об'єктами. Робота з лініями. Побудова кривих Безьє. Побудова суперлінії.....	153
Лабораторна робота №15. Робота з кольором. Заливки. Перспектива, тіні, екструзія.....	156
Лабораторна робота №16. Створення, форматування та редагування фігурного тексту	160
Тлумачна термінологія.....	163
Форми контролю та критерії оцінювання	172
Перелік контрольних питань	174
Перелік рекомендованої літератури	175

АНОТАЦІЯ

Запропонований курс призначено для тих, хто вивчає і використовує в роботі 3D моделювання для вирішення комп'ютерного промислового дизайну (проектування). Він присвячений також математичному апарату цих систем.

Комп'ютери дозволяють створювати чисельні моделі різних об'єктів. З їх допомогою можна побачити ще не існуючий об'єкт, отримати його геометричні характеристики, виконати дослідження його фізичних властивостей шляхом постановки чисельних експериментів, внести необхідні зміни, підготувати виробництво і, нарешті, виготовити об'єкт. Інструментом для всього цього служать CAD/CAM/CAE системи. С елементом таких систем є математична модель геометрії проектованого об'єкту.

У роботі з системами 3D моделювання використовують різні області знання. Теоретичною основою геометричного моделювання є диференціальна і аналітична геометрія, топологія і розділи обчислювальної математики. Геометричне моделювання вивчає методи побудови кривих ліній, поверхонь і твердих тіл, методи виконання над ними різних операцій і методи управління чисельними моделями.

Дисципліну присвячено теоретичним основам геометричного моделювання, описані методи моделювання різних кривих ліній і поверхонь, починаючи від елементарних і закінчуючи раціональними кривими і поверхнями на основі B-сплайнів (NURBS об'єктами), розглянуто принципи побудови твердих тіл. Значну частин матеріалу присвячено комп'ютерній графіці.

Навчальній посібник підготовлено згідно з навчальним планом магістерського курсу «Системи 3-D моделювання» за спеціальністю 8.05050206 «Машини і технології пакування».

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Тема 1. Історія розвитку та сфери застосування комп'ютерної графіки. Способи представлення та формати збереження графічної інформації

1. *Поняття комп'ютерної графіки*

Визначним досягненням людства в останні десятиріччя є швидкий розвиток електроніки, обчислювальної техніки та створення на їхній основі багатопланової автоматизованої системи комп'ютерної графіки.

На початку свого розвитку комп'ютерну графіку розглядали як частину системного програмування для ЕОМ або один з розділів систем автоматизованого проектування (САПР). Сучасна комп'ютерна графіка становить ряд напрямів і різноманітних застосувань. Для одних із них основою є автоматизація креслення технічної документації, для інших – проблеми оперативної взаємодії людини й комп'ютера, а також задачі числової обробки, розшифрування та передачі зображень.

Однією з основних підсистем САПР, що забезпечує комплексне виконання проектних робіт на основі ЕОМ, є комп'ютерна графіка (КГ).

Комп'ютерною, або машинною, графікою називають наукову дисципліну, яка розробляє сукупність засобів та прийомів автоматизації кодування, обробки й декодування графічної інформації. Іншими словами, комп'ютерна графіка розробляє сукупність технічних, програмних, інформаційних засобів і методів зв'язку користувача з ЕОМ на рівні зорових образів для розв'язання різноманітних задач при виконанні конструкторської та технічної підготовки виробництва.

Вивчення комп'ютерної графіки зумовлене:

- широким впровадженням системи комп'ютерної графіки для забезпечення систем автоматизованого проектування, автоматизованих систем конструювання (АСК) та автоматизованих систем технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) в усіх сферах інженерної діяльності;

- значним обсягом перероблюваної геометричної інформації, що становить 60 .80 % загального обсягу інформації, необхідної для проектування, конструювання та виробництва літаків, кораблів, автомобілів, складних архітектурних споруд тощо;

- необхідністю автоматизації виконання численних креслярсько-графічних робіт;

- необхідністю підвищення продуктивності та якості інженерної праці.

Мета науки - розробка формальних способів побудови двох-, трьох-, а також багатовимірних наочних зображень, максимально реалістичних або

максимально точних з точки зору спостерігача. Наука тісно пов'язана з геометрією, психологією, математикою, моделюванням, комп'ютерним програмуванням. Метою комп'ютерної графіки також є підвищення продуктивності інженерної праці та якості проектів, зниження вартості проектних робіт, скорочення термінів виконання їх.

Завданням комп'ютерної графіки є звільнення людини від виконання трудомістких графічних операцій, які можна формалізувати, вироблення оптимальних рішень, забезпечення природного зв'язку людини з ЕОМ на рівні графічних зображень.

Сучасна комп'ютерна графіка - це досить складна, ґрунтовно пропрацьована і різноманітна науково-технічна дисципліна. Деякі її розділи, такі як геометричні перетворення, способи опису кривих і поверхонь, до теперішнього часу вже досліджені досить повно. Ряд областей продовжує активно розвиватися: методи растрового сканування, видалення невидимих ліній і поверхонь, моделювання кольору і освітленості, текстурування, створення ефекту прозорості і напівпрозорості та ін.

2. Історія розвитку комп'ютерної графіки

Комп'ютерна графіка в початковий період свого виникнення була далеко не такою ефектною, якою вона стала в нинішні дні. В ті роки комп'ютери знаходилися на ранній стадії розвитку і були здатні відтворювати тільки найпростіші контури (лінії). Ідея комп'ютерної графіки не відразу була підхоплена, але її можливості швидко росли, і поступово вона стала займати одну з найважливіших позицій в інформаційних технологіях.

Першою офіційно визнаною спробою використання дисплея для виведення зображення з ЕОМ з'явилася створення в Массачусетському технологічному університеті машини Whirlwind - I в 1950 р.. Таким чином, виникнення комп'ютерної графіки можна віднести до 1950-х років. Сам же термін "комп'ютерна графіка" придумав в 1960 р. співробітник компанії Boeing У. Феттер.

Перше реальне застосування комп'ютерної графіки зв'язують з ім'ям Дж. Уїтні. Він займався кіновиробництвом в 50-60-х роках і уперше використовував комп'ютер для створення титрів до кінофільму.

Батьком-засновником 3D графіки можна назвати Івана Сазерленда - цей талановитий чоловік за часів роботи в університеті аспірантом у 1961 році створив додаток SketchPad. SketchPad - невелика, але революційна програма в світі комп'ютерних технологій, яка дозволяла виробляти на світ перші 3D об'єкти. Програма використовувала світлове перо для зображення простих

фігур на екрані. Отримані картинки можна було зберігати і відновлювати. У цій програмі було розширене коло основних графічних примітивів, зокрема, окрім ліній і точок був введений прямокутник, який задавали розмірами і розташуванням. Саме SketchPad стала тим самим «поштовхом», який послужив бурхливому розвитку тривимірного зображення - саме завдяки SketchPad ми маємо таке 3D, яке воно є.



Рис. 1.1 Одна з перших ЕОМ для роботи з комп'ютерною графікою

У тому ж 1961 р. студент Стів Рассел створив першу комп'ютерну відеогру Spacewar ("Зоряна війна"), а науковий співробітник Bell Labs Едвард Зеджек створив анімацію "Simulation of a two - giro gravity control system".

Захистивши свою дисертацію, що розповідає про світ, яким би він був у 3D (тоді ще ця аббревіатура не застосовувалася), спільно з доктором Девідом Евансом Іван запускає в громадськість свій новий проект - першу в світі кафедру комп'ютерних технологій, а саме векторної і растрової графіки. Переслідують Еванс і Сазерленд при цьому тільки благородні цілі - прилучення талановитих вчених до розробки та вивчення сучасних комп'ютерних та інформаційних технологій. Не встигнувши розігнатися на своєму новому терені, вони знайшли нового союзника - колишнього в той час студента Еда Катмулла (сьогодні він є технічним директором знаменитої мультиплікаційної студії Pixar). Його безумовним досягненням є те, що саме Ед вперше зміг зробити тривимірний об'єкт. Цим об'єктом була модель його власної кінцівки - кисть руки. Тоді це було дуже великим досягненням, і прираховувалося до технологій майбутнього. В 1969 році співпраця Івана з Едом виросла у їх першу власну компанію, що займається розробкою і масовим виробництвом CG

(розшифровується, як computer graphics - комп'ютерна графіка). Назвали її досить просто - «Еванс і Сазерленд».

Спочатку комп'ютерна графіка була векторною, тобто зображення формувалося з тонких ліній. Ця особливість була пов'язана з технічною реалізацією комп'ютерних дисплеїв. Надалі ширше застосування отримала растрова графіка, заснована на представленні зображення на екрані у вигляді матриці однорідних елементів (пікселів).

У середині 60-х кількома талановитими фізиками була організована компанія «Вищих Математичних Технологій», яка повинна була займатися вивченням радіаційних полів. Саме вони зробили наступний широкий крок вперед - їх ПЗ Synthavision, запущене для вивчення радіації перенесло ряд змін - після глобальної адаптації, Synthavision стало можливим застосовувати для рендерингу та як основу «трасування променів» - саме способом трасування променів стало можливим прораховувати геометричні об'єкти, відображення, різні відблиски і т.д.

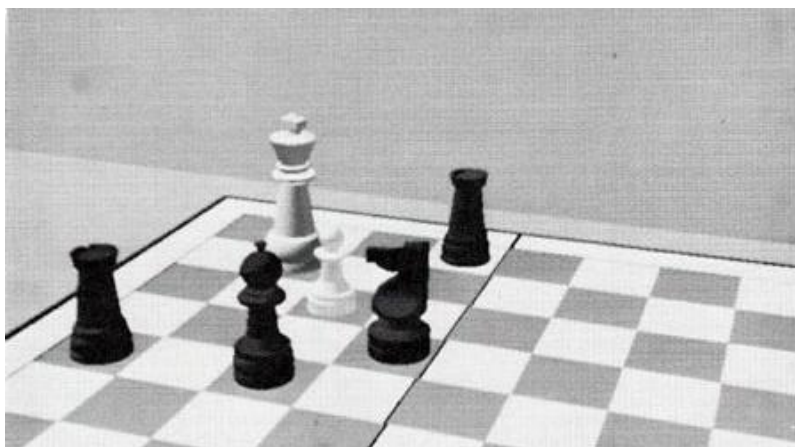


Рис. 1.2 Результат роботи програми Synthavision

Євген Трубецькой і англієць Карл Людвіг внесли, мабуть, найбільший внесок у розвиток "ray-tracing", внісши велику кількість різних змін і налагодивши її роботу до дрібниць. Незважаючи на те, що тогочасні комп'ютери були колосально великими - графіка, відтворена ними, була дуже незграбною. Комп'ютери в той час відрізнялися досить скромними технічними характеристиками, що й перешкоджало просуванню і роботі 3D графіки.

Необхідний був прийнятний результат, а отже, і більш потужні робочі станції. Джим Кларк - один з професорів кафедри CG Стенфордського університету - об'єднавшись з Еббі Сільверстоуном, відкриває в Наприкінці 1981 року компанію, відому як «Силіконова графіка». Випустивши IRIS 1000 - сучасну за тими мірками і дуже потужну машину, Джим і Еббі вирішили продовжити

свою діяльність. І вже через кілька місяців, у світ виходить кілька комп'ютерів, оснащених ОС Unix.

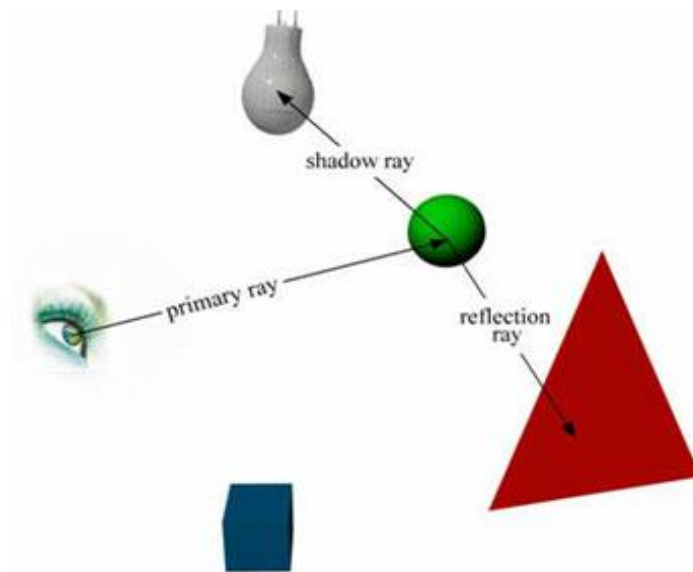


Рис. 1.3 Принцип роботи "ray-tracing"

Університет штату Юта стає центром досліджень в області комп'ютерної графіки завдяки Д. Евансу і А. Сазерленду, які в цей час були найпомітнішими фігурами в цій області. Пізніше їх коло стало швидко розширюватися. Учень Сазерленда став Е. Кетмул, майбутній творець алгоритму видалення невидимих поверхонь з використанням Z-буфера (1978). Тут також працювали Дж.Варнок, автор алгоритму видалення невидимих граней на основі розбиття області (1969) і засновник Adobe System (1982), Дж.Кларк, майбутній засновник компанії Silicon Graphics (1982). Усі ці дослідники дуже сильно просунули алгоритмічну сторону комп'ютерної графіки.

У 1970-і роки відбувся різкий стрибок в розвитку обчислювальної техніки завдяки винаходу мікропроцесора, внаслідок чого почалася мініатюризація комп'ютерів і швидке зростання їх продуктивності. І в цей же час починає інтенсивно розвиватися індустрія комп'ютерних ігор. Одночасно комп'ютерна графіка починає широко використовуватися на телебаченні і в кіноіндустрії. Дж.Лукас створює відділення комп'ютерної графіки на Lucasfilm.

У 1977 р. з'являється новий журнал "Computer Graphics World".

В середині 1970-х років графіка продовжує розвиватися у бік все більшої реалістичності зображень. Е. Кетмул в 1974 р. створює перші алгоритми текстуровання криволінійних поверхонь. У 1975 р. з'являється метод зафарбовування Фонга. У 1977 г. Дж.Блін пропонує алгоритми реалістичного зображення шорстких поверхонь (мікрорельєфів); Ф. Кроу розробляє методи усунення ступінчастого ефекту при зображенні контурів (антиелайзінг).

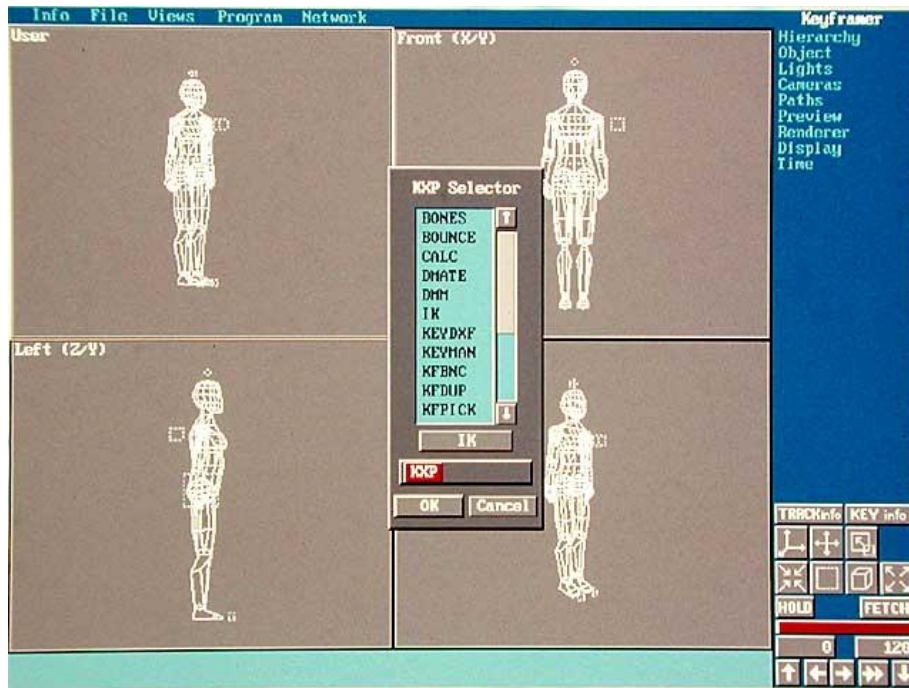


Рис. 1.4 Знімок екрану однієї з перших систем тривимірного моделювання

Дж.Брезенхем створює ефективні алгоритми побудови растрових образів відрізків, кіл і еліпсів. Рівень розвитку обчислювальної техніки до цього часу вже дозволив використовувати «жадібні» алгоритми, що вимагають великих об'ємів пам'яті, і в 1978 р. Кетмул пропонує метод Z -буфера, в якому використовується область пам'яті для зберігання інформації про «глибину» кожного пікселя екранного зображення. У цьому ж році Сайрус і Бек розвивають алгоритми відсікання ліній. А в 1979 р. Кей і Грінберг уперше реалізують зображення напівпрозорої поверхні.

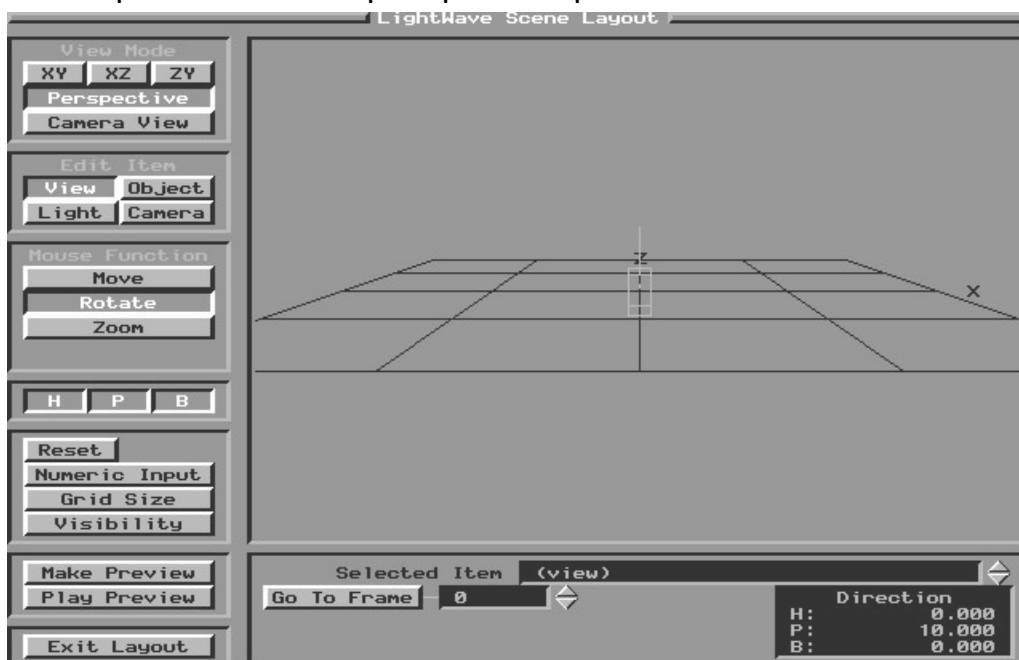


Рис. 1.5 Знімок екрану системи Lightwave

У 1980 р. Т. Уїттед розробляє загальні принципи трасування променів, що включають віддзеркалення, заломлення, затінювання і методи антиелайзингу. У 1984 р. групою дослідників (Горел, Торренс, Грінберг та ін.) була запропонована модель випромінювання, одночасно розвиваються методи прямокутного відсікання областей.

У 1980-і роки з'являється цілий ряд компаній, що займаються прикладними розробками в області комп'ютерної графіки. У 1982 г. Дж.Кларк створює Silicon Graphics, тоді ж виникає Ray Tracing Corporation, Adobe System, в 1986 р. компанія Pixar відгалужується від Lukasfilm.



Рис. 1.6 Векторний дисплей

У ці роки комп'ютерна графіка вже міцно впроваджується в кіноіндустрію, розвиваються додатки до інженерних дисциплін. У 1990-і роки у зв'язку з виникненням мережі Internet у комп'ютерної графіки з'являється ще одна сфера застосування.

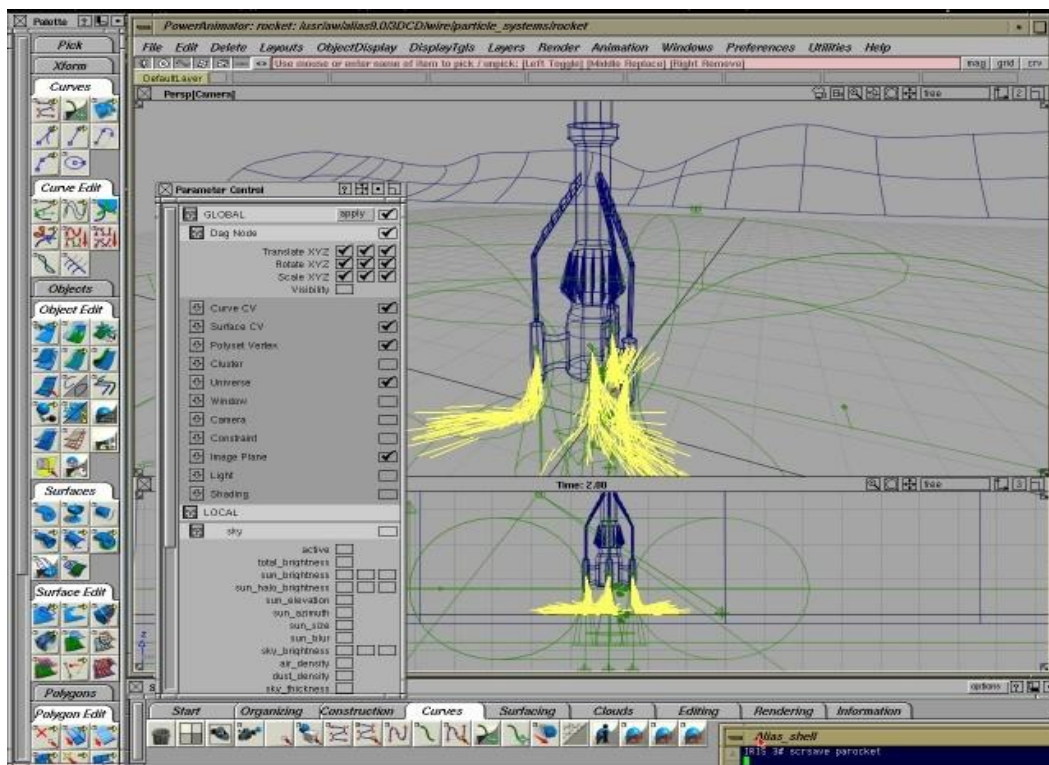


Рис. 1.7. Знімок екрану програми Power Animator

У вітчизняній науці теж були свої розробки, серед яких можна назвати ряд технічних реалізацій дисплеїв, виконаних в різні роки:

1968, ВЦ АН СРСР, машина БЭСМ- 6, ймовірно, перший вітчизняний растровий дисплей з відеопам'яттю на магнітному барабані;

1972, Інститут автоматики і електрометрії (ІАиЭ), векторний дисплей "Символ";

1973, ІАиЭ, векторний дисплей "Дельта";

1977, ІАиЭ, векторний дисплей ЭПГ- 400;

1982, Київ, НДІ периферійного устаткування, векторний дисплей СМ- 7316, 4096 символів, роздільна здатність 2048x2048;

1979-1984, Інститут прикладної фізики, серія растрових кольорових півтонових дисплеїв "Гамма". Останні дисплеї цієї серії мали таблицю колірності, підтримували вікна, плавне масштабування.

Таким чином, в процесі розвитку комп'ютерної графіки можна виділити декілька етапів.

У 1960-1970-і роки вона формувалася як наукова дисципліна. В цей час розроблялися основні методи і алгоритми : відсікання, растрова розгортка графічних примітивів, зафарбовування візерунками, реалістичне зображення просторових сцен (видалення невидимих ліній і граней, трасування променів, випромінюючі поверхні), моделювання освітленості.

У 1980-і графіка розвивається більш як прикладна дисципліна. Розробляються методи її застосування в самих різних областях людської діяльності.

У 1990-і роки методи комп'ютерної графіки стають основним засобом організації діалогу «людина-комп'ютер» і залишаються такими по теперішній час.

У 1993 році компанією Silicon Graphics запропонований стандарт OpenGL (SGI Graphical Language), який широко використовується в даний час. У цих системах використовуються графічні формати для обміну даними, що представляють собою опис зображення у функціях віртуального графічного пристрою (у термінах примітивів і атрибутів). Графічний формат (метафайл) забезпечує можливість запам'ятовувати графічну інформацію єдиним чином, передавати її між різними системами і інтерпретувати для виведення на різні пристрої. Такими форматами стали CGM - Computer Graphics Metafile, PostScript - Adobe Systems 'Language, GEM - GEM Draw File Format та ін..

Роботи по стандартизації були спрямовані на розширення функціональності графічних мов і систем, включення до них засобів опису не тільки даних креслень і 3D-моделей, а й інших властивостей і характеристик виробів. В області автоматизації проектування уніфікація основних операцій геометричного моделювання призвела до створення інваріантних геометричних ядер, призначених для застосування в різних САПР. Найбільшого поширення набули два геометричних ядра Parasolid (продукт фірми Unigraphics Solutions) і ACIS (компанія Spatial Technology). Ядро Parasolid розроблено в 1988 р. і в наступному році стає ядром твердотільного моделювання для CAD / CAM Unigraphics, а з 1996 р. - промисловим стандартом.

3. Сфери застосування комп'ютерної графіки

Сфера застосування комп'ютерної графіки включає чотири основні області.

Відображення інформації

Проблема представлення накопиченої інформації (наприклад, даних про кліматичні зміни за тривалий період, про динаміку популяцій тваринного світу, про екологічний стан різних регіонів і тому подібне) краще всього може бути розв'язана за допомогою графічного відображення.



Рис. 1.8 Перші окуляри віртуальної реальності

Жодна з галузей сучасної науки не обходиться без графічного представлення інформації. Окрім візуалізації результатів експериментів і аналізу цих натурних спостережень існує велика область математичного моделювання процесів і явищ, яка просто немислима без графічного виводу. Наприклад, описати процеси, що протікають в атмосфері або океані, без відповідних наочних картин течій або полів температури практично

неможливо. У геології в результаті обробки тривимірних натурних даних можна отримати геометрію пластів, що залягають на великій глибині.

У медицині нині широко використовуються методи діагностики, що використовують комп'ютерну візуалізацію внутрішніх органів людини. Томографія, як і ультразвукове дослідження, дозволяє отримати тривимірну інформацію, яка потім піддається математичній обробці і виводиться на екран. Окрім цього застосовується і двовимірна графіка: енцефалограми, міограми, що виводяться на екран комп'ютера або графічний пристрій.

Проектування

У будівництві і техніці креслення давно є основою проектування нових споруд або виробів. Процес проектування з необхідністю є ітеративним, тобто конструктор перебирає безліч варіантів з метою вибору оптимального по яких-небудь параметрах. Не останню роль в цьому грають вимоги замовника, який не завжди чітко уявляє собі кінцеву мету і технічні можливості. Побудова попередніх макетів - досить довга і дорога справа. Сьогодні існують розвинені програмні засоби автоматизації проектно-конструкторських робіт (САПР), що дозволяють швидко створювати креслення об'єктів, виконувати прочностные розрахунки і тому подібне. Вони дають можливість не лише зображувати проекції виробу, але і розглянути його в об'ємному виді з різних сторін. Такі засоби також надзвичайно корисні для дизайнерів інтер'єру, ландшафту.

Моделювання

Під моделюванням в даному випадку розуміється імітація різного роду ситуацій, що виникають, наприклад, при роботі чи переміщенні будь-яких машин та механізмів. У англійській мові це краще всього передається терміном *simulation*. Але моделювання використовується також при створенні різного роду тренажерів. У телевізійній рекламі, в науково-популярних і інших фільмах тепер синтезуються рухомі об'єкти, візуально мало поступливі тим, які можуть бути отримані за допомогою кінокамери. Крім того, комп'ютерна графіка надала кіноіндустрії можливості створення спецефектів, які в колишні роки були просто неможливі. Останніми роками широко поширилася ще одна сфера застосування комп'ютерної графіки - створення віртуальної реальності.

4. Способи представлення графічної інформації

Графічні зображення бувають двох типів: векторні і растрові. Обробляються вони по-різному і за допомогою різних графічних програм.

Векторне зображення представляється у вигляді сукупності відрізків прямих (векторів), а не точок, які застосовуються в растрових зображеннях.

Векторний графічний об'єкт включає два елементи: контур і його внутрішню область, яка може бути порожньою або міняти заливку у вигляді кольору, колірною переходу (градієнта) або мозаїчного малюнка. Контур може бути як замкнутим, так і розімкненим. У векторному об'єкті він виконує подвійну функцію. По-перше, за допомогою контуру можна змінювати форму об'єкта. По-друге, контур векторного об'єкта можна оформляти (виконувати обведення), попередньо вказавши його колір, товщину лінії і стиль її оформлення. Будь-яке векторне зображення можна представити у вигляді набору векторних об'єктів, розташованих певним чином один щодо одного.

Переваги цього способу опису графіки:

- Мінімальна кількість інформації передається набагато меншому розміру файлу (розмір не залежить від величини об'єкта).

- Відповідно, можна нескінченно збільшити, наприклад, дугу кола, і вона залишиться гладкою. З іншого боку, полігон, що представляє криву, покаже, що вона насправді не крива.

- При збільшенні або зменшенні об'єктів товщина ліній може бути постійною.

- Параметри об'єктів зберігаються і можуть бути змінені. Це означає, що переміщення, масштабування, обертання, заповнення і так далі не погіршать якості малюнка. Більш того, зазвичай вказують розміри в апаратно-незалежних одиницях (англ. device-independent unit), які ведуть до якнайкращої можливої растеризації на растрових приладах.

- До недоліків варто віднести, що не кожен об'єкт може бути легко зображений у векторному вигляді. Крім того, кількість пам'яті і часу на відображення залежить від числа об'єктів і їх складності.

Растрова графіка застосовується у випадках, коли графічний об'єкт представлено у вигляді комбінації точок (пікселів), яким притаманні свій колір та яскравість і які певним чином розташовані у координатній сітці. Такий підхід є ефективним у разі, коли графічне зображення має багато напівтонів і інформація про колір важливіша за інформацію про форму (фотографії та поліграфічні зображення). При редагуванні растрових об'єктів, користувач змінює колір точок, а не форми ліній. Растрова графіка залежить від оптичної роздільності, оскільки її об'єкти описуються точками у координатній сітці певного розміру. Роздільність вказує кількість точок на одиницю довжини.

Переваги растрової графіки:

- простота автоматизованого вводу (оцифрування) зображень, фотографій, слайдів, рисунків за допомогою сканерів, відеокамер, цифрових фотоапаратів;
- фотореалістичність. Можна отримувати різні ефекти, такі як туман, розмитість, тонко регулювати кольори, створювати глибину предметів.

Недоліки растрової графіки:

- складність управління окремими фрагментами зображення. Потрібно самостійно виділяти ділянку, що є складним процесом;
- растрове зображення має певну роздільність і глибину представлення кольорів. Ці параметри можна змінювати лише у визначених межах і, як правило, із втратою якості;
- розмір файлу є пропорційним до площі зображення, роздільності і типу зображення, і, переважно, при хорошій якості є великим.

Векторизація - перетворення зображення з растрового представлення в векторне. Проводиться, як правило, у випадку, якщо результат векторизації підлягає подальшій обробці виключно в програмах векторної графіки; з метою підвищення якості зображення (наприклад, логотипу); для створення зображення, придатного для масштабування без втрати якості; якщо подальша обробка зображення буде здійснюватися на специфічному обладнанні (плотери, верстати з ЧПК).

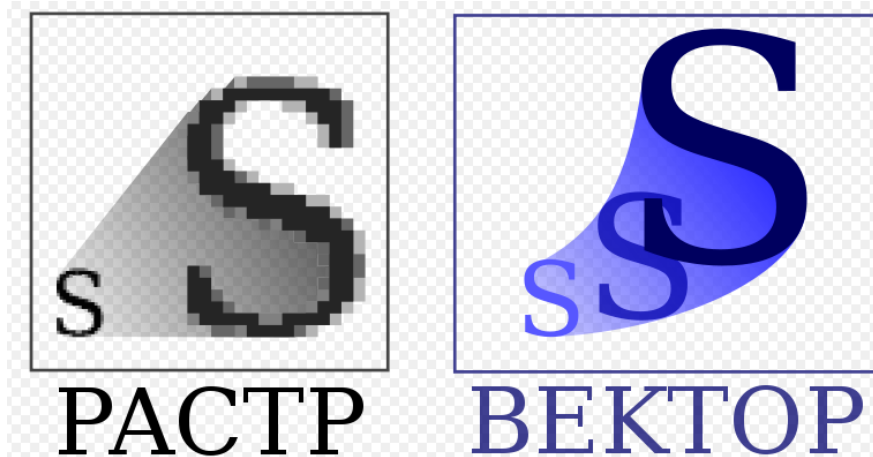


Рис. 1.9 Різниця між растровим та векторним зображенням

Растрезація - це переклад зображення, описаного векторним форматом в пікселі або точки, для виведення на дисплей або принтер. Процес, зворотний векторизації.

5. Формати збереження графічних даних

Формати збереження растрових зображень

BMP (BitMap) — растровий формат, створений корпорацією Microsoft, орієнтований на застосування в операційній системі Windows. Цей формат використовується для представлення растрових зображень у ресурсах програм. У ньому підтримуються тільки зображення в моделі RGB із глибиною кольору до 24 біт і не підтримуються додаткові колірні канали та зони прозорості, контури обтравки та управління кольором (ICC Profile). Формат припускає використання найпростішого алгоритму стискання RLE без втрати якості, однак цей варіант використовується рідко через проблеми несумісності. Формат BMP існує в двох варіантах — для Microsoft Windows і IBM OS/2.

PCX — один з перших растрових форматів, створених фірмою Zsoft для програми PC Paintbrush. Підтримує монохромні, індексовані і повнокольорові RGB-зображення. Формат допускає використання найпростішого алгоритму стискання RLE без втрат якості.

TIFF (Tagged Image File Format.) створений фірмою Aldus спеціально для збереження сканованих зображень. Незважаючи на те, що з моменту створення формату минуло досить багато часу, TIFF є основним форматом для збереження сканованих зображень та розміщення їх у програмах ілюстрування і видавничих системах. Його версії існують на всіх комп'ютерних платформах, що робить цей формат дуже зручним при перенесенні растрових зображень між платформами. TIFF підтримує монохромні, індексовані, напівтонові зображення, а також зображення в моделях RGB і CMYK з каналами в 8 і 16 біт. У форматі можна зберігати обтравочні контури, калібровочну інформацію й установки друку. Допускається також використання будь-якої кількості додаткових альфа-каналів (шарів, які описують рівень прозорості фрагментів зображення), однак не підтримуються додаткові колірні канали. Великою перевагою формату є підтримка практично будь-якого алгоритму стискання. Дуже високий рівень компресії забезпечує найбільш розповсюджений алгоритм LZW — стискання інформації без втрат. Цей самий алгоритм використовують численні програми стискання загального призначення, що підтримують формат ZIP. Формат TIFF існує в двох варіантах: для Macintosh і PC. "Рідна" програма для цього формату Photo-Styler знята з виробництва, але формат продовжує розвиватися і доповнюватися новими можливостями. Фірма Letraset. запровадила скорочену версію TIFF-формату за назвою RIFF (Raster Image File Format).

PSD — власний формат програми Adobe Photoshop. Формат PSD використовується програмою Photoshop, але його "розуміють" і деякі інші

програми. Він дозволяє записувати растрове зображення з багатьма шарами, додатковими колірними каналами й іншою інформацією в доступному для подальшого редагування вигляді. Однак, оскільки цей формат не відомий програмам верстки, для роботи з ними необхідно зробити спрощену копію файла в іншому форматі. Починаючи з версії 3.0, Photoshop записує такі файли з компресією, що ніяк не позначається на якості зображення при помітному зменшенні розміру.

JPEG — у даному форматі був уперше реалізований новий принцип стискання із втратою якості. Стискання відбувається за рахунок плавної заміни кольорів у зображенні. Результат заміни кольорів майже не помітний для людського ока. Внаслідок цього змінене зображення займає набагато менше місця, ніж вихідне. Ступінь стискання в цьому форматі задається користувачем. Відповідно, чим нижче ступінь стискання, тим вища якість зображення. З іншого боку, високий ступінь стискання здатний істотно погіршити якість. Найбільш широке застосування JPEG знайшов у Internet та при створенні електронних презентацій. Крім того, малі розміри файлів дозволяють передавати їх через канали зв'язку, що робить даний формат незамінним у цій сфері. У поліграфії використовувати даний формат небажано, хоча в ньому можна зберігати контури обтравки і колірні профілі. JPEG підтримує напівтонові і повнокольорові зображення в моделях RGB і CMYK, однак у ньому не підтримуються додаткові колірні й альфа-канали. Недолік формату полягає в тому, що на малюнках з чіткими обрисами і великими однорідними поверхнями особливо виявляються дефекти стискання. Темні лінії на світлому фоні спотворюються через особливості алгоритму стискання, який обробляє зображення блоками 8x8 пікселів. При збереженні файла зазвичай пропонується вибрати рівень якості кінцевого зображення. В цьому випадку потрібно шукати компроміс: чим менший рівень якості, тим більший коефіцієнт стискання.

GIF (Graphic Interchange Format) — створений фірмою CompuServe (нинішнім підрозділом America Online) спеціально для передачі растрових зображень у глобальних мережах. Формат орієнтований на компактність і використовує алгоритм стискання LZW, який не призводить до втрати якості. Найчастіше використовується в Internet., оскільки з самого початку був призначений саме для нього. Підтримує тільки індексовані кольори і не підтримує додаткові канали, обтравочні контури і колірні профілі. В одній із версій формату GIF можливе збереження в одному файлі відразу декількох зображень у вигляді, подібному до шарів - одне над іншим. Програми,

призначені для перегляду інтернет-сторінок, здатні сприймати таке розміщення і демонструвати зображення з файла по черзі, реалізуючи в такий спосіб просту анімацію. GIF-формат дозволяє записувати зображення "через рядок" (Interlaced), завдяки чому, маючи тільки частину файла, можна побачити зображення в цілому, але з меншою роздільною здатністю. Ця можливість широко застосовується в мережі Інтернет. Спочатку з'являється картинка з малою роздільною здатністю, а в міру надходження нових даних її якість поліпшується. Основне обмеження формату GIF полягає в тому, що кольорове зображення може бути записано тільки в режимі 256 кольорів.

FPX (FlaxPix) створений для Internet і має цікаву властивість. Оскільки зображення, розміщені на Web-сторінках, мають низьку екранну роздільну здатність (72 dpi), їх не можна використовувати в поліграфії чи роздруковувати. Формат FPX містить зображення одночасно в декількох значеннях роздільної здатності і це надає користувачу можливість самому обирати необхідне значення роздільної здатності залежно від потреб. Формат підтримує напівтонові і повнокольорові RGB-зображення, але не підтримує додаткові колірні й альфа-канали, обтравочні контури і колірні профілі.

Формати збереження векторних зображень

У файлі векторного формату можна зберігати, крім векторних, також і растрові зображення, які були імпортовані в цей файл. Можна сказати, що векторні формати більш універсальні, ніж растрові.

Мову опису сторінок — основу всіх видавничих технологій — по суті теж можна віднести до векторних форматів. Вона дозволяє описувати векторні і растрові зображення, шрифти, а також параметри растрування і управління кольором. Будь-який сучасний принтер містить апаратний чи програмний інтерпретатор PostScript. Ця мова має багато інтерпретацій, які використовуються програмами для підготовки ілюстрацій і видавничими системами. Нижче розглянуто найбільш поширені формати збереження векторних зображень. Усі вони тим чи іншим чином стосуються мови PostScript.

EPS (Encapsulated PostScript) являє собою спрощений варіант PostScript. Файли EPS описують тільки будь-який об'єкт чи групу об'єктів, на відміну від PostScript, що містить код цілої сторінки. Формат дозволяє зберігати зображення будь-якого типу в будь-якій колірній моделі без альфа-каналів. Крім того, цей формат дозволяє записати векторний контур, який окреслює растрове зображення. Наприклад, можна одержати фотографію не прямокутну, а круглу, овальну чи будь-якої довільної форми.

Усі сучасні програми ілюстрування мають можливість відкривати і редагувати файли EPS. На сьогодні відомі вже три версії мови PostScript, які використовуються в цьому форматі, тому іноді EPS-файли, створені різними програмами, після відкриття виглядають по-різному.

Особливістю цього формату є те, що зображення у файлі зберігається в двох копіях: основній і додатковій (preview). З цієї причини растрове зображення, записане у форматі EPS, буде мати дещо більший розмір, ніж PCX чи BMP. Основна копія використовується при друкуванні на PostScript - принтерах та іноді для перегляду на екрані в режимі максимальної якості. Програми верстки, такі як QuarkXPress та Adobe PageMaker, зберігають додаткову копію в своїх документах та використовують її при відображенні на екрані в режимі стандартної якості і при друкуванні на принтерах, що не підтримують PostScript;. Програми векторної графіки, такі як CorelDraw і FreeHand, імпортуючи EPS-файл, можуть працювати тільки з додатковою копією зображення.

«Рідна» програма для формату EPS — Adobe Illustrator, яка випускається відразу для трьох платформ: PC, Macintosh і Silicon Graphics. У цієї програми є ще один формат — AI, однак він не має такої широкої підтримки, як EPS.

DCS (Desktop Color Separations) був створений компанією Quark Inc., що розробила всесвітньовідому видавничу систему Xpress. Формат DCS покликаний полегшити збереження зображень з поділом кольорів і є варіантом формату EPS. DCS має дві версії. Перша версія — DCS 1.0 — давала можливість зберігати лише зображення з поділом кольорів у моделі CMYK і для цього використовувала п'ять файлів. При цьому чотири з них містили основні канали зображення, а п'ятий файл служив для перегляду композитного зображення в цілому. Друга версія — DCS 2.0 — мала додаткові можливості у вигляді підтримки практично необмеженої кількості кольірних каналів і одного альфа-каналу. Крім того, все зображення в цій версії зберігається у вигляді одного файлу DCS.

PDF (Portable Document Format) — універсальний формат, розроблений фірмою Adobe System для електронного поширення документів, в якому можуть бути збережені як ілюстрації (векторні і растрові), так і текст, причому з безліччю шрифтів і гіпертекстових посилань. Для зменшення розміру файлу використовується компресія: для кожного типу об'єктів застосовується свій спосіб. Наприклад, растрові зображення записуються у форматі JPEG. Багато програм (Adobe Maker, CorelDraw, FreeHand) дають можливість експортувати

свої документи в PDF, а деякі — ще й редагувати графіку, записану в цьому форматі. Зазвичай у цьому форматі зберігають документи, призначені тільки для читання, а не для редагування. Файл у форматі PDF містить усі необхідні шрифти. Це зручно і дає можливість не передавати шрифти для виводу (передача шрифтів не є цілком законною з погляду авторського права). Універсальність формату полягає в тому, що створені в різних програмах документи можна зберігати в цьому форматі і переглядати на різних комп'ютерах за допомогою безкоштовно розповсюдженої програми Acrobat; Reader. До появи цього формату перегляд документів, створених за допомогою різних засобів верстки, вимагав попередньої установки програми, в яких вони створювались. Власне, в форматі PDF можна зберегти будь-який документ, зроблений за допомогою будь-якої програми. На основі файла друку для будь-якого PostScript,-принтера програмою Distiller створюються файли у форматі PDF. Програма Distiller входить до складу пакету Adobe Acrobat, що призначений для створення і редагування файлів PDF. Принтери, оснащені третьою версією інтерпретатора PostScript, здатні друкувати PDF-документи безпосередньо, без використання додаткових програм.

CDR є форматом програми векторної графіки CorelDraw, але з кожною новою версією програми до нього вносяться зміни. Наприклад, CorelDraw 12 може читати файли CDR, створені тільки програмою версії 3 або ж давнішою. Якщо потрібно прочитати файл даного типу першої або другої версії, варто скористатися програмою CorelDraw 5 або більш ранньою версією. Іноді внутрішня структура файла типу СБК виявляється ушкодженою, що в більш ранніх версіях формату викликало помилки при спробі його відкриття чи імпорту. Програми останніх версій виявляють в процесі відкриття файла СБК ушкоджені об'єкти і намагаються пропустити такий об'єкт та продовжити читання файла. У більшості випадків це робить можливим відкрити ушкоджений файл, який раніше вважався безнадійно загубленим.

CDX є стислим варіантом формату CDR. У форматі CDX файли зазвичай записуються на компакт-диски ArtShow фірми Corel.

CMX використовувався для колекції векторних малюнків, для CorelDraw ранніх версій. При збереженні зображень у цьому форматі втрачається можливість подальшого виправлення їх параметрів. Таким чином, частину малюнка, яка була спочатку створена як група переходу, буде надалі важко редагувати, оскільки вона перетворюється в звичайну групу незв'язаних об'єктів. Формат CMX може застосовуватись для файлів, що імпортуються в

Corel PhotoPaint; або Corel Ventura. Одна з переваг файлів CMX полягає в збереженні шарів, тоді як в імпортованих CDR-файлах інформація про шари втрачається.

Формат CPX є різновидом формату CMX із використанням стиснення файлів.

AI є форматом відомої програми Adobe Illustrator. Цей формат підтримують практично всі програми, які працюють з векторною графікою. AI є найкращим посередником між платформами PC та Macintosh при передачі векторних форм в різні програми.

Формати збереження тривимірної графіки

.3Ds Тривимірний формат зображення, що містить дані mesh, атрибути матеріалу, посилання бітового масиву, дані групи згладжування, viewport конфігурації, інформацію про камери і освітлення, дані анімації об'єкта. Складається з блоків, званих "chunks" які містять ID і опис; chunks містять пропорції, освітлення, інформацію, з якої складається 3D сцена.

.Wrl він же VRML Virtual Reality Modeling Language (мова моделювання віртуальної реальності) - стандартний формат файлів для демонстрації тривимірної інтерактивної векторної графіки, найчастіше використовується в WWW. VRML - це текстовий формат файлів, де, наприклад, вершини і грані багатогранників можуть зазначатися разом з кольором поверхні, текстурами, блиском, прозорістю і так далі. URL можуть бути пов'язані з графічними компонентами, таким чином, що веб-браузер може отримувати веб-сторінку або новий VRML-файл з мережі Інтернет тоді, коли користувач клацає по якомусь графічному компоненту. Рух, звуки, освітлення та інші аспекти віртуального світу можуть з'являтися як реакція на дії користувача або ж на інші зовнішні події, наприклад таймери. Особливий компонент Script Node дозволяє додавати програмний код (наприклад, Java або JavaScript (ECMAScript)) до VRML-файлу. VRML-файли зазвичай називаються світами і мають розширення. Wrl (наприклад: island.wrl). Хоча VRML-світи використовують текстовий формат вони часто можуть бути стислі з використанням алгоритму компресії gzip для того, щоб їх можна було передавати по мережі за менший час. Більшість програм тривимірного моделювання можуть зберігати об'єкти і сцени у форматі VRML

.Daе Тривимірний формат файлу обміну використовується для того, щоб обмінюватися цифровими даними між різними графічними редакторами; заснований на XML-схемі COLLADA (COLLABorative Design Activity). формат COLLADA розроблений Sony і зараз підтримується Sony і Khronos Group.

.X3d це стандарт ISO, призначений для роботи з тривимірною графікою в реальному часі. X3D - це спадкоємець VRML (мови моделювання віртуальної реальності). X3D є розширенням VRML, що включає анімацію двоногих персонажів, NURBS, GeoVRML та ін. У X3D можливо кодувати сцену використовуючи синтаксис XML, так само як і Open Inventor-подібний синтаксис VRML97, а також розширений інтерфейс прикладного програмування (API).

.X Формат X файлу - формат файлу для зберігання 3D об'єктів, створений компанією Microsoft. Даний формат файлу є вільно поширюваним. Цей формат зберігає інформацію про геометрії 3D об'єкту (координати вершин і координати нормалей), текстурні координати, опис матеріалів, шляхи і назви до текстур, які використовуються. Зберігається ієрархія об'єктів, зберігається анімація, і зберігаються прив'язки вершин до «кісток» з описом ваги. У X файлі може бути відсутня будь-яка інформація про об'єкт (наприклад в X файлі можуть міститися тільки координати вершин).

.Dxf Формат даних, розроблений Autodesk для CAD (computer-aided design) файлів векторної графіки, таких як документи AutoCAD; схожий на DWG формат, але більш сумісний з іншими програмами заснованими на ASCII; створений для відкриття документів AutoCAD іншими програмами.

.Lwo Тривимірний об'єкт, створений LightWave 3D, програмою 3D анімації і рендеринга; описує форму, точки, багатокутники і поверхні і т.д.; може також включати посилання на файли і зображення, які використовуються для текстур об'єкта. LWO2 формат з'явився в LightWave 6.0; LWO можуть бути експортовані в Luxology MODO та інші програми 3D моделювання

.Ply - це формат файлів комп'ютера відомий як полігональний формат файлу або формат Стенфордських трикутників. Цей формат був головним чином призначений для зберігання тривимірних даних з 3D-сканери. Він підтримує відносно простий опис одного об'єкта у вигляді списку номінально плоских багатокутників. Різноманітні властивості об'єкта можуть бути збережені додатково: колір і прозорість, нормалі до поверхонь, координати. Формат дозволяє задавати різні властивості для передньої і задньої частини полігону.

.Obj Формат файлів OBJ - це простий формат даних, який містить тільки 3D геометрію, а саме, позицію кожної вершини, зв'язок координат текстури з вершиною, нормаль для кожної вершини, а також параметри, які створюють полігони.

.U3d Універсальний формат тривимірної графіки. Більше тридцяти великих розробників, серед яких присутні такі всесвітньо відомі компанії, як Adobe, Boeing і

Intel, оголосили про плани щодо створення універсального формату файлів тривимірної графіки. Новий формат, вже названий Universal 3D (U3D), в майбутньому буде затверджений міжнародною організацією за стандартами ISO, а його підтримку планується включити в найбільш поширені програмні пакети.

.O3D це JavaScript API з відкритим вихідним кодом, що дозволяє створювати інтерактивні тривимірні веб додатки, які відображаються у вікні браузера. Вихідний код: O3D написаний на JavaScript і містить API для роботи з 3D графікою. Він використовує стандартні методи і обробники подій JavaScript.

.3DMLW (англійською мовою 3D Markup Language for Web) базується на XML - формат файлу для передачі в Інтернеті тривимірного (3D) і двомірного (2D) інтерактивного змісту. Для перегляду 3DMLW на комп'ютері повинен бути встановлений плагін 3DMLW, відеокарта повинна підтримувати OpenGL. Плагін 3DMLW розроблений фірмою «3D Technologies R & D» для найбільш поширених веб-браузерів (Internet Explorer, Mozilla Firefox, Opera і т. д.). 3DMLW - це текстовий формат, заснований на XML версії 1.0. У 3DMLW 2D і 3D вміст розділений, але частини можуть відображатися один поверх іншого. 3DMLW підтримує формати .3ds, .Obj, .An8 і .Blend 3D моделей.

Більшість САПР також можуть працювати з описаними вище типами файлів, хоча у більшості випадків для збереження тривимірних моделей використовують файли з власним розширенням, наприклад A3D, M3D (Компас-3D); ASM, PRT (Pro/Engineer, SolidWorks); 3DS (3D Shape), тощо.

Питання для самоконтролю

1. Які основні функції підсистем САПР
2. Завдання комп'ютерної графіки
3. Історія виникнення комп'ютерної графіки
4. Засновники 3D графіки
5. У якому році Т. Уїттед розробляє загальні принципи трасування променів, що включають віддзеркалення, заломлення, затінювання:
6. Етапи в розвитку комп'ютерної графіки?
7. Які сфери застосування комп'ютерної графіки?
8. Векторизація зображень
9. Формат файлів JPEG
10. Типи файлів для збереження тривимірних моделей

Тема 2. Загальні принципи створення твердотільних об'єктів

1. Принципи створення тривимірних об'єктів

У всіх сучасних системах тривимірного моделювання побудова твердотільної моделі виконується за загальним принципом, який полягає в послідовному виконанні операцій об'єднання, відтинання та перетину над об'ємними елементами (призмами, циліндрами, пірамідами, конусами і т.д.). На рис. 2.1 показаний приклад побудови простої моделі за допомогою згаданої вище послідовності операцій. На початку створюється прямокутна призма, що лежить в основі деталі (1). Після цього до моделі додається циліндричний виступ шляхом об'єднання призми з циліндром (2). До отриманого в результаті тіла додається зрізана піраміда (3). Нарешті, в моделі виконується побудова отвору шляхом відтинання ві неї циліндра (4). Багаторазово виконуючи ці прості операції над різними об'ємними елементами можна побудувати модель будь-якої складності.

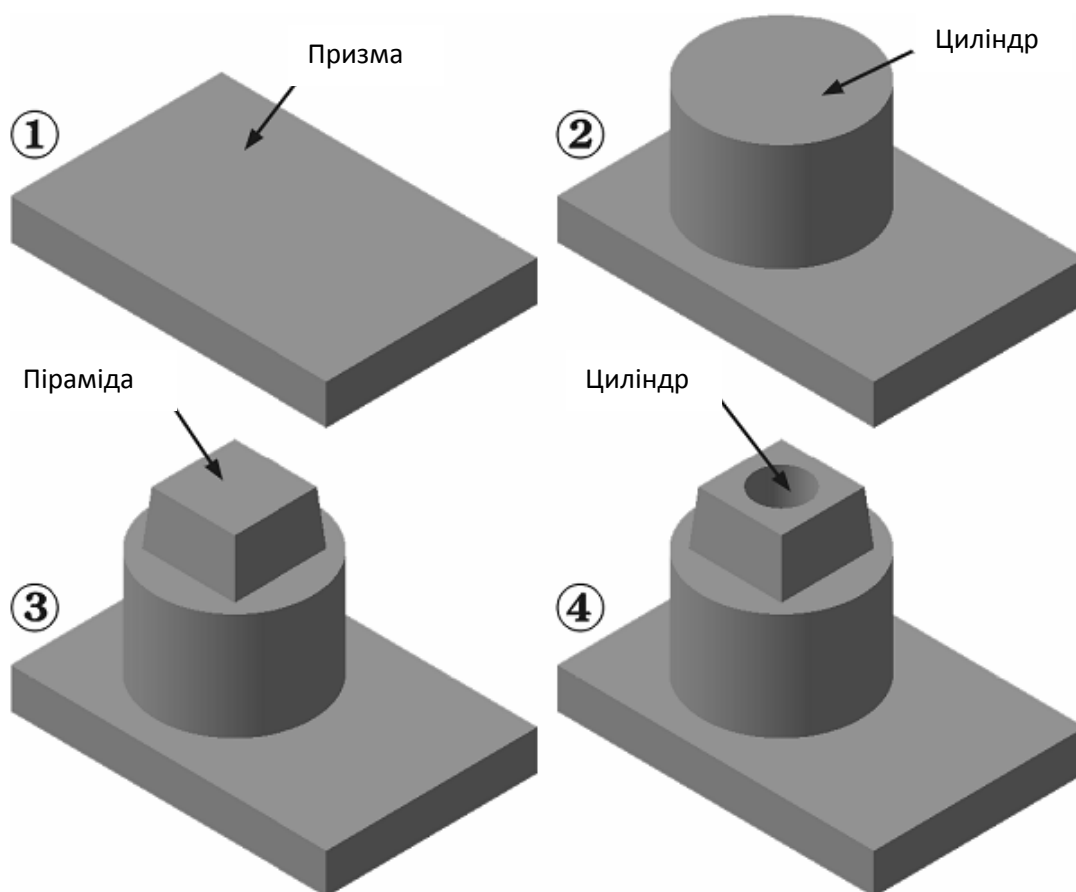


Рис. 2.1 Основні операції створення тривимірних об'єктів

Для створення об'ємних елементів використовується переміщення плоских фігур в просторі. У процесі переміщення ці фігури обмежують частину простору, яка і визначає форму елемента. Нижче показано кілька типових переміщень

плоских фігур і отримані в результаті об'ємні елементи різної форми. Переміщення прямокутника в напрямку, перпендикулярному його площині, призведе до формування призми, яку можна розглядати як прямокутну пластину певної товщини.

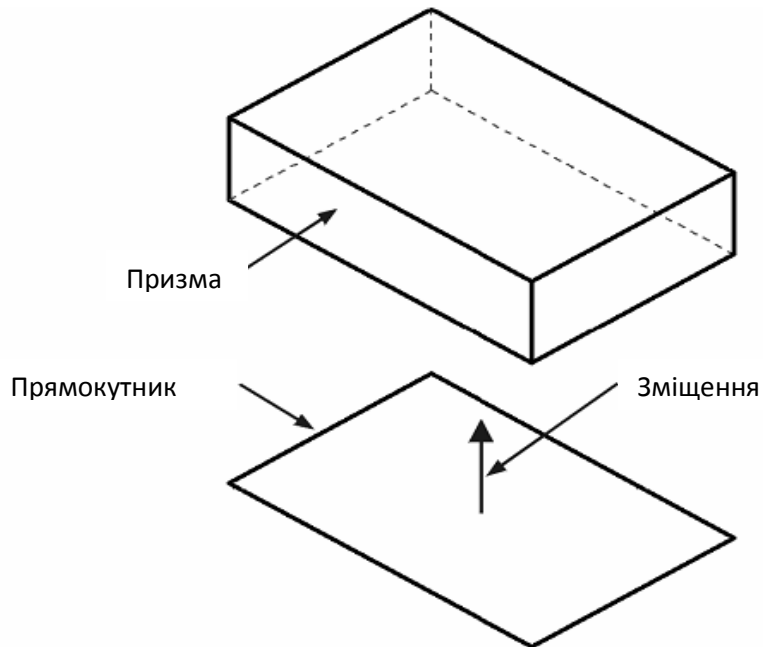


Рис. 2.2 Принцип дії операції витягування

У результаті повороту ламаної лінії на 360° навколо осі, що лежить у площині ламаної, буде сформований об'ємний елемент. Цей елемент буде валом, що складається з циліндричних і конічних ділянок.

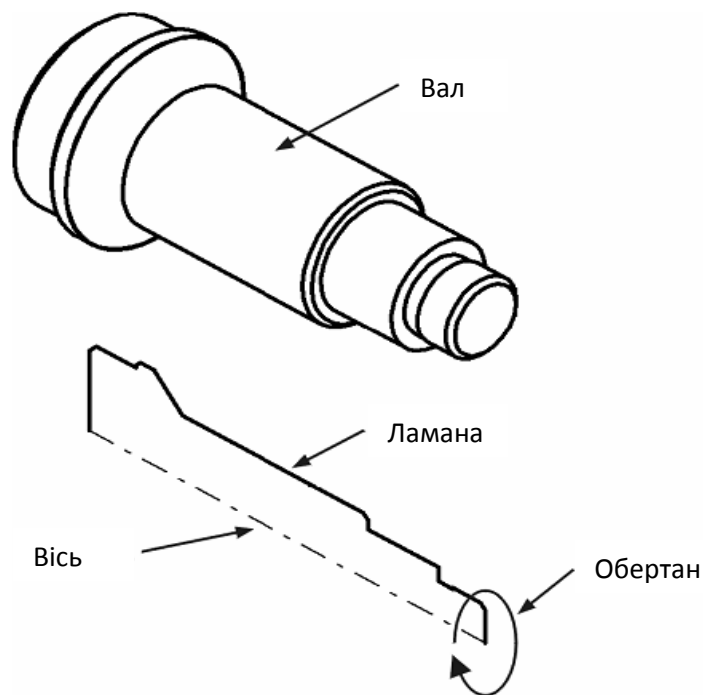


Рис. 2.3 Принцип дії операції обертання

Якщо коло перемістити уздовж напрямної кривої, то отримаємо об'ємний елемент - круглий стрижень певного діаметра і форми.

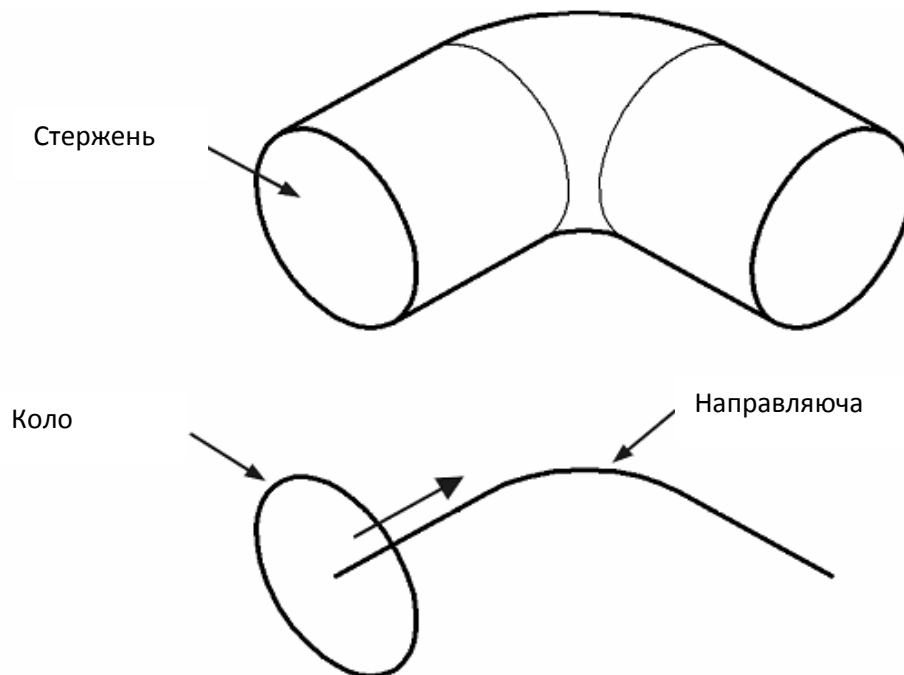


Рис. 2.4 Принцип протягування по траєкторії

2. Ескізи та операції

Плоска фігура, в результаті переміщення якої утворюється об'ємне тіло, називається ескізом, а саме переміщення - операцією.

Ескіз може розташовуватися в одній із стандартних площин проекцій, на плоскій грані існуючого тіла або на допоміжній площині, положення якої визначено користувачем. Ескізи зображуються засобами модуля плоского креслення і складаються з окремих графічних примітивів: відрізків, дуг, кіл, ламаних ліній і т.д. При цьому доступні всі команди побудови і редагування зображення, засоби створення параметричних залежностей і різні сервісні можливості. У ескіз можна скопіювати зображення зі створеного раніше креслення або фрагмента. Це дозволяє при створенні тривимірної моделі використовувати існуючої плоскі креслення.

Різні системи автоматизованого проектування мають різний набір інструментів для побудови об'ємних елементів. Однак деякі базові типи операцій присутні практично у всіх САПР. До цих основних операцій можна віднести наступні:

- операція видавлювання - видавлювання ескізу в напрямку, перпендикулярному площині ескізу;

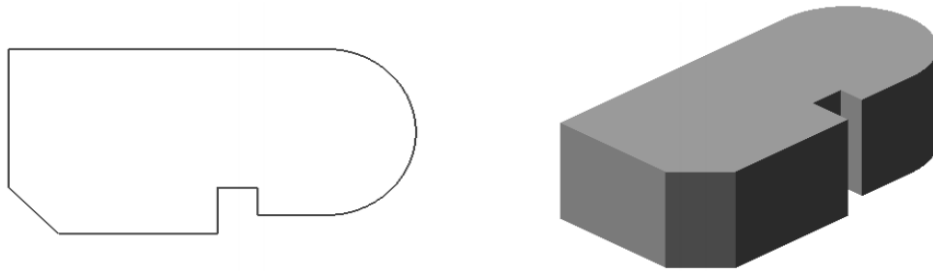


Рис. 2.5 Операція витягування

- операція обертання - обертання ескізу навколо осі, що лежить в площині ескізу;



Рис. 2.6 Операція обертання

- кінематична операція - переміщення ескізу уздовж напрямної;



Рис. 2.7 Кінематична операція протягування

- операція по перерізах - побудова об'ємного елемента по декількох ескізах, які розглядаються як перерізи елемента в декількох паралельних площинах.

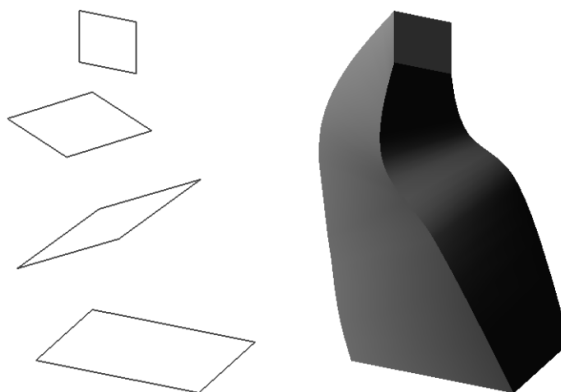


Рис. 2.8 Операція по перерізах

Кожна операція має додаткові можливості (опції), які дозволяють змінювати або уточнювати правила побудови об'ємного елемента. Наприклад, якщо в операції видавлювання прямокутника додатково задати величину і напрямок ухилу, то замість призми буде побудована зрізана піраміда.

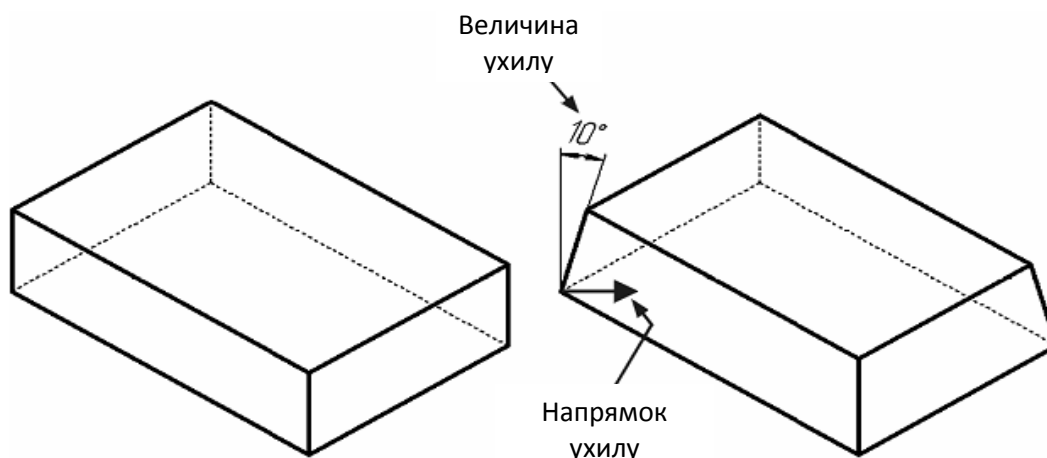


Рис. 2.9 Побудова ухилу в прямокутній призмі

Таким чином, процес створення тривимірної моделі полягає в багаторазовому приєднанні або відніманні додаткових об'ємів. Кожен з них їх є елементом, утвореним за допомогою операцій над плоскими ескізами. З цього правила є винятки. Наприклад, такі елементи, як фаски або скруглення не потребують створення ескізів.

При виборі операції потрібно в першу чергу визначити, чи буде створюваний елемент відніматися від наявного на даний момент тіла, або додаватися до нього. Прикладами віднімання об'єму з деталі можуть бути різні отвори, проточки, канавки, пази, а прикладами додавання об'єму - приливи, виступи, ребра.



Рис. 2.10 Логічні операції тривимірного моделювання

3. Основні елементи тривимірної моделі

Об'ємні елементи, з яких складається тривимірна модель, утворюють в ній грані, ребра та вершини.

Грань - гладка (необов'язково плоска) частина поверхні деталі. Гладка поверхня деталі може складатися з декількох граней.

Ребро – пряма або крива, що розділяє дві суміжні грані.

Вершина - точка на кінці ребра.

Тіло деталі - замкнута і безперервна область простору, обмежена гранями деталі. Як правило, вважається, що ця область заповнена однорідним матеріалом, з якого виготовлена деталь.

Крім того в моделі можуть бути присутні додаткові елементи: символи та підписи, початок координат, площини та осі.

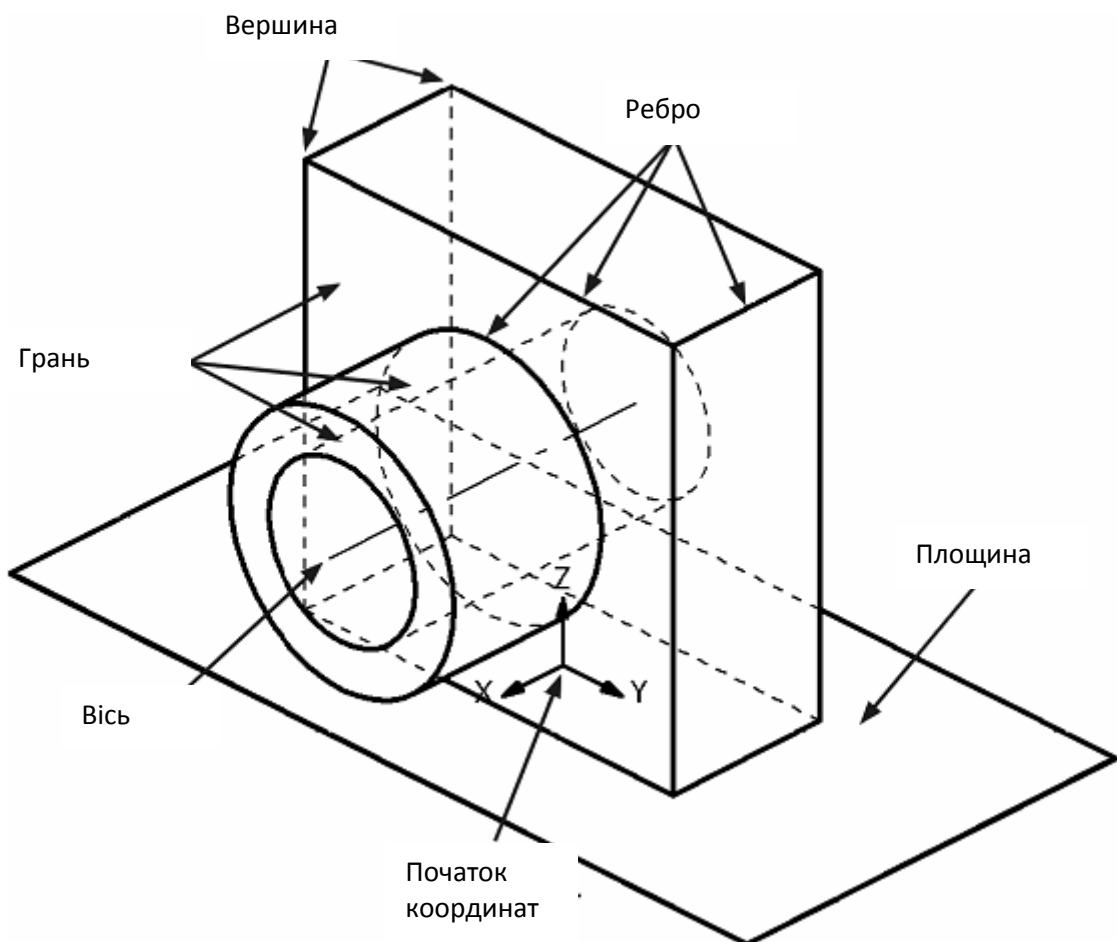


Рис. 2.11 Основні елементи тривимірної моделі

4. Створення основи деталі

Побудова деталі починається із створення її основи - першого формотворного елемента. Основа є у будь-якої деталі і вона завжди одна. Зрозуміло, що створення основи завжди пов'язане з додаванням матеріалу,

тому до її появи віднімати матеріал просто ні від чого. В якості основи можна використовувати будь-який з чотирьох основних типів формотворчих елементів: елемент видавлювання, елемент обертання, кінематичний елемент і елемент по перерізах. На початку створення моделі завжди постає питання про те, який з її елементів використовувати в якості основи. Для цього бажано хоча б приблизно уявляти конструкцію майбутньої деталі.

Найчастіше в якості основи слід використовувати той елемент деталі, до якого зручніше додавати всі інші елементи. Часто такий підхід повністю або частково повторює технологічний процес виготовлення деталі.



Рис. 2.12 Використання тіла вала у якості основного елемента моделі

В якості основи можна розглядати елемент деталі, щодо якого задані положення, розміри або форма більшості інших елементів.

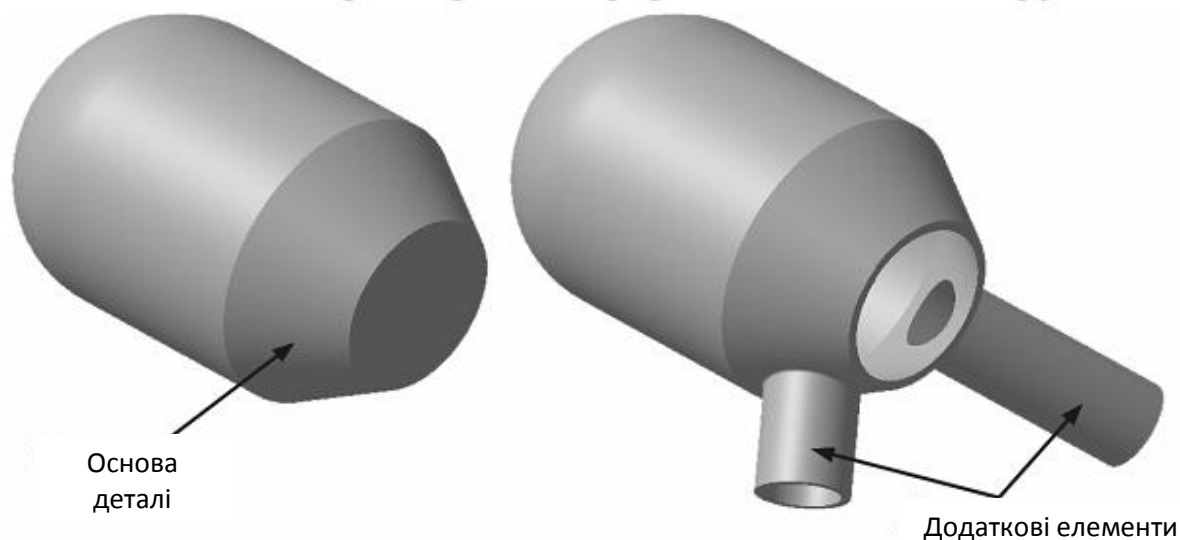


Рис. 2.13 Визначення положення додаткових елементів відносно основного елемента моделі

У деяких випадках в якості основи слід розглядати найбільш складний елемент деталі, який можна побудувати однією командою або до якого згодом потрібно додати мінімальну кількість інших елементів. Зокрема, цілком можлива така ситуація, коли деталь повністю або в значній мірі складається лише з основи.

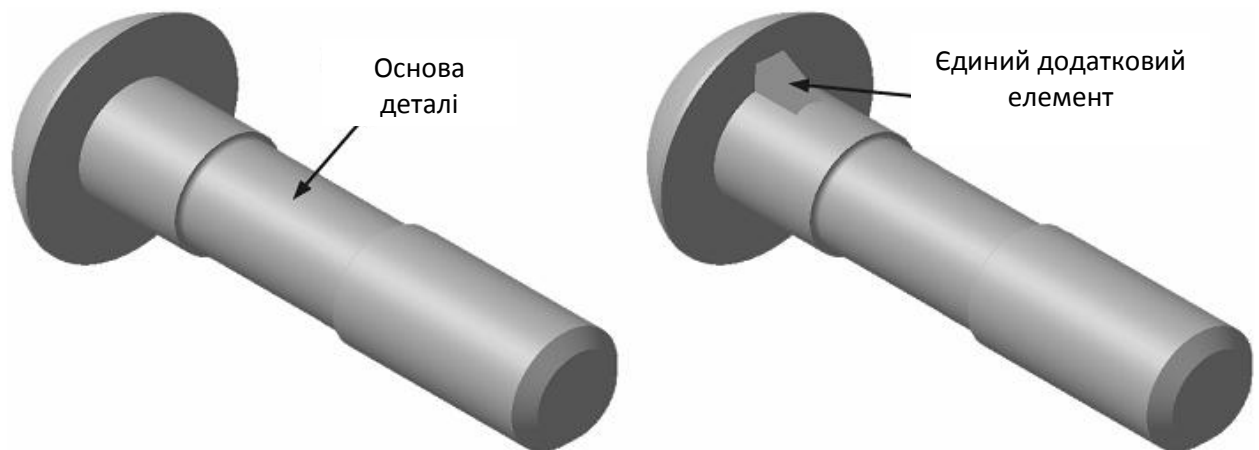


Рис. 2.14 Модель гвинта з єдиним додатковим елементом

Питання для самоконтролю

1. Як будуються твердотільні моделі?
2. Ескіз- це...
3. Скільки існує базових операцій у САПР?:
4. Операція обертання –виконується ...
5. Основні елементи тривимірної моделі:
6. З чого починається побудова деталі?
7. В якості основи можна використовувати будь-який з чотирьох основних типів формотворчих елементів. Який?
8. Видавлювання –це ...
9. кінематична операція —це ...
10. Тіло деталі -:

Тема 3. Особливості САПР SolidWorks та Pro/Engineer складних поверхонь

САПР споживчих товарів повинні враховувати вимоги дизайнерів. SolidWorks та Pro/Engineer, як найбільш широко застосовувані САПР, мають широкий набір інструментів для створення форм та поверхонь будь-якої складності, проте кожна з них має свої особливості, які слід враховувати при моделюванні деталей та виробів.

Дизайн споживчих товарів відрізняється гладкими плавними лініями і специфічними конструктивними елементами. Такі форми зазвичай не можна створити чисто аналітичними поверхнями (площини, циліндри та ін), характерними для деталей машин. Замість цього використовуються B-сплайни і такі поверхні, які дають проектувальникам можливість створювати практично будь-які форми. Потім поверхні довільної форми об'єднуються в замкнутий об'єм і перетворюються на твердотільну модель. Більшість таких виробів виготовляється методами лиття (металу або пластмаси). Для цього деталі повинні представляти собою тонкостінні оболонки. У цьому випадку вони можуть бути розділені на дві частини - внутрішню і зовнішню, що важливо для процесу їх подальшого виготовлення. Внутрішні конструктивні елементи (КЕ), такі як монтажні фаски або виступи, зазвичай додають до внутрішніх поверхонь оболонки поряд з ребрами, які забезпечують жорсткість і дозволяють полімеру більш рівномірно заповнювати форму. Звичайно, не всі споживчі товари відповідають цій схемі. Більшу частину корпусів приладів і багато комп'ютерних комплектуючих до цих пір роблять з плоских листів металу. Сюди ж відносяться різноманітні внутрішні компоненти, такі як насоси, клапани або вимикачі, розроблені суто для виконання своїх функцій за мінімальну ціну. Проте все більше споживачів вимагають виробів з гарним зовнішнім виглядом, тому навіть великі прилади можуть мати рукоятки ергономічної форми і внутрішні молдинги.

1. Неперервність кривизни

Для розуміння того, що дозволяє САД-системі створювати елегантні плавні криві, важливо мати деяке уявлення про безперервність кривизни. Кривизна лінії або поверхні є величиною, зворотною до радіусу кривої в кожній її точці. Дуга, коло або циліндр мають постійну кривизну, у той час як кривизна прямої або площини дорівнює нулю. Наприклад, при переході скруглення в дотичну до нього пряму лінію кривизна різко змінюється від постійної величини до нуля.

Людське око може сприймати різкі зміни кривизни поверхонь. Скруглення, що об'єднуюче плоскі поверхні, виглядає як ребро - навіть якщо фізично ребра в цьому місці не існує. Тому при моделюванні виробів прагнуть до збереження безперервності похідної кривизни ліній і поверхонь, за винятком тих випадків, коли ребра і гострі кромки використовуються для акцентування форми виробу. Якщо похідна кривизни неперервна, то такі об'єкти називають мають безперервність C2 (іноді - G2). Якщо криві і поверхні сполучені по дотичних - кажуть про безперервність типу C1 (або G1), а якщо мають місце безперервні криві або поверхні з гострими ребрами – говорять про безперервність C0 (або G0).



Рис. 3.1. Скруглення ліворуч забезпечує безперервність кривизни C2 між усіма поверхнями. Кривизна скруглення праворуч різко змінюється в місці з'єднання дуги і плоскої поверхні

Більшість CAD-систем дозволяє створювати криві і поверхні тільки з безперервністю типу C0 або C1. Лише кращі системи реалізують можливість створення поверхонь з безперервністю C2 при широкому наборі додаткових умов. При цьому Pro/E Wildfire підтримує безперервність C2 між суміжними поверхнями при більшій кількості умов, ніж SolidWorks.

2. Побудова просторових кривих ліній

Основою всіх поверхонь довільної форми є криві лінії. CAD-система, яка не має хороших інструментів для побудови кривих, незмінно буде створювати непрезентабельні поверхні. Тому, перш ніж порівнювати можливості поверхневого моделювання в Pro/E та SolidWorks, доцільно розглянути їх здатність будувати просторові криві.

І Pro/E, і SolidWorks можуть будувати 2D-ескізи, використовуючи сплайни та аналітичну геометрію (лінії, дуги, конічні перерізи і т.д.). Обидва пакети також можуть будувати криві, що проходять через контрольні точки, які або задані в просторі, або пов'язані з гранями або вершинами існуючої деталі. Відмінність розглянутих програм полягає в тому, що Pro/E Wildfire дозволяє коригувати криві за допомогою спеціальних "повзунків" і потім задавати дотичність і безперервність C2 для поверхонь, граней твердотільної моделі і кромки. SolidWorks не має можливостей, щоб призначати дотичність та безперервність C2 в кінцевих точках кривої.

У SolidWorks для побудови просторових кривих існує інструмент під назвою 3D-sketch. Метод SolidWorks більш універсальний, ніж запропонований в Pro/E спосіб будувати криві по точках, тому що він дає можливість комбінувати аналітичні криві і сплайни в одному KE. Користувач SolidWorks може також нанести розміри на цей 3D-ескіз і накласти на нього конструктивні зв'язки такими способами, яких немає в арсеналі користувачів Wildfire.

На жаль, SolidWorks не може з'єднати початок і кінець 3D-сплайнів з безперервною кривизною.

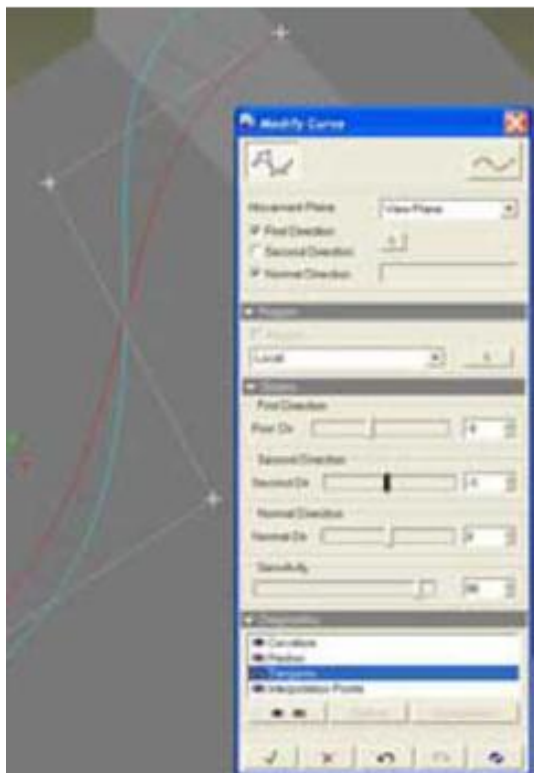


Рис. 3.2. Pro/E Wildfire дозволяє редагувати криві за допомогою "повзунків" і потім призначати дотичність і безперервність C2 для поверхонь, граней і кромки.

І Pro/E, і SolidWorks можуть перетворювати ескізи, складаються з декількох компонентів, в єдину композитну криву. Ця можливість важлива при побудові складних поверхонь, оскільки кромки, які їх визначають, повинні бути гладкими і не можуть складатися з набору елементів.

3. Редагування складних поверхонь

Навіть якщо конструктор буде поверхневу модель, в кінцевому рахунку він повинен буде перетворити її в твердотільну. Для цього доводиться обрізати, подовжувати і стикувати поверхні. І SolidWorks, і Pro/E пропонують для цього широкі можливості редагування. Деякі з них краще реалізовані в Pro/E, деякі - в SolidWorks. Найбільш часто в Pro/E для обрізки використовується команда Merge.

Проектувальник виділяє дві поверхні, вибирає боку кожної з них і вказує - зберегти їх або відкинути. Після цього Pro/E обрізає поверхні і з'єднує їх разом. Аналогічний підхід демонструє і SolidWorks (функція Mutual Trim). У даному випадку SolidWorks працює трохи краще, ніж Pro/E, оскільки пропонує на вибір лінійну (linear trim) і природну (natural trim) обрізку кривих. При лінійному обрізанні система знаходить найкоротшу пряму - від кінця поверхні, яка обрізає до кромки поверхні, яку потрібно обрізати. На відміну від Pro/E, SolidWorks може обрізати більше двох поверхонь за одну

операцію. Функція Mutual Trim в SolidWorks надає можливості лінійної і нормальної обрізки. Обидві програми мають функції продовження поверхонь, але у Pro/ENGINEER є можливості, які відсутні у SolidWorks. Наприклад, Pro/E може не тільки просто продовжити поверхню природним чином, але і продовжити край поверхні в заданому напрямку. У SolidWorks є функція під назвою Лінійчата поверхня (Ruled Surface). Ця поверхня може бути додана до крайки існуючої поверхні, щоб створити форму, подібну до тієї, яка створюється в Pro/E за допомогою Directed Extension. Але в SolidWorks користувач може побудувати на межі об'єкта додаткову поверхню, а не тільки продовжити до існуючої грані. Обидві програми можуть копіювати, еквідистантно копіювати (offset) і переміщати поверхні. У SolidWorks функції копіювання і зміщення об'єднані в одну команду. Для простого копіювання користувач просто задає величину офсету рівну нулю. Pro/E трохи дратує тим, що за одну дію зміщує тільки одну поверхню. Для того щоб отримати офсет для групи поверхонь, користувач повинен спочатку скопіювати їх і тільки потім задати офсет. Як тільки конструктор побудував повністю закриту поверхню (часто звану "герметичну"), і Pro/E, і SolidWorks можуть перетворити її в тверде тіло. Обидві програми виконують цю функцію однаково добре.

4. Загальний підхід до проектування складних поверхонь в Pro/E і SolidWorks

Питання створення тривимірних моделей не вичерпується тільки формальним набором засобів - важливо, наскільки добре кожна з систем може вирішувати завдання проектування в цілому.

Хоча пакет Pro/ENGINEER Wildfire складний і дорогий, з його допомогою можна побудувати моделі для 98% споживчих виробів. При цьому Pro/E може вирішити ці завдання без необхідності імпортувати поверхні з набагато більш складних систем поверхневого моделювання, таких як Alias або власної системи PTC під назвою CDRS.

Поліпшення користувальницького інтерфейсу Pro/E Wildfire в порівнянні з попередніми версіями Pro/ENGINEER зробило менш значущим один з найважливіших аргументів на користь SolidWorks. Втім, інтерфейс SolidWorks досі краще, ніж у Pro/E.

Найбільш важливо наступне: чи може CAD-система ефективно забезпечувати проектування виробу відповідно до потреб клієнта. При оцінці за цим критерієм SolidWorks виявляється не так хороший для розробки форм як Pro/ENGINEER.

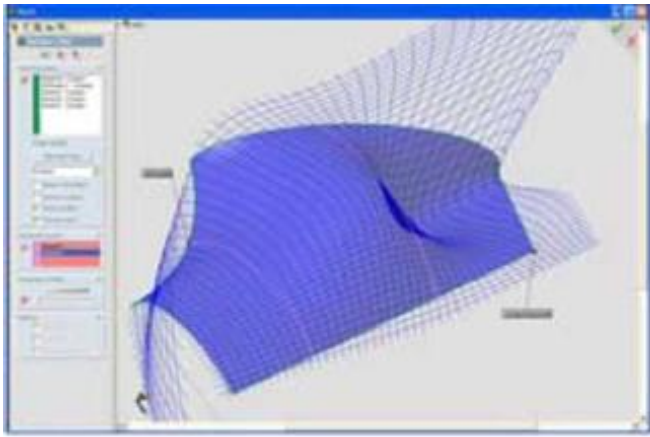


Рис. 3.3. Функція Filled Surface системи SolidWorks іноді може давати химерні і непередбачувані результати

Так, побудова елементів по перетинах і спрямовуючим кривим (Loft-with-Guide-Curve) часто призводить до небажаних результатів, включаючи неприпустимі петлі і хвилястість поверхні. Використання при побудові поверхні двох або більше граничних кривих часто дає в результаті поверхню, що зовсім не відповідає вимогам проектувальника.

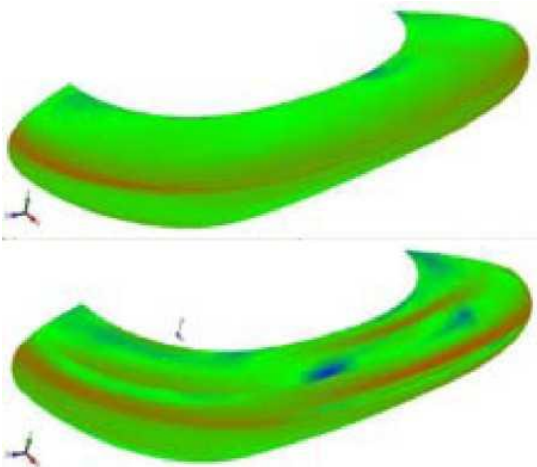


Рис. 3.5 Кольором показана кривизна ділянки поверхні. Верхня деталь створена в Pro/E (кривизна змінюється плавно), нижня - в SolidWorks, який не підтримує безперервність кривизни між суміжними поверхнями

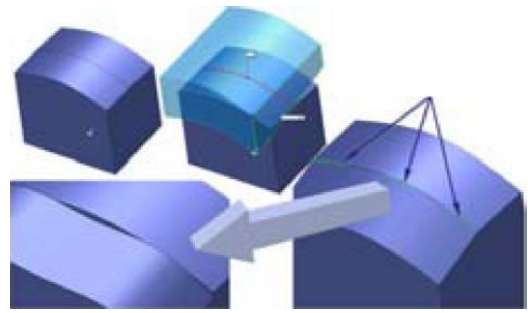


Рис. 3.4. Ілюстрація проблеми точності поверхонь і твердотільних граней в SolidWorks: обрізання поверхнею породжує численні грані, які призводять до неможливості побудови заокруглень або тонкостінної оболонки

Проектувальники часто використовують поверхні для того, щоб зрізати матеріал з твердотільної моделі. При цих операціях SolidWorks іноді дає помилку, особливо якщо одна або кілька граней обрізаних поверхонь лежать на гранях твердотільної моделі.

При протягуванні (Sweep), що використовує Split Lines і просторові криві, профіль часто не слідує за відповідними направляючими кривими. При цьому утворюються маленькі поверхні, непомітні до тих пір, поки конструктор чи не спробує побудувати скруглення на кромці або тонкостінну оболонку. Pro / E Wildfire не має подібних проблем.

Питання для самоконтролю

1. Кривизна лінії або поверхні це – ...

2. Що є основою усіх поверхонь довільної форми?
3. За допомогою чого створюють практично будь які форми?
4. Твердотільна модель виготовляється зазвичай методом:-
5. Якщо мають місце безперервні криві або поверхні з гострими ребрами – говорять про безперервність:
6. Якщо криві і поверхні сполучені по дотичних - кажуть про безперервність типу: ...
7. Яка найбільш розповсюджена безперервність?
8. Яка із програм не має можливостей, щоб призначати дотичність та безперервність C2 в кінцевих точках кривої?
9. Якщо похідна кривизни неперервна, то такі об'єкти мають безперервність:

Тема 4. Характерні особливості системи PowerSHAPE

PowerSHAPE - це інструмент для роботи зі складними формами і для підготовки CAD-моделей для виробництва. Вона володіє вичерпним набором функцій спеціально для проектування складної технологічної оснастки, прес-форм, штампів та ливарних моделей, для виробів з криволінійними твірними, у яких важливе значення має зовнішній вигляд. Часто ефективніше починати опрацювання дизайну і виконувати всі моделювання прямо в PowerSHAPE

Конструктор виробів при проектуванні часто не враховує особливостей, необхідних для виготовлення оснастки, наприклад радіусів скруглення гострих кромки, поверхонь ухилу і рознімання. Ці елементи доводиться вводити в модель на наступних етапах виробництва. Причому виробники оснащення можуть працювати з різними даними: паперовим, електронним кресленням (в цьому випадку можна використовувати готові контури для моделювання), з поверхневою або твердотільною моделлю виробу, де не враховані технологічні особливості конструкції.

PowerSHAPE має інструменти для імпорту даних з інших CAD-систем або через стандартні формати обміну, такі як IGES, VDA-FS, Parasolid і STEP, або через прямі інтерфейси до наступних систем: CADD5, SolidWorks, CATIA, Unigraphics, ProEngineer.

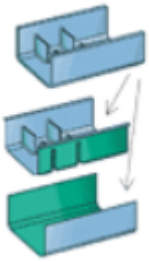
Характерні особливості та функції PowerSHAPE можна розділити на кілька груп, що описані нижче.

1. Перетворення моделі

Для зручності подальшої роботи корисно з'ясувати, з яких об'єктів складається модель (їх тип, використовуваний шар і колір), перевірити цілісність моделі і якість поверхонь.

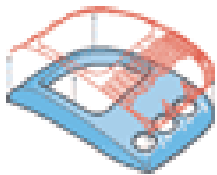
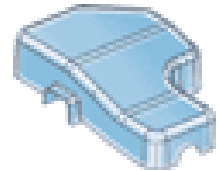


Забарвлення гладкості використовується для перевірки поверхні на наявність складок і зламів, а також гладкості сполучень. У цьому режимі поверхні можна редагувати, результат відображається негайно.



Автоматичний поділ на матрицю і пуансон - ця функція забезпечує поділ моделі, що складається з поверхонь або тіл на дві частини, які згодом можуть бути поміщені на різні шари і використані для створення оснастки (матриці і пуансона).

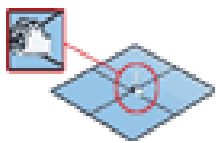
Зсув множини поверхонь або єдиного тіла дозволяє задати постійну товщину стінки або призначити припуск.



Автоматичне виявлення дублювання геометрії поверхонь і каркасних об'єктів дозволяє зменшити розмір моделі і полегшити подальше доопрацювання моделі.

2. виправлення та доводка моделі

Часто в моделях, що передаються виробнику оснастки, є втрачені поверхні. Іноді зберігаються тільки кромки поверхні, але немає самої поверхні. Це часто трапляється через обмеження конструкторської системи. PowerSHAPE надає інструменти для виправлення та доопрацювання моделі.



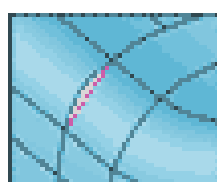
Динамічне позиціонування та редагування дозволяють динамічно задати будь-яку точку поверхні. Нові криві можуть бути додані на поверхні, щоб полегшити редагування.

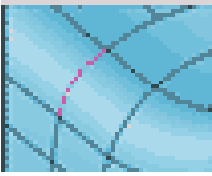


Динамічне керування дотичними на поверхні здійснюється переміщенням кінця спеціального керуючого вектора.



Гібридність - це багаторазовий перехід від групи поверхонь до єдиного тіла і назад без втрати інформації. Часто при обміні моделями між системами тверді тіла сприймаються як група поверхонь, і далеко не завжди вони без проблем знову об'єднуються в тіло. У PowerSHAPE з цим складнощів не виникає.





Редагування зазорів і накладень. PowerSHAPE може здійснювати "зшивання" поверхонь, тобто вирівнювання не тільки позиції, але і дотичних на приграничній кромці. Зшивання можливе і від поверхні до кривої.

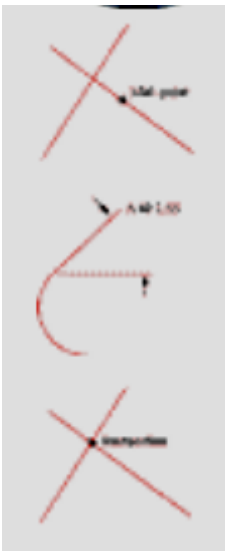


Редагування меж дозволяє перевизначати обрізку поверхонь. Так можна тимчасово виключити з поверхні отвір, що не потрібне на конкретній операції, або повністю перевизначити контур обрізки.



Інтерактивне вимірювання. Інтелектуальний курсор може використовуватися для точного вимірювання елементів моделі. Крім відстані між точками, можна вимірювати площу, об'єм, радіус, кут нахилу, товщину стінки.

Каркасний конструктор PowerSHAPE має всі необхідні інструменти як для створення нової геометрії, так і для доопрацювання "чужих" моделей.



Інтелектуальний курсор дозволяє робити точні побудови з мінімальною участю клавіатури. Він забезпечує прив'язки до точок, зміщення на кут і довжину, розпізнає перетини, дотичність до об'єктів і т.п.

Побудови на поверхні. Можлива прив'язка до будь-якої точки поверхні, а не тільки до опорних точок.

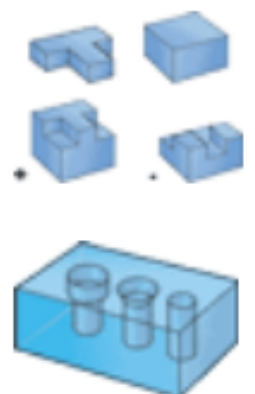
3. Створення поверхонь.

1. Поверхні можуть створюватися з каркасних об'єктів різними способами, зокрема: з окремих твірних, з сітки твірних, по направляючій та твірній.

2. Нові поверхні можна створювати безпосередньо з кромek існуючих поверхонь або групи поверхонь. Якщо потрібно, то нові поверхні відразу сполучаються по дотичній.

3. Можливість створення поверхонь-примітивів (циліндр, конус, сфера, паралелепіпед, тор), а також поверхні витягування та обертання.

4. PowerSHAPE дозволяє створювати поверхню всередині складного неплоского контуру, що корисно при заповненні отворів.



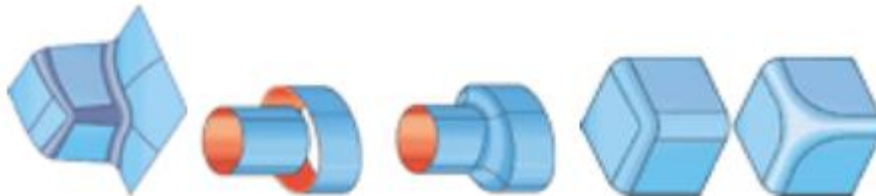


Вставка кривої. PowerSHAPE може редагувати поверхню шляхом заміни твірної на нову криву або додаванням нової кривої на край поверхні.

Динамічне редагування. У PowerSHAPE можливе динамічне редагування дротяних об'єктів, поверхонь і тіл шляхом захоплення мишею спеціальних маркерів і перетягування їх для зміни форми. Інтелектуальний курсор дозволяє робити це з дотриманням розмірів.

4. *Скруглення поверхонь*

PowerSHAPE має дуже потужні команди створення поверхонь скруглення. Вони задовольняють будь-яким запитам користувачів.

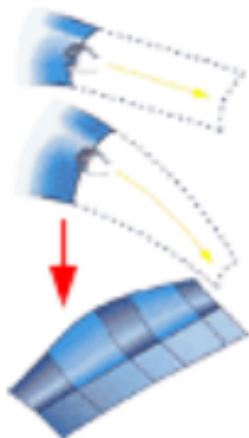


Підтримуються скруглення постійного, змінного радіусів, вони виконуються для необмеженого числа поверхонь, при цьому добре виконуються розгалуження і виродження заокруглень.

Можливість скруглення від поверхні до кривої. PowerSHAPE може створювати зкруглення між групою поверхонь і кривою, в цьому випадку з боку кривої, очевидно, не підтримується дотичність.

Скруглення кутів дозволяє додатково скругляти зони, де сходиться кілька заокруглень (навіть зі змінним радіусом). Ступінь скруглення піддається регулюванню.

5. *Моделювання оснастки*



Коли модель самого виробу закінчена або виправлена, необхідно перейти від виробу до оснастки. Тут треба врахувати деякі технологічні особливості виробу при виготовленні його, наприклад, у прес-формі: форма повинна мати ухили і поверхню рознімання.

Масштабування (для рохрахунків усадки або заданого об'єму) можна застосовувати як пропорційне (однакове по всіх осях), так і непропорційне (свій



коефіцієнт для кожної осі). Масштабування заданого об'єму є дуже корисним при створенні тари та упаковки.

Динамічне продовження поверхні. Поверхню можна продовжити від кромки на задану відстань перетягуванням, витримуючи дотичність або кривизну. Ця операція можлива і для групи поверхонь. Інтелектуальний курсор дозволяє робити це з дотриманням необхідних розмірів.

Автоматичне створення поверхонь ухилу. Виріб з вертикальними стінками досить складно витягнуто з прес-форми. Вертикальні стінки повинні бути замінені на похилі.

Поверхні ухилу додаються до вибраних поверхонь, при цьому задається тільки кут нахилу, при створенні ухилу

витримується дотичність до вихідних поверхонь. Ухил створюється або до координатної площини (у разі плоского роз'єму), або до попередньо заданої поверхні роз'єму (одиначної або складної).

PowerSHAPE дозволяє створювати і двосторонні ухили. При цьому зустрічні поверхні ухилу автоматично обрізаються, створюючи чітку лінію рознімання.

Поверхня роз'єму. PowerSHAPE дозволяє автоматично генерувати лінію роз'єму для групи поверхонь. Лінія роз'єму

задається положенням точок поверхні, де нормаль горизонтальна. Ця лінія визначає лінію переходу видимої частини поверхні в невидиму (при заданому напрямку погляду - роз'єму) і тому називається лінією горизонту. Поверхня роз'єму створюється зміщенням отриманої лінії по нормалі до вихідних поверхонь у кожній точці. Цей механізм дозволяє швидко отримувати складні неплоскі роз'єми. Лінію роз'єму можна створити і вручну з набору різних кривих або можна комбінувати автоматичний і ручний способи. Лінію роз'єму можна створити і з крайок поверхонь. Потужний засіб пошуку крайок дозволяє робити це швидко і ефективно. Отримана лінія може використовуватися і для створення ухилів.

6. Твердотільне моделювання

PowerSHAPE дозволяє ефективно поєднувати поверхневі, твердотільні та булеві операції (додавання, віднімання, перетин).



Твердотільні отвори в PowerSHAPE можуть створюватися у твердотільної моделі напівавтоматично. Програма містить бібліотеки отворів, підтримується параметризація. Ісля завершення створення моделі, геометрія отворів може бути передана в PowerMILL для обробки.



Тонкостінна оболонка може створюватися з твердого тіла шляхом зміщення вибраних граней і віднімання нового тіла.

Безперервність поверхні. Більшість твердотільних систем моделювання при імпорті можуть об'єднати поверхні в тверде тіло тільки в тому випадку, якщо поверхні не мають зазорів. Для цього вони використовують невиправдано велику точність.

PowerSHAPE використовує реальну точність і для поверхневих, і для твердотільних операцій, що дозволяє вільно переходити від одного



представлення до іншого. Якщо модель не конвертується в тверде тіло із заданим допуском, PowerSHAPE дозволяє швидко знайти і закрити зазори.

Дерево операцій. Всі твердотільні операції зберігаються в дереві операцій. У будь-який момент вони можуть бути перевизначені (параметрично) або видалені.

Тема 5. Тривимірний простір моделі. Глобальна та локальна системи координат

1. Простір моделі. Глобальна система координат

Робота з кресленням починається в робочому середовищі, яка носить назву Простір моделі. Простір моделі – це область, в якій створюються двовимірні і тривимірні об'єкти у глобальній (абсолютній, світовій) системі координат (ГСК) або локальній (користувацькій) системі координат (ЛСК). У початковому стані простір моделі - одиночне видове вікно, що займає всю робочу область екрану. При необхідності можна створювати додаткові видові вікна, в яких відображаються різні види креслення або 3D-моделі. Всі видові вікна відображаються на екрані, не перекриваючи один одного. У поточний момент часу можна працювати тільки в одному з цих видових вікон, але при внесенні змін в поточному видовому вікні всі інші вікна будуть оновлюватися автоматично.

У кожній моделі існує абсолютна система координат і зумовлені нею площини і осі. Назви координатних осей і площин з'являються в Дереві моделі відразу після створення нового файлу моделі. Зображення абсолютної системи координат моделі показується посередині вікна у вигляді трьох ортогональних відрізків. Спільний початок відрізків - це початок абсолютної системи координат моделі, точка з координатами 0, 0, 0. Площини показуються на екрані умовно - у вигляді прямокутників, що лежать в цих площинах. Типово прямокутники розташовані так, що їх центри суміщені з початком координат - таке відображення дозволяє користувачеві побачити розміщення площин у просторі. Координатні осі і площини абсолютної системи координат неможливо видалити з файлу моделі. Їх можна перейменувати, а також включити / виключити їх показ у вікні моделі. У лівому нижньому кутку вікна моделі відображається ще один символ системи координат. Він складається з трьох стрілок, що показують позитивні напрямки осей X, Y, Z абсолютної системи координат. При повороті моделі він повертається - так само, як і значок, розташований на початку глобальної системи координат.

Осі глобальної системи координат визначають три площини: XY, YZ і ZX. Якщо розділити ці площини через однакові проміжки, вони утворюють три перпендикулярні сітки, що перетинаються на початку координат. Разом ці три сітки становлять основну сітку (home grid). В кожному вікні проєкції показана тільки одна частина основної сітки - це сітка, яка визначає площину для створення об'єктів в даному вікні (рис. 5.1).

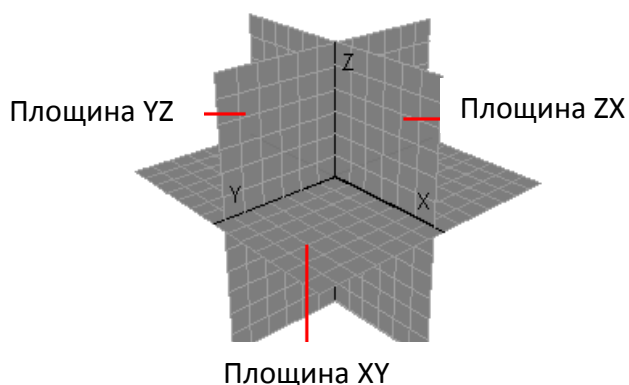


Рис. 5.1. Основна сітка складається з трьох пересічних сіток, присвоєних площинах XY, YZ і ZX глобальної системи координат

Для перегляду та переміщення в просторі є шість видів (views), що відображають об'єкт з шести боків: спереду (front), ззаду (back), зліва (left), справа (right), зверху (top) і знизу (bottom). Ці сторони називаються ортогональними видами, або проєкціями (orthogonal views), оскільки вони звернені перпендикулярно до площин глобальної системи координат і основної сітки (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Ортогональні види звернені до початку координат з шести фіксованих напрямків

Вони є одним з типів аксонометрических видів (axonometric views), оскільки використовують паралельні проекції для промальовування сцени. При повороті ортогонального вигляду, він перетвориться в користувальницький (user view). Користувальницький вигляд - це визначений користувачем аксонометричний вигляд, який звернений до сцени з напрямку, відмінного від наявних шести фіксованих напрямків, що належать ортогональним видам.

2. Локальні системи координат

Іноді для опису ділянок деталі глобальна система координат не підходить або її використання можливе, але вимагає додаткових розрахунків. Зазвичай це буває при побудові ділянок деталі, повернених щодо абсолютної системи координат. У таких випадках для спрощення роботи можна спочатку побудувати локальну систему координат (ЛСК), розташувавши її початок і осі потрібним чином, а потім вже в ній створювати об'єкти. Наприклад, якщо потрібно отримати ламану, сегменти якої розташовуються перпендикулярно один одному, але під кутом до осей абсолютної системи координат, можна попередньо створити ЛСК, осі якої паралельні сегментам майбутньої ламаної, а початок збігається з її першою вершиною.

ЛСК можуть використовуватися також для позиціонування деталей-заготовок, імпортованих поверхонь, компонентів збірки. У моделі можна побудувати кілька ЛСК і перемикатися між ними, роблячи потрібну в даний момент ЛСК поточною. Система координат, яка була поточною під час створення об'єкта, стає системою координат цього об'єкта. Об'єкти постійно зберігають зв'язок зі своїми системами координат. Завдяки цьому можна швидко змінити положення ділянки деталі, змінивши положення його системи координат.

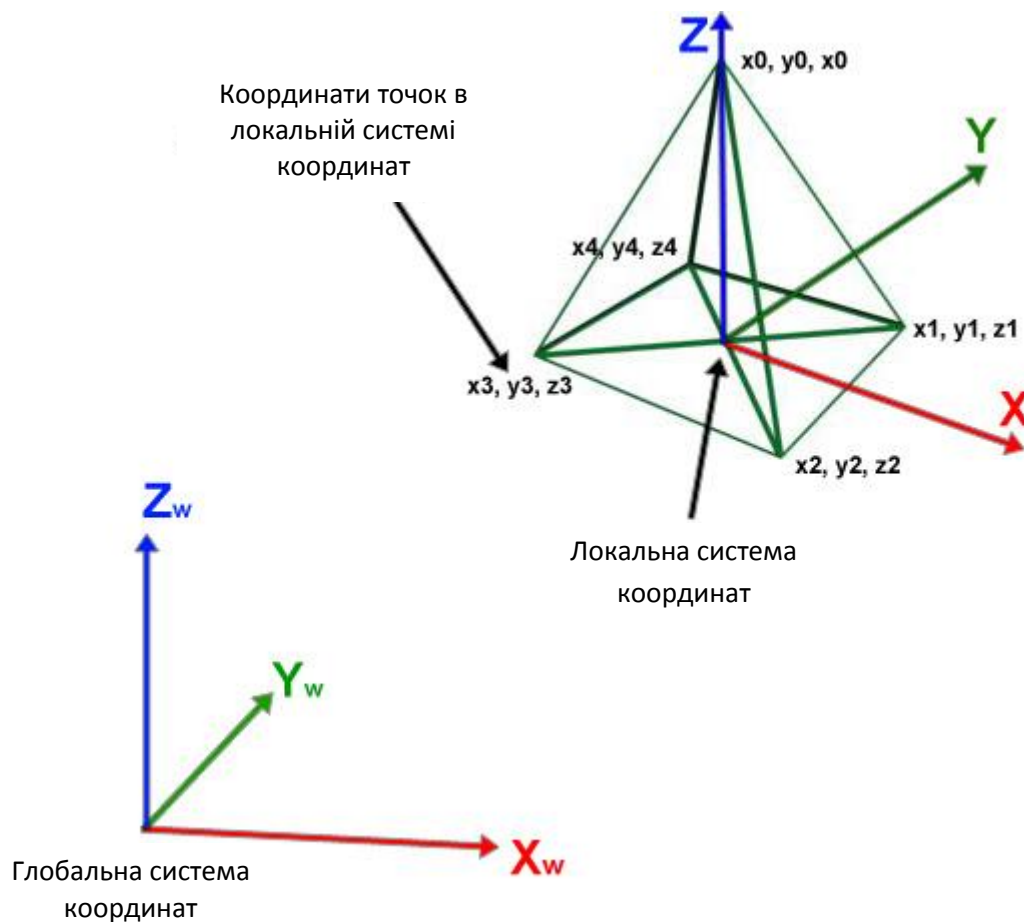


Рис. 5.3 Глобальна та локальна системи координат

Існує також можливість перенесення об'єктів з однієї системи координат в іншу. Усі наявні в моделі ЛСК показуються в Дереві моделі, як і інші об'єкти. Якщо у Дереві включено відображення структури моделі, то ЛСК знаходяться у розділі Системи координат. САПР дозволяють відключати відображення у вікні моделі окремих ЛСК або всіх систем координат відразу, а також виключати ЛСК з розрахунку.

ЛСК може використовуватися в якості системи координат об'єкта для тих об'єктів, положення та/або орієнтація яких задається щодо координатної системи (а не щодо інших об'єктів моделі). Якщо системою координат об'єкта є ЛСК, то цей об'єкт можна переміщати і повертати в глобальній системі координат моделі шляхом зміни положення ЛСК. Щоб скасувати залежність об'єкта від ЛСК, його слід перенести в абсолютну систему координат моделі.

При вставці в збірку компонента його координати задаються щодо поточної ЛСК збірки, а напрями осей абсолютної системи координат компонента збігаються з напрямками осей поточної ЛСК збірки. Елементи ЛСК - точку початку, координатні площини і осі - можна використовувати при побудові моделі, як інші точкові, плоскі і прямолінійні об'єкти. Сполучення типу

«Збіг», накладене на дві ЛСК, робить їх (і, отже, їх компоненти) нерухомими один щодо одного.

3. Задання місця розташування об'єктів у тривимірному просторі

При створенні об'єктів в 3D просторі для вказання точок використовуються декартові, циліндричні або сферичні координати.

3D декартові координати вказують на точне розташування за допомогою трьох координат: X, Y і Z.

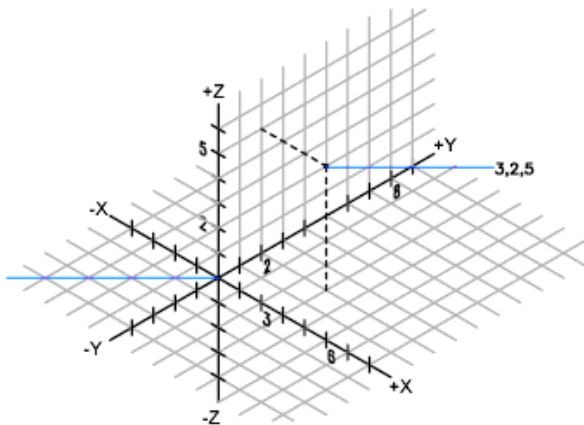


Рис. 5.4 Декартова система координат

3D циліндричні координати описують точне місце розташування по відстані від початку системи координат в площині XY, куту до осі X в площині XY і значенню Z. Задання циліндричних координат аналогічно заданню полярних координат для 2D простору. Додатково вказується значення відстані від зазначеної полярної координати до необхідної точки простору перпендикулярно площині XY. Циліндричні координати визначають відстань від початку координат системи координат до проекції точки на площину XY, кут до осі X і відстань від точки до площини XY по осі Z.

3D сферичні координати задають розташування від початку поточної системи координат, кутом до осі X у площині XY і кутом в площині XY.

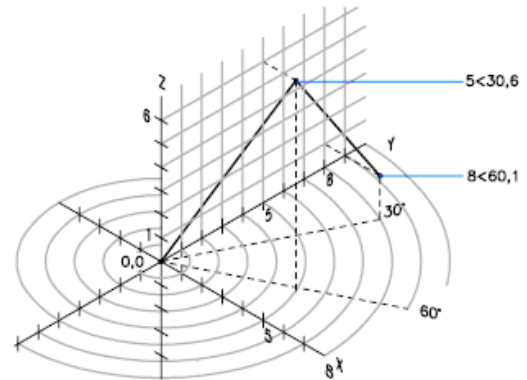


Рис. 5.5 Циліндрична система координат

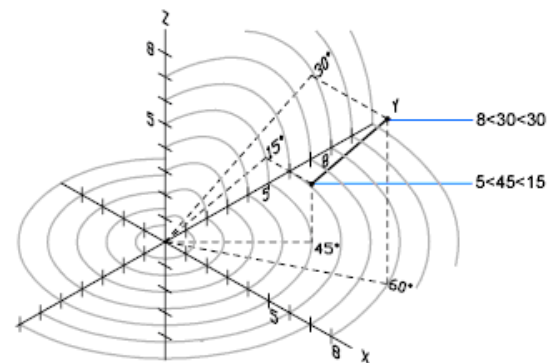


Рис. 5.6 Сферична система координат

Тема 6. Вимоги до побудови ескізів. Використання прив'язок

1. Загальні відомості про ескізи

Як правило, ескіз являє собою переріз об'ємного елемента. Рідше ескіз є траєкторією переміщення іншого ескізу - перерізу. Не будь-яке зображення в ескізі може бути використане для створення об'ємного елемента. Воно повинно підкорятися деяким правилам.

Одним з основних понять при описі ескізу є контур. Значення цього терміна при роботі з тривимірними моделями відрізняється від його значення при «плоскому» кресленні. Якщо при роботі в графічному документі (фрагменті або кресленні) контур - це завжди єдиний графічний об'єкт, то при роботі в ескізі під контуром розуміється будь-який лінійний графічний об'єкт або сукупність послідовно з'єднаних лінійних графічних об'єктів (відрізків, дуг, сплайнів, ламаних і т.д.). Слід зауважити, що такі САПР як Pro\Е та SolidWorks все ж вимагають об'єднання частин контуру в єдину просторову лінію.

Вимоги до побудови ескізів є однаковими в більшості САПР. Їх можна розділити на загальні (стосуються будь-яких ескізів) та специфічні для певного типу елемента.

Загальними вимогами до ескізів є:

- Контури в ескізі: не повинні перетинатися чи мати спільних точок, неприпустимим є накладення ліній контуру
- Для створення не пустотілої деталі контур повинен бути замкнутим, інакше утворюється тонкостінний елемент

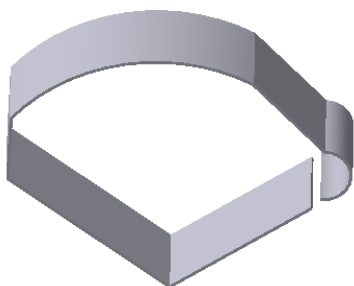


Рис. 6.2 Створення тонкостінного елемента з незамкнутого контуру

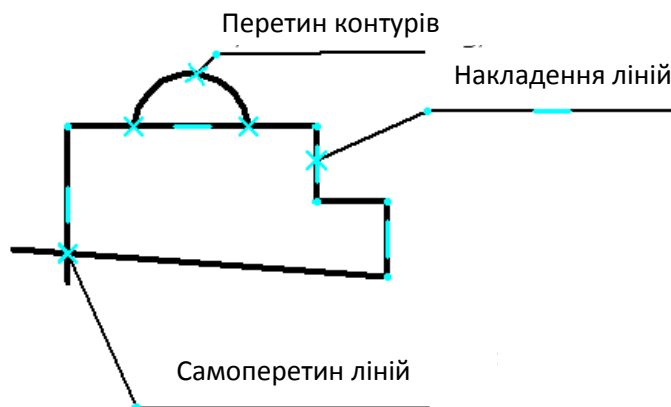


Рис. 6.1 Типові помилки при створенні ескізу

2. Вимоги до ескізів елементів «Видавлювання» та «Обертання»

Елемент «видавлювання»

- В ескізі може бути один або кілька контурів.
- Якщо контурів декілька, вони повинні бути або всі замкнуті, або всі розімкнуті.
- Якщо контури замкнуті, вони можуть бути вкладеними один в одного.
- Рівень вкладеності не обмежується.

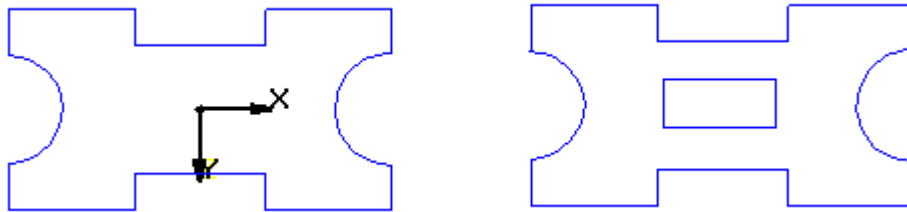


Рис. 6.3 Вкладеність контурів в ескізі елемента

Елемент «обертання»

- Вісь обертання повинна бути зображена в ескізі відрізком зі стилем лінії Осьова або об'єктом типу Осьова лінія.
- Вісь обертання повинна бути одна.
- В ескізі може бути один або кілька контурів.
- Якщо контурів декілька, вони повинні бути або всі замкнуті, або всі розімкнуті.
- Якщо контури замкнуті, вони можуть бути вкладеними один в одного.
- Рівень вкладеності не обмежується.
- Жоден з контурів не повинен перетинати вісь обертання або її продовження.

3. Вимоги до ескізів кінематичного елемента

При формуванні кінематичного елемента використовуються переріз і траєкторія. Переріз завжди лежить в одному ескізі. Траєкторія може лежати в одному або декількох ескізах або складатися з ескізів, ребер і просторових кривих. Спосіб завдання траєкторії не впливає на вимоги до неї.

Вимоги до ескізу перерізу:

- В ескізі-перерізі може бути тільки один контур.
- Контур може бути розімкненим або замкнутим.

Вимоги до траєкторії, що складається з одного ескізу:

- В ескізі-траєкторії може бути тільки один контур.
- Контур може бути розімкненим або замкнутим.
- Якщо контур розімкнений, його початок повинне лежати в площині ескізу-перерізу.

- Якщо контур замкнений, він повинен перетинати площину ескізу-перетину.
- Траєкторія повинна лежати в площині, не паралельній площині ескізу-перерізу та в площині, яка не співпадає з нею.

Вимоги до траєкторії, що складається з декількох ескізів:

- У кожному ескізі-траєкторії може бути тільки один контур.
- Контур повинен бути розімкненим.
- Контури в ескізах повинні з'єднуватися один з одним послідовно (початкова точка одного збігається з кінцевою крапкою іншого).
- Якщо ескізи утворюють замкнену траєкторію, то вона повинна перетинати площину ескізу-перерізу.
- Якщо ескізи утворюють незамкнену траєкторію, то її початок має лежати в площині ескізу-перерізу.
- Контур, який утворює початок траєкторії, не повинен лежати в площині, паралельній площині перерізу або збігатися з нею.

4. Вимоги до ескізів елемента «по перерізах»

При формуванні елемента по перерізах використовуються перерізи і (іноді) осьова лінія. Перерізи завжди лежать в ескізах. В якості осьової лінії може використовуватися будь-яка просторова або плоска крива, наприклад, криволінійне ребро, спіраль, сплайн, контур в ескізі. Спосіб завдання осьової лінії не впливає на вимоги до неї.

Вимоги до ескізів перерізів:

- Ескізи можуть бути розташовані в довільно орієнтованих площинах.
- У кожному ескізі може бути тільки один контур.
- У крайніх (першому і останньому) ескізах може бути по одній точці (замість контуру).
- Контури в ескізах повинні бути або всі замкнуті, або всі розімкнуті.

Вимоги до осьової лінії:

- Осьова лінія може бути розімкнутою або замкнутою.
- Якщо осьова лінія розімкнута, її кінцеві точки повинні лежати в площинах першого і останнього ескізів перерізів.
- Якщо контури перерізів замкнуті, то осьова лінія повинна перетинати площині ескізів перерізів всередині контурів перерізів або в точках, що належать цим контурам.
- Якщо контури перерізів розімкнуті, то осьова лінія повинна перетинати контури ескізів перерізів.
- Якщо осьова лінія - плоска крива, то її площина не повинна бути паралельною площинам ескізів перерізів.

- Якщо осьова лінія - багатосегментна крива, то її сегменти повинні бути гладко зістиковані.

5. Використання прив'язок при побудові ескізу

Суть дії прив'язок полягає в наступному. Система аналізує об'єкти, найближчі до поточного стану курсора, щоб визначити їх характерні точки (наприклад, кінець або центр відрізка, центр кола, точку перетину двох ліній і т. п.) і потім надати користувачеві можливість зафіксувати курсор в одній з цих точок. Можна настроїти параметри, за якими система буде шукати характерні точки довколишніх об'єктів. Застосування прив'язок дозволяє точно встановити курсор в деяку точку, причому не обов'язково, щоб координати курсора в момент клацання точно збігалися з координатами потрібної точки.

Прив'язка – режим, при якому курсор автоматично «прилипає» до характерних вузлів (сітки, геометричних об'єктів і т.д.). Після вмикання прив'язок можна виконати мишею точні побудови на кресленні.

Наведемо приклад. Припустимо, в системі встановлений лише один тип прив'язок - *середина*, а в графічному документі побудовані два довільних відрізка, розміщених близько одне від одного. При запуску команди побудови будь-якого іншого об'єкта і при установці покажчика між відрізками повинна спрацювати прив'язка *середина*. Незважаючи на те, що при цьому покажчик не наведений точно на середину, при клацанні кнопкою миші (тобто при початку побудови нового об'єкта) покажчик буде встановлений в найближчу середину відрізка. Зверніть увагу, прив'язка здійсниться не до найближчого відрізка, а до відрізка, середина якого була ближче до положення покажчика в момент клацання.

Прив'язки бувають двох видів: глобальні та локальні. Глобальні діють постійно при введенні або редагуванні об'єктів.

Локальні прив'язки можуть викликатися при введенні конкретного об'єкта і не запам'ятовуються системою для подальших викликів команд побудови геометрії. Локальні прив'язки мають більш високий пріоритет у порівнянні з глобальними. Це означає, що при виклику локальної прив'язки встановлені глобальні прив'язки діяти не будуть. Щоб скористатися тією чи іншою локальною прив'язкою, слід викликати одну з команд контекстного підменю Прив'язка або скористатися випадającym меню кнопки локальних прив'язок.

У більшості САПР доступні наступні типи прив'язок.

- Найближча точка - дозволяє прив'язатися до найближчої біля курсора характерної точки (початок відрізка, точка початку системи координат і ін.).

- Середина - дозволяє фіксувати курсор на середині найближчого прямолінійного об'єкта.
- Перетин - включення цієї прив'язки вказує системі на необхідність відслідковувати найближчі до курсора перетини ліній.
- Дотик - дія цієї прив'язки розміщує покажчик таким чином, щоб створюваний об'єкт (відрізок, дуга) дотикався до найближчої до поточного стану курсора точки об'єкта, розташованого поруч.
- Нормаль - діє аналогічно попередній, з тією тільки різницею, що створюваний об'єкт розміщується по нормалі до найближчого об'єкту.
- По сітці - виконує прив'язку курсора до точок координатної сітки (навіть якщо відображення самої сітки в цей момент вимкнено).
- Вирівнювання - при переміщенні курсора система виконує вирівнювання (по горизонталі або по вертикалі) по характерних точках прилеглих об'єктів або за останньою зафіксованою точкою (наприклад, по першій точці відрізка, попередній точці ламаної або кривої Безьє і т.п.).
- Кутова прив'язка - дозволяє фіксувати курсор під певним кутом до останньої зафіксованої точки створюваного об'єкта. Крок кутової прив'язки можна налаштувати в діалоговому вікні налаштування прив'язок.
- Центр - виконує прив'язку до центрів кіл, дуг або еліпсів.
- Точка на кривій - просто розміщує курсор на довільній кривій.

Прив'язки надають неоціненну допомогу при введенні і редагуванні геометричних об'єктів. Однак, як уже зазначалося, надто велика їх кількість лише ускладнить роботу. Це може привести до перекриття дії окремих прив'язок, що просто не дозволить клацнути кнопкою миші в потрібному місці. Рекомендується залишати включеними чотири типи прив'язок: Найближча точка, Перетин, Вирівнювання та Точка на кривій. Цього цілком достатньо для ефективної роботи. При спрацьовуванні певної прив'язки система тонкою пунктирною лінією вказує характерну точку прив'язки, передбачувану точку вставки курсора (відображається хрестиком), а біля покажчика миші може з'являтися текст з назвою типу прив'язки (рис. 6.4).



Рис. 6.4 Відображення прив'язки Вирівнювання

Тема 7. Проектування параметризованих деталей

1. Поняття параметризації

Параметричне моделювання (параметризація) - моделювання (проектування) з використанням параметрів елементів моделі і співвідношень між цими параметрами. Параметризація дозволяє за короткий час «програти» (за допомогою зміни параметрів або геометричних співвідношень) різні конструктивні схеми і уникнути принципів помилок.

Параметричне моделювання істотно відрізняється від звичайного двомірного креслення або тривимірного моделювання. Конструктор у випадку параметричного проектування створює математичну модель об'єктів з параметрами, при зміні яких відбуваються зміни конфігурації деталі, взаємні переміщення деталей в збірці і т. п. Ідея параметричного моделювання з'явилася ще на ранніх етапах розвитку САПР, але довгий час не могла бути здійснена з причини недостатньої комп'ютерної продуктивності.

Історія параметричного моделювання власне почалася в 1989 році, коли вийшли перші САПР з можливістю параметризації. Першопрохідцями були Pro/Engineer (тривимірне твердотільне параметричне моделювання) фірми Parametric Technology Corporation і T-FLEX CAD (двомірне параметричне моделювання) фірми Топ Системи

Параметризація - дуже цінний інструмент, що дозволяє за короткий час перевірити різні конструкції та конструктивні схеми і уникнути принципів помилок. Можна змінити кілька параметрів і подивитися, як буде вести себе при цьому виріб в цілому. Параметрична зв'язок дозволяє управляти властивостями або характеристиками об'єкта за допомогою керуючого параметра, що значно посилює можливості моделювання. Найпростіший приклад параметричної зв'язку це розмірно-керовані побудови.

Ефективність параметризації визначається порядком організації механізму внутрішніх даних та перерахунку моделей, що є надзвичайно важливим фактором. Відсутність або недостатня оптимізація перерахунку моделі викликає значні втрати часу на очікування перерахунку при незначній зміні якого-небудь елемента моделі. Швидкодія сучасних комп'ютерів ще недостатньо для того, щоб 3D-моделювання займало стільки ж часу, як і робота з плоскими кресленнями, і часом користувачеві доводиться втрачати значну частину робочого часу в очікуванні, коли програма завершить ту чи іншу операцію

Основою більшості операцій твердотільного побудови є плоский ескіз. У більшості випадків ескіз використовується як ТЗ на всю збірку або механізм. Всі елементи проекту моделюються з використанням перехресних посилань на 2D-геометрію або копіюють її. При такому проектуванні вся збірка, як з кінематики,

так і по характерних розмірах елементів, управляється ескізом. Через ескіз провідний спеціаліст керує всім проектом.

Ескіз не повинен бути статичною геометрією, він повинен спочатку бути параметричним зображенням. За відсутності розмірів геометрія з урахуванням накладених взаємозв'язків повинна управлятися курсором.

Комплекси параметричних елементів повністю управляються розмірами і вже тому є параметричними, але крім цього, безліч їх властивостей управляються за допомогою комплексних параметрів, деякі з яких для зручності оформляються у бібліотеки. Саме тому одне з дуже корисних застосувань параметризації - створення бібліотек матеріалів, стандартних і уніфікованих елементів. Витрати на створення схеми параметризації окупаються багаторазовим використанням бібліотек.

Параметричні зв'язки можуть стосуватися не тільки геометричних властивостей моделі, але і таких властивостей, як поведінка моделі при моделюванні. У таких випадках, коли мова йде про поведінку моделі, часто говорять про "інтелектуальних" моделях. Поведінка моделі проявляється при взаємодії з іншими моделями.

Сучасна САПР повинна забезпечувати параметризацію за рахунок дотримання не тільки жорсткої геометрії елемента, але і принципу його побудови. У цьому випадку особливого значення набувають розміри і особливо взаємозв'язок елементів (дотичність, паралельність, концентричність тощо) і через реальне побудова повинен записуватися хід конструкторської думки. Система з таким видом параметризації буде відпрацьовувати задану ідею побудови за будь-яких модифікаціях проекту в цілому. Спосіб побудови елемента повинен запам'ятовуватися системою завжди і по всій структурі проекту. Це дозволяє встановити ідеологічну залежність між елементами різних деталей. Такі комплексні параметри необхідні, коли проектний процес виходить за рамки простого креслення, коли проектний процес зачіпає ряд суміжних завдань, що виконувалися до цього практично вручну.



Рис. 7.1 Сімейство виробів

2. Типи параметризації

Таблична параметризація

Таблична параметризація полягає в створенні таблиці параметрів типових деталей. Створення нового екземпляра деталі проводиться шляхом вибору з таблиці типорозмірів. Можливості табличної параметризації досить обмежені, оскільки завдання довільних нових значень параметрів і геометричних відносин зазвичай неможливо.

Однак таблична параметризація знаходить широке застосування у всіх параметричних САПР, оскільки дозволяє істотно спростити і прискорити створення бібліотек стандартних і типових деталей, а також їх застосування в процесі конструкторського проектування.

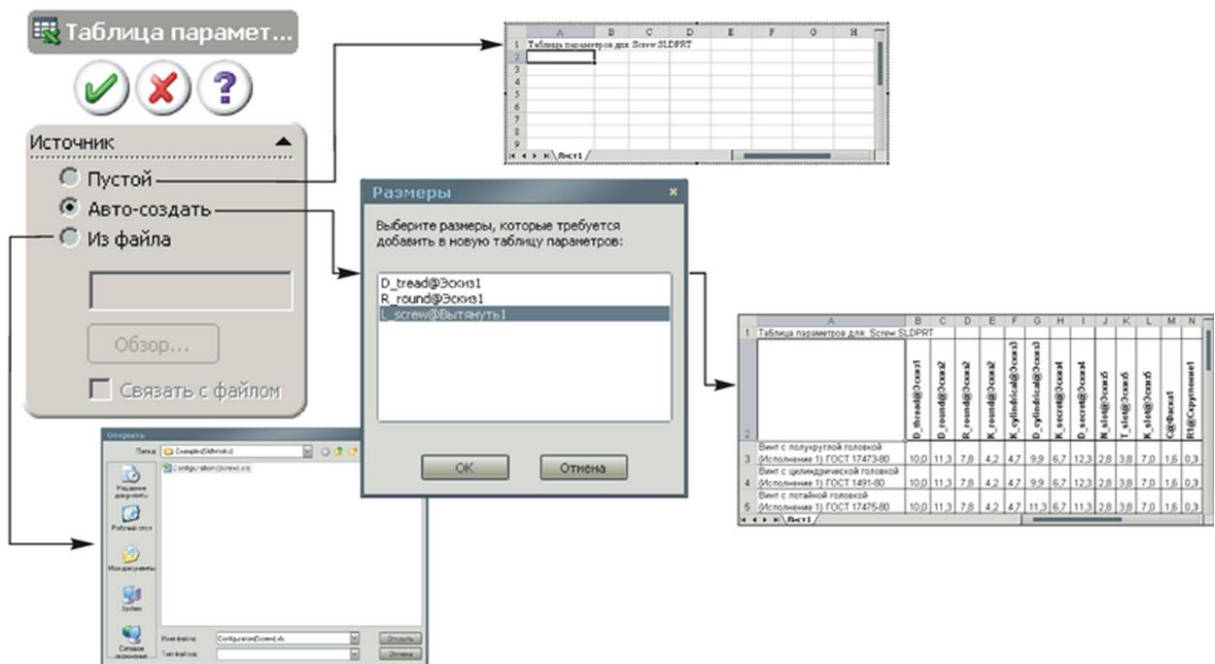


Рис. 7.2 Реалізація табличної параметризації в SolidWorks

Ієрархічна параметризація

Ієрархічна параметризація (параметризація на основі історії побудов) полягає в тому, що в ході побудови моделі вся послідовність побудови відображається в окремому вікні у вигляді «дерева побудови». У ньому перераховані всі існуючі в моделі допоміжні елементи, ескізи і виконані операції в порядку їх створення.

Крім «дерева побудови» моделі, система запам'ятовує не тільки порядок її формування, а й ієрархію її елементів (відносини між елементами). Приклад: збірки → підзбірки → деталі.

Параметризація на основі історії побудов присутня у всіх САПР використовують тривимірне твердотільне параметричне моделювання. Зазвичай такий тип параметричного моделювання поєднується з варіаційною і / або геометричною параметризацією.

Варіаційна (розмірна) параметризація

Варіаційна або розмірна параметризація заснована на побудові ескізів (з накладенням на об'єкти ескізу різних параметричних зв'язків) та накладення користувачем обмежень у вигляді системи рівнянь, що визначають залежності між параметрами.

Процес створення параметричної моделі з використанням варіаційної параметризації виглядає наступним чином:

- На першому етапі створюється ескіз (профіль) для тривимірної операції.
- На ескіз накладаються необхідні параметричні зв'язки.
- Ескіз «оброзмірюють».

Уточнюються окремі розміри профілю. На цьому етапі окремі розміри можна позначити як змінні (наприклад, присвоїти ім'я «Length») і задати залежності інших розмірів від цих змінних у вигляді формул (наприклад, «Length / 2»)

Потім проводиться тривимірна операція (наприклад, видавлювання), значення атрибутів операції теж служить параметром (наприклад, величина видавлювання).

У разі необхідності створення збірки, взаємне положення компонентів збірки задається шляхом зазначення сполучень між ними (збіг, паралельність або перпендикулярність граней і ребер, розташування об'єктів на відстані або під кутом один до одного і т.п.).

Варіаційна параметризація дозволяє легко змінювати форму ескізу або величину параметрів операцій, що дозволяє зручно модифікувати тривимірну модель.

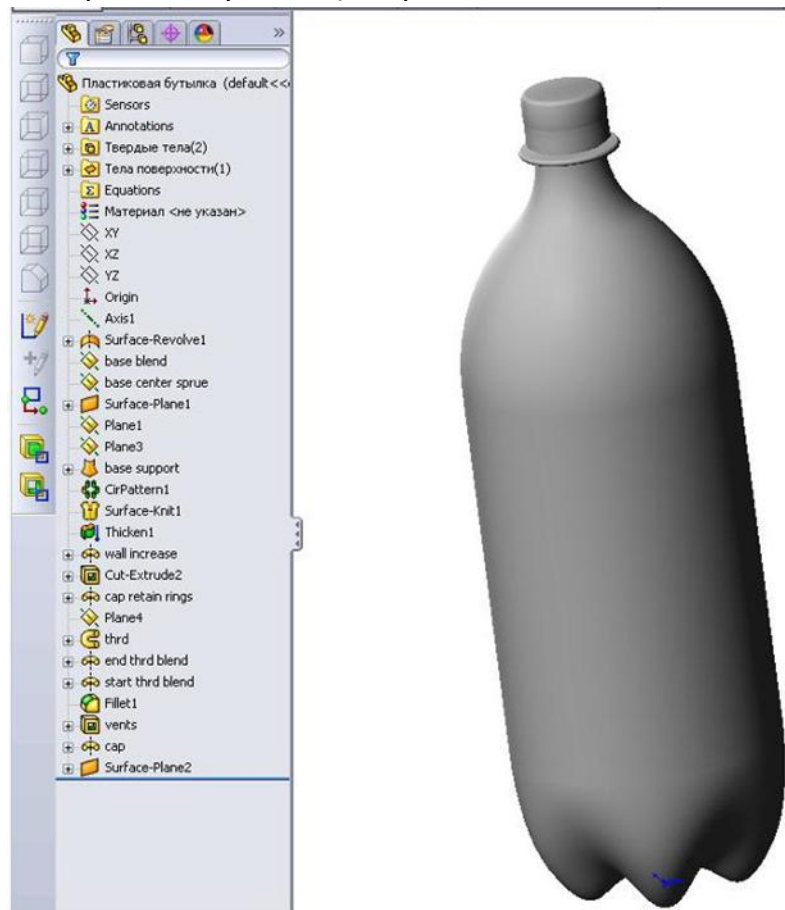


Рис. 7.3 Дерево моделі в SolidWorks

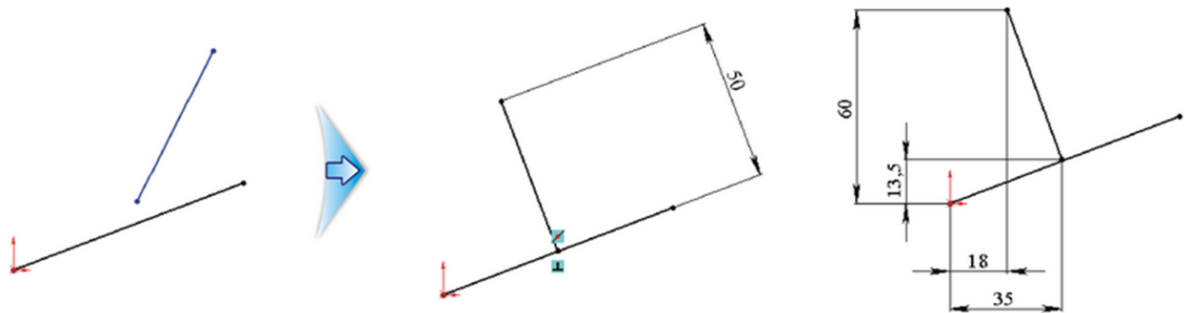


Рис. 7.4 Процес розмірної параметризації

Геометрична параметризація

Геометричною параметризацією називається параметричне моделювання, при якому геометрія кожного параметричного об'єкта перераховується залежно від положення батьківських об'єктів, його параметрів і змінних.

Параметрична модель, у разі геометричної параметризації, складається з елементів побудови та елементів зображення. Елементи побудови (конструкторські лінії) задають параметричні зв'язку. До елементів зображення ставляться лінії зображення (якими обводяться конструкторські лінії), а також елементи оформлення (розміри, написи, штрихування і т. п.). Одні елементи побудови можуть залежати від інших елементів побудови. Елементи побудови можуть містити й параметри (наприклад, радіус кола або кут нахилу прямих). При зміні одного з елементів моделі всі залежні від нього елементи перебудовуються відповідно зі своїми параметрами і способами їх завдання.

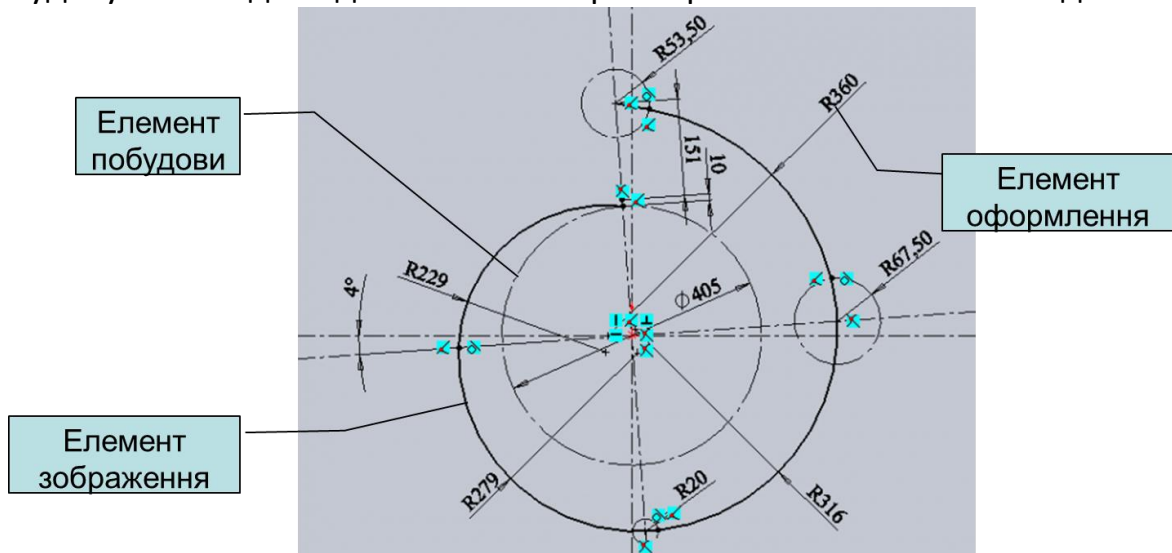


Рис. 7.5 Модель для геометричної параметризації та її елементи

Процес створення параметричної моделі методом геометричної параметризації виглядає наступним чином:

- конструктор задає геометрію профілю конструкторськими лініями, відзначає ключові точки.

- проставляє розміри між конструкторськими лініями. На цьому етапі можна задати залежність розмірів один від одного.

- обводить конструкторські лінії лініями зображення - отримує профіль, з яким можна здійснювати різні тривимірні операції.

Наступні етапи в цілому аналогічні процесу моделювання з використанням методу варіаційної параметризації.

Геометрична параметризація дає можливість більш гнучкого редагування моделі. У разі необхідності внесення незапланованої зміни до геометрії моделі не обов'язково видаляти вихідні лінії побудови (це може призвести до втрати асоціативних взаємозв'язків між елементами моделі), можна провести нову лінію побудови і перенести на неї лінію зображення.

3. Параметричні зв'язки

Відмінність параметричного зображення від звичайного полягає в тому, що в ньому зберігається інформація не тільки про розташування і характеристики геометричних об'єктів, але і про взаємозв'язки між об'єктами і накладені на них обмеження.

Під *взаємозв'язком* об'єктів мається на увазі залежність між параметрами декількох об'єктів. При редагуванні одного з взаємопов'язаних параметрів змінюються інші. Редагування параметрів одного об'єкта, незв'язаних з параметрами інших об'єктів, не впливає ні на які параметри. При видаленні одного або декількох об'єктів взаємозв'язок зникає.

В якості прикладів зв'язків, накладених на об'єкти можна навести паралельність і перпендикулярність відрізків, прямих, стрілок погляду, рівність довжин відрізків або радіусів кіл. Взаємопов'язаними параметрами паралельних прямих є кути їх нахилу. Якщо повернути один з пов'язаних таким чином відрізків, тобто змінити його кут нахилу, обернеться і інший відрізок. Якщо зрушити або промасштаувати один з паралельних відрізків, тобто не зраджувати кут його нахилу, другий відрізок не зміниться. Якщо видалити один з таких відрізків, то кут нахилу іншого стане незалежним.

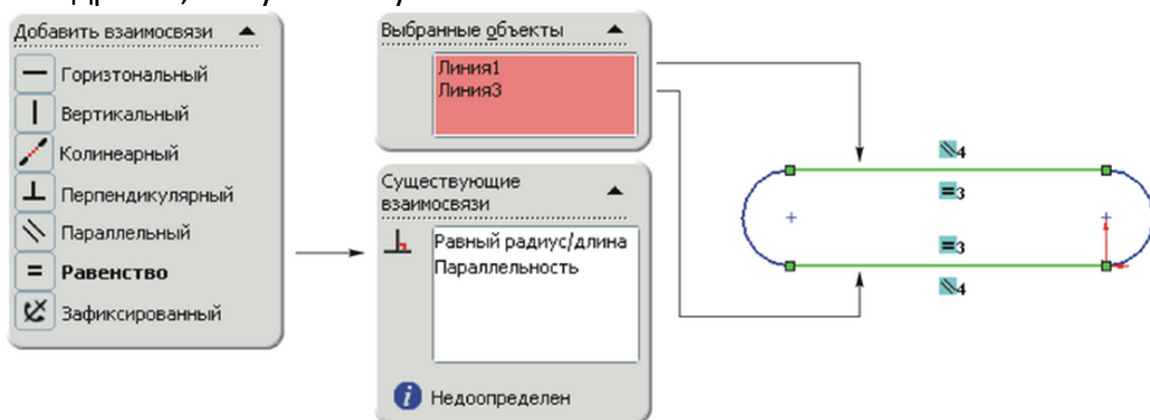


Рис. 7.6 Накладення параметричних зв'язків в SolidWorks

Залежність між параметрами може бути і більш складною, ніж рівність одного параметра іншому. Наприклад, можливе створення функцій, що визначають відношення між параметрами декількох об'єктів.

Другий тип параметричного зв'язку - *асоціативність* об'єктів. Асоціативними можуть бути об'єкти, які при побудові прив'язуються до інших об'єктів - розміри, технологічні позначення, штрихування. Такі об'єкти «ніби пам'ятають» про свою приналежність до базового графічного об'єкта (відрізка, кола тощо) або до декількох об'єктів. При редагуванні базових об'єктів (наприклад, при їх зсуві або повороті) асоціативні об'єкти перебудовуються відповідним чином.

Під *обмеженням* мається на увазі залежність між параметрами окремого об'єкта (рівність параметра об'єкта константі або приналежність параметра певного числовому діапазону). Допускається тільки таке редагування об'єкта, в результаті якого не будуть порушені встановлені залежності, рівності та нерівності.

В якості прикладів обмежень накладених на геометричні об'єкти, можна навести вертикальність і горизонтальність відрізків. (Вертикальність відрізка тотожна рівності x -координат його кінців один одному або рівності кута його нахилу 90°). Відрізок, на який накладено таке обмеження, можна переміщати, але не можна повертати, тобто змінювати кут його нахилу.

При редагуванні параметризованих та асоціативних об'єктів перебудовування зображень відбувається таким чином, що дотримуються всі накладені на об'єкти обмеження і зберігаються зв'язки між об'єктами.

Питання для самоконтролю

1. За допомогою чого створюється математична модель об'єктів з параметрами?
2. В якому році почалася історія параметричного моделювання?
3. За допомогою чого параметричний зв'язок дозволяє управляти властивостями або характеристиками об'єкта?
4. Одним з корисних застосувань параметризації є: ...
5. Що дозволяє встановити ідеологічну залежність між елементами різних деталей?
6. В чому полягає таблична параметризація?
7. На чому заснована варіаційна або розмірна параметризація?
8. Параметрична модель, у разі геометричної параметризації, складається з: ...
9. В чому полягає взаємозв'язком об'єктів?
10. Що мається на увазі під обмеженням?

Тема 8. Аналітичні криві. Деталі на основі просторових кривих

1. Параметричне та непараметричне представлення кривих

Усі сучасні САПР дозволяють використовувати в якості направляючих для протягування або обмеження форми деталей плоскі та просторові криві.

Математично крива може бути представлена в параметричній або непараметричній формі. Непараметрична крива описується в вигляді явної і неявної функції. Для плоскої кривої явний непараметричний вираз має вигляд

$$y = f(x).$$

У цій функції для кожного значення x існує тільки одне значення y , тому явна функція не може представляти замкнуті або багатозначні криві. Це обмеження можна подолати, використавши неявну функцію

$$f(x, y) = 0.$$

Точка на неявному криволінійному сегменті може бути визначена обчисленням кореня алгебраїчного рівняння. визначення коренів неявних кривих іноді вимагає громіздких розрахунків.

На додаток до простих кривих параметрична функція придатна для представлення замкнутих кривих і кривих з безліччю значень при заданій величині незалежної змінної.

Порівняння параметричного і непараметричного описів дуги окружності показано на рис. 8.1. Звідси бачимо, що за допомогою параметричних функцій можна забезпечити поліпшення розподілу точок на кривій і таким чином отримати краще графічне подання. Четверть кола, показана на рис. 8.1а, представляється непараметричною функцією.

$$y = \sqrt{1 - x^2}.$$

Для отримання точок на дузі використані рівні прирости по x . Ця функція незручна для обчислень, оскільки необхідно брати квадратний корінь. Крім того, отримуються погані результати через те, що довжини дуг між сусідніми точками неоднакові. Рис. 8.1б отримано на основі тієї ж функції, заданої параметрично у вигляді

$$P(t) = [\cos \theta \quad \sin \theta].$$

Результат тут хороший, оскільки як довжини дуг між сусідніми точками рівні. Однак обчислювальна процедура неефективна, тому що для визначення тригонометричних функцій потрібно кілька операцій.

На рис. 8.1в показаний інший варіант параметричного подання заданого співвідношення:

$$P(t) = \left[\begin{array}{c} \frac{1-t^2}{1+t^2} \\ \frac{2t}{1+t^2} \end{array} \right],$$

де $t = \operatorname{tg} (\theta / 2)$

При такому виборі потрібно затратити незначний час на обчислення, проте довжини дуг виходять неточно рівними між собою.

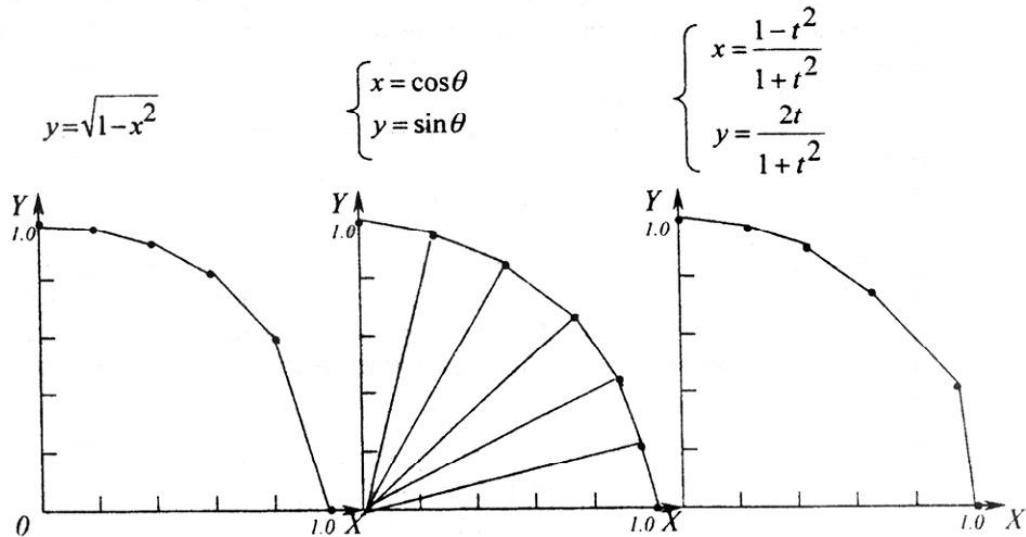


Рис. 8.1 Непараметричний (а) та параметричний (б, в) опис дуги

Найбільш поширеними плоскими кривими є конічніперерізу, вони знаходять широке застосування в додатках машинної геометрії і графіки. Наведемо деякі корисні залежності заналітичної геометрії.

Перетин площиною правильного кругового конуса в залежності від положення площини даєрізні конічні перетину - окружність, еліпс, парабола, гіпербола.Всі конічні перетину можуть бути описані неявно кривою другого ступеня:

$$ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0.$$

Визначивши постійні коефіцієнти a, b, c, d, e, f , можна отриматирізні плоскі криві. Зокрема, крива є еліпсом, якщо $b^2 < ac$; якщо $b^2 = ac$, то це парабола; в випадку $b^2 > ac$ отримується гіпербола за умови, що $acf + 2edb - ae^2 - cd^2 - fb \neq 0$, в іншому випадку крива вироджується в пару прямих ліній.

В аналітичному вигляді коло з центром (x_c, y_c) і радіусом r задається рівнянням наступного виду (рис. 8.2а):

$$r^2 = x^2 + y^2 - 2xx_c - 2yy_c + x_c^2 + y_c^2.$$

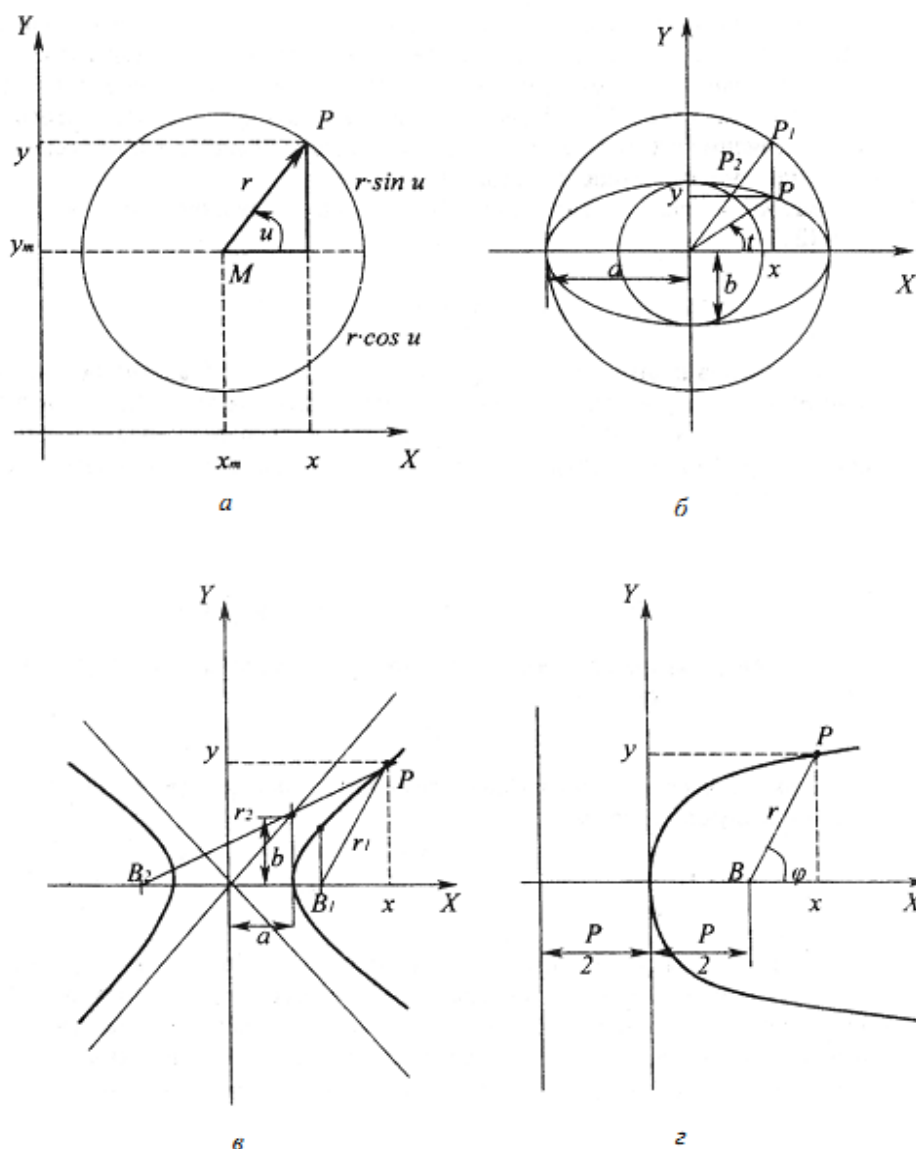


Рис. 8.2 Аналітичний спосіб задання кола (а), еліпса (б), парабол (в,г)

Якщо центр кола збігається з початком координат, то одержимо канонічне рівняння кола:

$$r^2 = x^2 + y^2.$$

Параметрична форма завдання кола з центром (x_c, y_c) і радіусом r виглядає наступним чином:

$$\begin{cases} x = x_c + r \cos t, \\ y = y_c + r \sin t, \end{cases}$$

де $0 \leq t < 2\pi$

Аналітична форма задання визначає точки кола в неявному вигляді і не дає чіткого уявлення про розташування кола відносно системи координат. Навпаки, використовуючи параметричну форму задання кола, можна визначити точки кола для будь-якого значення параметра t , що знаходиться в межах від 0 до 2π . Крім того, параметрична форма встановлює певну орієнтацію кола, яка відповідає зростаючим значенням параметра t .

До недоліків параметричного задання слід віднести його неоднозначність. Так як параметр вибирається в значній мірі довільно, то крива не має єдиного параметричного подання.

2. Створення кривих на основі рівнянь

За допомогою інструменту «Крива, що керується рівнянням», можна створити криву, визначивши для неї рівняння.

При створенні кривих, що керуються рівнянням, значення для використання повинні бути подані в радіанах.

Існує два типи представлення кривих на основі рівняння:

Точне - дозволяє визначити значення X для початкової та кінцевої точок діапазону. Значення Y розраховуються за діапазоном значень X .

Параметричне - дозволяє визначити значення T для початкової та кінцевої точок діапазону. Користувач визначає рівняння для значень X і друге рівняння для значень Y . Обидва рівняння вирішуються за діапазоном значень T .

В більшості САПР в тривимірних ескізах допускається будувати тільки параметричні криві. Для визначення кривої, не обмеженої взаємозв'язками, можна задати відповідну комбінацію перерахованих нижче параметрів.

Рівняння:

Визначте рівняння кривої, де Y є функцією X . Або визначте рівняння кривої, де X , Y і Z є функціями T . Z використовується тільки в тривимірних ескізах.

Якщо користувач вводить рівняння з неприпустимим синтаксисом, рівняння буде відображено червоним кольором. Можна використовувати будь-які функції, підтримувані в діалоговому вікні Рівняння. Також в рівняннях можна використовувати розміри елементів, властивості документів і налаштовані користувачем властивості. Наприклад: $x^3/"D1@Sketch5"$, $x^3/"Length"$, l (параметричні рівняння)

Параметри:

Задайте діапазон значень для X , в якому 1 - початкова точка, а 2 - кінцева точка (наприклад, $X1=0$ і $X2=2*\pi$). Також можна використовувати властивості документів для діапазону значень.

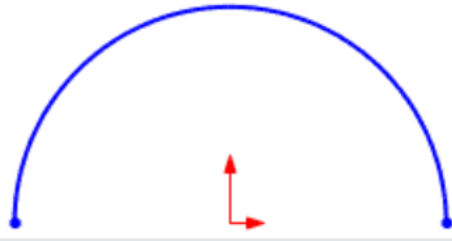
Не допускається використання глобальних змінних безпосередньо в кривих, керованих рівняннями. Однак, можна створити глобальну змінну і асоціювати її з розміром, а потім використовувати розмір в рівнянні для кривої.

Для керування обертанням кривої, можна перетягнути криву, додати взаємозв'язок і т.д. Крива поводить себе як інші жорсткі криві або блоки.

Для масштабування кривої необхідно взяти до уваги масштаб в рівнянні. У прикладі нижче можна помножити X і Y на 10. Для установки початкових і кінцевих координат для параметричних кривих початкові і кінцеві точки початково розглядаються як значення X і Y в $T1$ і $T2$. Криву можна перетворити шляхом додавання взаємозв'язків або розмірів у початкову та кінцеву точки до інших ескізами або геометрії моделі.

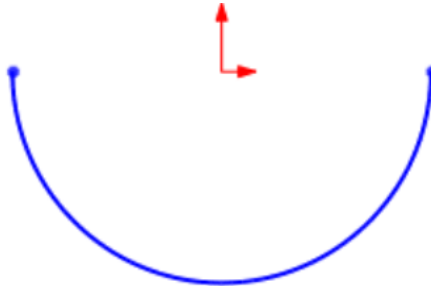
Приклад точного рівняння:

- $y_x = \sqrt{4 - x^2}$
- $x_1 = -2$
- $x_2 = 2$



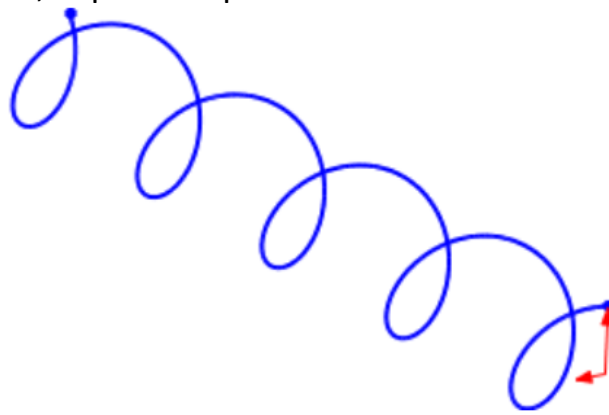
Приклад параметричного рівняння:

- $x_t = 50 \cdot \cos(t)$
- $y_t = 50 \cdot \sin(t)$
- $t_1 = 0$
- $t_2 = \pi$



Приклад тривимірної кривої, керованої рівнянням:

- $y_t = 2 \cdot \sin(t)$
- $x_t = 2 \cdot \cos(t)$
- $z_t = t$
- $t_1 = 0$
- $t_2 = 30$



3. Сплайни

Spline - сплайн. Крива, четверта похідна якої дорівнює нулю. Широко поширений формат представлення даних. Кривизна контролюється розкладом контрольних точок. Для побудови використовуються різні типи кубічних кривих. Bezier curve - крива Безьє. Гладка крива, що складається з серій по чотири контрольні точки, які різною мірою визначають її напрямок. Для цього типу зовсім необов'язково повинна виконуватись умова проходження кривої через всі контрольні точки. Дві точки визначають її напрямок, а дві інші є кінцевими точками. Рівняння сплайна в канонічному вигляді виглядає таким чином.

$$\begin{cases} X(t) = a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + x_0 \\ Y(t) = a_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + y_0 \end{cases}$$

де: t - змінна приймає значення від 0 (початок кривої) до 1 (кінець кривої);
 $a_x, b_x, c_x, a_y, b_y, c_y$ - коефіцієнти рівняння. Визначаються з координат чотирьох точок, які визначають напрям кривої;
 X_0, Y_0 - координати початкової точки сплайна.

$$\begin{cases} a_x = x_3 - x_0 - b_x - c_x \\ b_x = 3(x_2 - x_1) - c_x \\ c_x = 3(x_1 - x_0) \\ a_y = y_3 - y_0 - b_y - c_y \\ b_y = 3(y_2 - y_1) - c_y \\ c_y = 3(y_1 - y_0) \end{cases}$$

де: x_3, y_3 - координати кінцевої точки сплайна;
 x_1, y_1 - координати першої керуючої точки сплайна;
 x_2, y_2 - координати другої керуючої точки сплайна.

B-spline (Bezier-spline) Один з основних способів, що використовуються в CAD системах для математичного подання гладких кривих. Крива формується по відношенню до 3D-полілінії (тобто ламаної лінії). B-spline завжди починається від першої контрольної точки і закінчується в останній, завжди стосується цієї полілінії в цих точках, хоча в цілому не проходить через інші контрольні точки. Прикладом можуть служити сплайни, використовувані в системі Pro / ENGINEER (рис. 8.3).

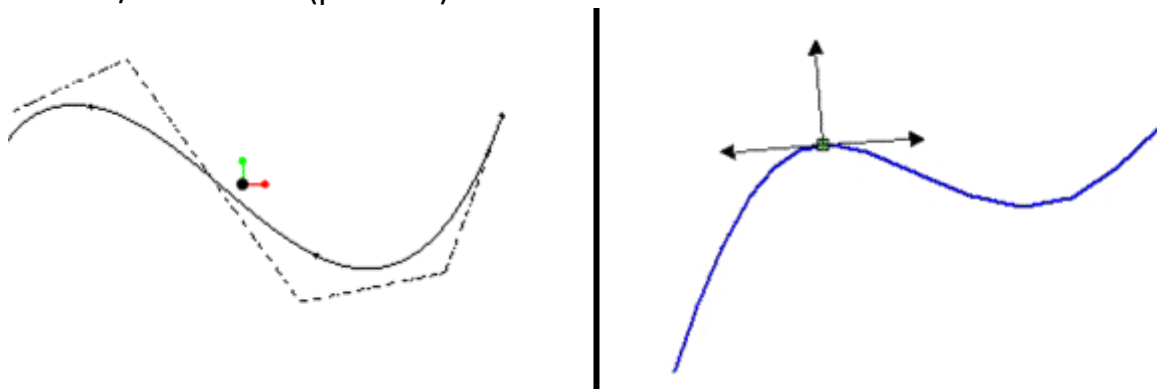


Рис. 8.3 Приклад побудови сплайну в Pro / ENGINEER (зліва) та SolidWorks (справа)

Як вже говорилося, поліноміальна крива, задається набором визначальних точок і представляє рівняння порядку на одну степінь менше кількості точок, що враховуються. Криві Безьє записуються в пам'яті комп'ютера у вигляді математичних формул, тому геометрія, отримана за допомогою цих кривих, займає малий об'єм пам'яті.

C-spline Сплайн, який утворюється шляхом проходження через всі контрольні точки. Збіг з контрольними точками більш явне, ніж у кривих Bezier, так як ці точки задаються безпосередньо, а не через тангенціальні полілінії. Сплайни такого типу застосовуються при проектуванні в системі SolidWorks (рис. 8.3).

NURBS - Non-Uniform Rational B-Spline. Неоднорідний раціональний B-spline. Неоднорідний - означає, що різні області об'єктів мають різні властивості,

значення яких не рівні між собою. Раціональний означає, що об'єкт NURBS може бути описаний за допомогою математичних формул. Відмінними характеристиками є: формулювання, що об'єднує параметричні криві і поверхні, що дозволяє одноманітно представляти B-spline, криві Безьє, криві і поверхні канонічного виду (рис.).

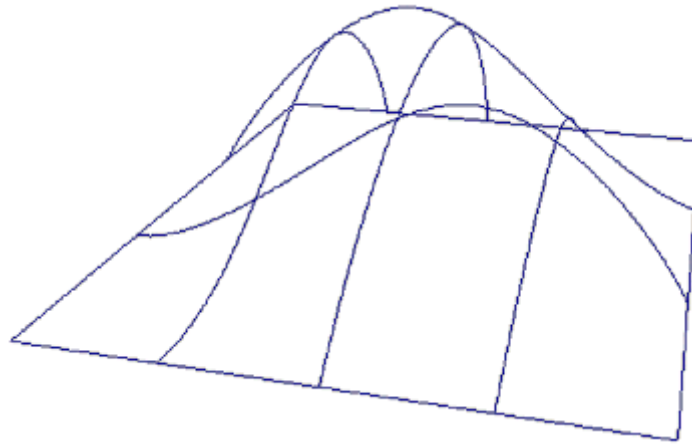


Рис. 8.3 NURBS поверхня

Криві, що визначаються математикою NURBS, є сплайнами. Контрольні точки сплайнів визначають кривизну геометрії поверхні. Кожна контрольна точка формує поверхню тільки в обмеженій області. NURBS використовує математичні алгоритми, які дозволяють віртуально задати будь-яку поверхню або криву як одне рівняння (шматкові поліноми).

Питання для самоконтролю

1. Що за допомогою параметричних функцій можна забезпечити ?
2. Всі кінчні перетину можуть бути описані неявно ?
3. До недоліків параметричного задання слід віднести ?
4. Існує два типи представлення кривих на основі рівняння ?
5. При створенні кривих, що керуються рівнянням, значення для використання повинні бути подані у: ...
6. Криві Безьє записуються в пам'яті комп'ютера у вигляді: ...
7. Що визначають контрольні точки сплайнів?
8. Що дозволяє використовувати сучасний САПР в якості направляючих для протягування або обмеження форми деталей плоскі та просторові криві?
9. Як може бути визначена точка на неявному криволінійному сегменті?
10. Для отримання точок на дузі використані рівні прирости: ...

Тема 9. Моделювання деталей з формою на основі параметричних поверхонь

1. Параметричне задання поверхні

При побудові геометричних моделей поверхонь за допомогою ЕОМ у системах автоматизованого проектування часто потрібні числові характеристики, що визначають положення точок і ліній, належать даній поверхні. У ряді випадків це можуть бути координати точок і векторів. Розглянемо один з можливих способів опису поверхні, що дозволяє порівняно просто перетворити геометричну інформацію про будову поверхні в цифрову. Дуже зручною формою задання поверхні є параметрична, коли радіус-вектор R точки M поверхні (рис. 9.1а) визначається вектором-функцією $R(u, v)$ двох скалярних незалежних аргументів u, v , розглянутих в деякій області їх зміни:

$$R = R(u, v) = x(u, v)i + y(u, v)j + z(u, v)k,$$

де x, y, z - координати вектора-функції, також є функціями u, v .

Параметри u і v називаються криволінійними координатами поверхні. Кожній парі значень u, v з області їх зміни відповідає точка поверхні. Якщо один з параметрів прийняти постійним, наприклад, задатися $v = v_1$, то вектор-функція $R = R(u, v_1)$ буде однією з так званих координатних ліній. Іншими словами, при фіксованому значенні v і змінному u кінець вектора $R = R(u, v_1)$ опише на поверхні лінію $v_1 = \text{const}$. переходячи до іншого значення $v = v_2$, отримуємо наступну лінію сімейства ($v_2 = \text{const}$).

Запишемо рівняння поверхні обертання і покажемо, як його можна використовувати при побудові каркаса поверхні. Розглянемо поверхню, яка утворена обертанням навколо осі z кривої m , розташованої в координатній площині xOz (рис. 9.1б). Іншими словами, нехай заданий меридіан, віднесений до параметру u , і його поточний радіус-вектор:

$$\rho = f_1(u)i + f_2(u)k,$$

$$f_1(u) = x, \quad f_2(u) = z.$$

Положення будь-якої точки M на поверхні буде визначати значення параметра u (фіксується точка K на заданій твірній m) і кут v , на який повернулася крива m навколо осі z .

При зміні u кінець вектора $u(\rho) = \rho$ буде переміщатися по меридіану. Вважаючи фіксованим значення параметра u і змінюючи параметр v , отримуємо одну з паралелей поверхні. Координати точки M будуть виражені через u і v наступним чином:

$$x = f_1(u)\cos v, \quad y = f_1(u)\sin v, \quad z = f_2(u),$$

а радіус-вектор точки поверхні прийме вид

$$r(u, v) = f_1(u)(i\cos v + j\sin v) + f_2(u) \cdot k.$$

Для побудови каркаса поверхні необхідно знати функцію $x=f(z)$, яку іноді можна записати явно, використовуючи параметричне подання меридіана. Значення координати x і буде визначати радіус паралелі, розташованої на рівні z . Якщо вираз виду $x=f(z)$ отримати не вдається, то слід задатися рядом значень u ($u_1 \leq u \leq u_2$) і обчислити координати x і z .

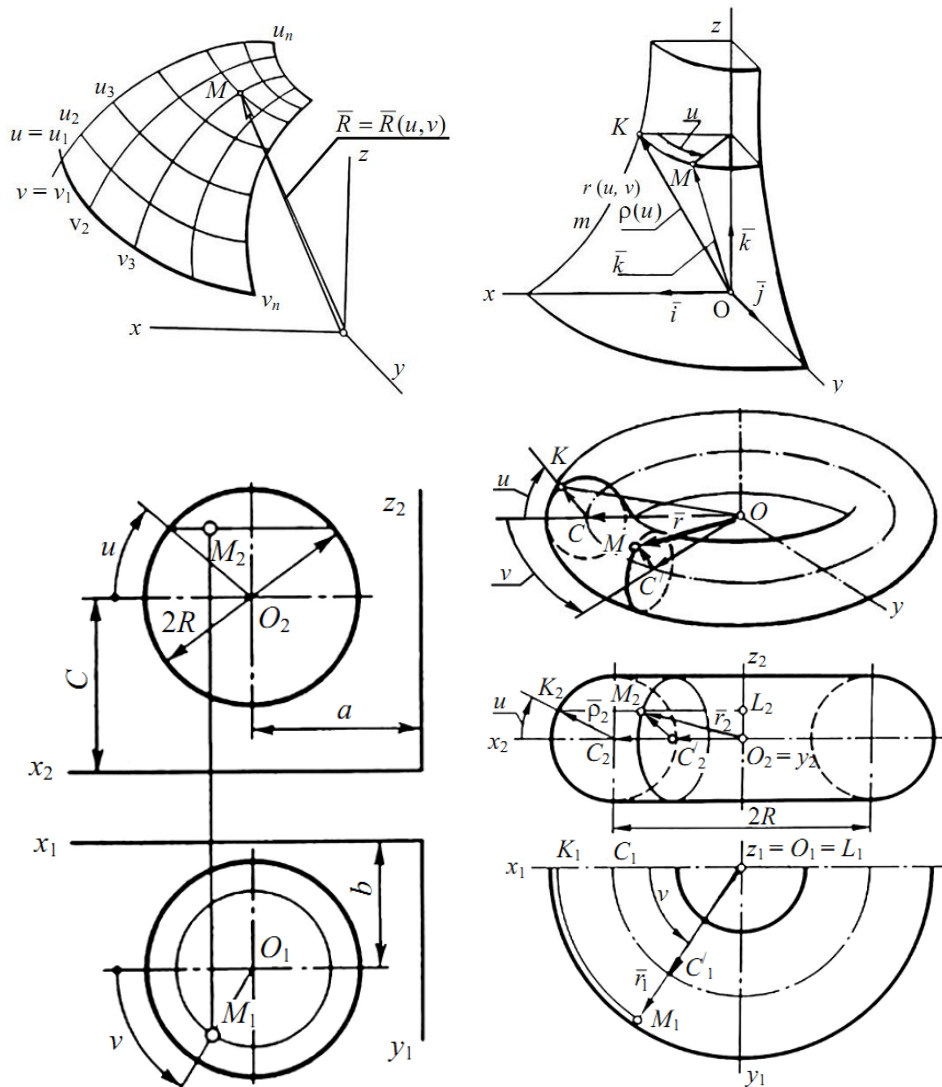


Рис. 9.1 Параметричне задання точки на поверхні обертання (а), побудова поверхні обертання (б), параметричне задання сфери (в) і тора (г)

2. Параметричні поверхні обертання

Розглянемо найбільш поширені поверхні обертання з криволінійними твірними.

Сфера утворюється обертанням кола навколо її діаметра. При стисканні або розтягуванні сфери вона перетвориться в еліпсоїди, які можуть бути утворені і при обертанні еліпса навколо однієї з його осей. Якщо віссю обертання є велика вісь еліпса, то еліпсоїд називається витягнутим, а якщо менша, то - стисненим, або сфероїдом. Параметричні рівняння сфери (рис. 9.1в) мають вигляд:

$$\begin{cases} x = a + R \cos u \cos v, \\ y = b + R \cos u \sin v, \\ z = c + R \sin u, \end{cases}$$

де a, b, c - координати центру сфери; R - радіус сфери; u – кутовий параметр, що фіксує точку на меридіані ($-90^\circ \leq u \leq 90^\circ$); v - кутовий параметр, що фіксує положення меридіана ($0 \leq v \leq 360^\circ$).

Тора. Поверхня тора формується при обертанні кола навколо осі, що не проходить через центр кола (рис. 9.1г). Для довільної точки M , що належить поверхні тора, буде справедливою наступна векторна рівність:

$$r(u, v) = CO^1 + C^1M,$$

де

$$CO^1 = R(i \cos v + i \sin v);$$

$$C^1M = \rho(i \cos v + i \sin v) \cos u + \rho k \sin u.$$

В результаті отримуємо рівняння

$$r(u, v) = (R + \rho \cos u)(i \cos v + i \sin v) + \rho k \sin u.$$

При даному u ($0 \leq u \leq 360^\circ$) радіус паралелі. $KL = R + \rho \cos u$.

Гіперboloїд обертання. Розрізняють одно-і двопорожнинні гіперboloїди обертання, які отримують обертанням гіперболи навколо уявної або дійсної осі.

Поверхня однопорожнинного гіперboloїда може бути утворена і обертанням прямої лінії. Ця поверхня двічі лінійчата, тобто через кожну точку однопорожнинного гіперboloїда проходять дві і тільки дві прямолінійні твірні (рис. 9.2).

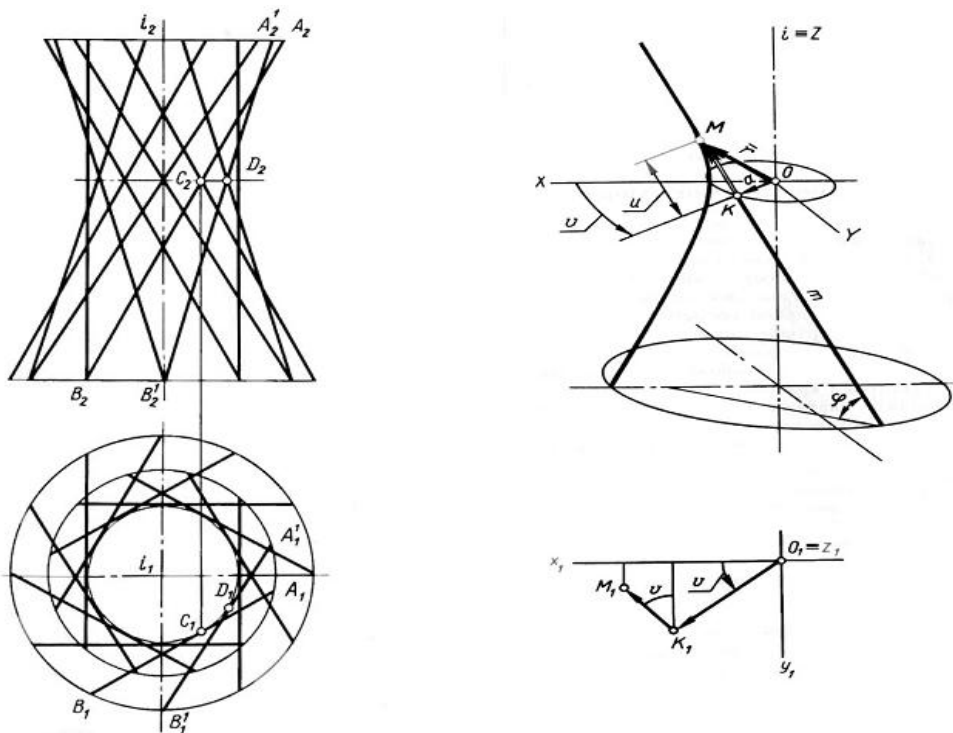


Рис. 9.2 Параметричні поверхні обертання другого порядку

Радіус-вектор r довільної точки поверхні однопорожнинного гіперboloїда (рис. 9.2) можна представити у вигляді

$$r = OK + KM,$$

а його координати у вигляді

$$\begin{cases} x = a \cos v + u \cos \varphi \sin v, \\ y = a \sin v - u \cos \varphi \cos v, \\ z = u \sin \varphi, \end{cases}$$

де φ - кут нахилу твірної m до осі xOy ; v, u - відповідно кутовий і лінійний параметри поверхні (v визначає кут повороту твірної навколо осі z , а лінійний параметр u фіксує точку на m).

Побудова каркасів циліндричної і конічної поверхонь представлена на рис. 9.3, де геометричною частиною визначника циліндричної поверхні є напрямна n і твірна m , а для конічної поверхні - напрямна n і точка S - вершина.

Для побудови каркаса необхідно виділити ряд точок A, B, C, \dots на напрямній; через кожен з них провести прямі лінії паралельно твірній m при побудові циліндричної поверхні. При побудові конічної поверхні прямі лінії необхідно провести через точки на напрямній і вершину S .

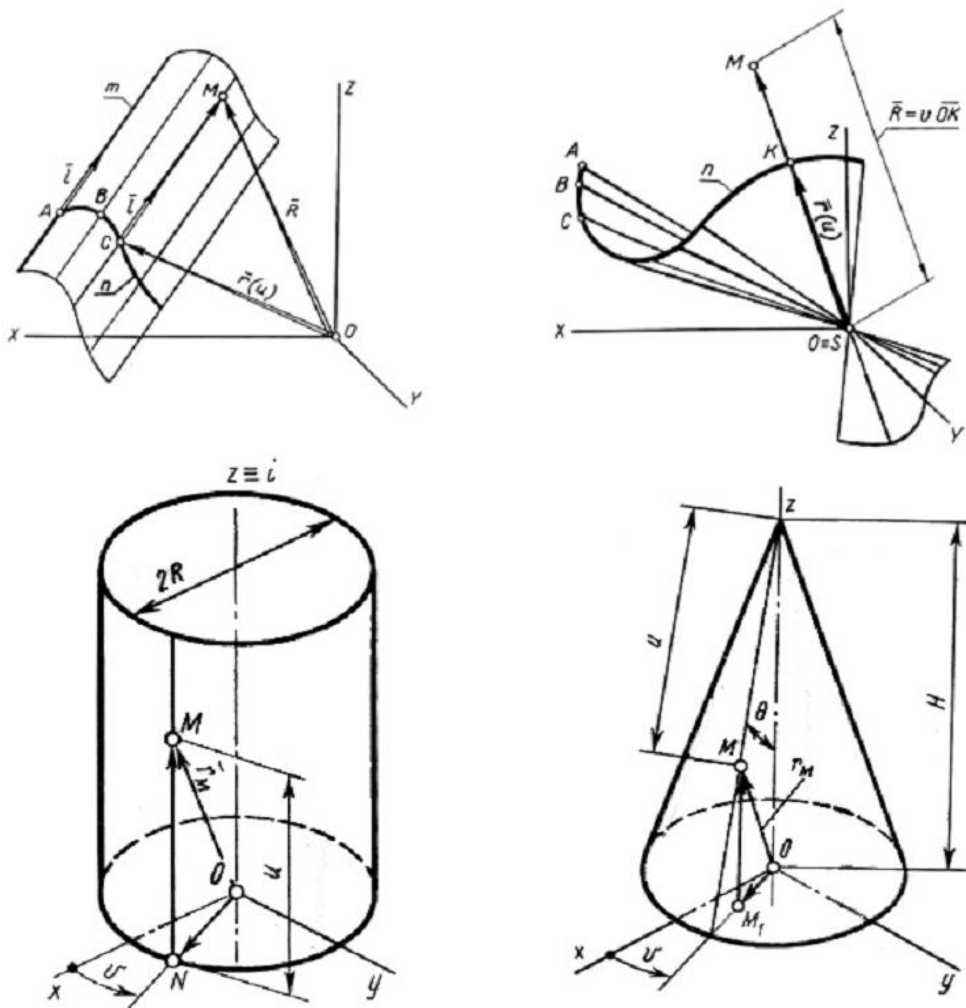


Рис. 9.3 Побудова каркасів циліндричної і конічної поверхонь

Циліндр. Параметричне рівняння циліндричної поверхні в векторному записі має вигляд:

$$R = r(u) + v \cdot l,$$

де $r(u)$ - поточний радіус-вектор напрямної n , а u - параметр, до якого вона віднесена; l - одиничний вектор прямолінійної твірної m (Рис.); v - лінійний параметр, що фіксує положення точки M на твірній. Відстань CM беремо зі знаком, приймаючи напрямок вектора l за позитивне.

Розглянемо окремий випадок циліндричної поверхні, показаної на рис. . Радіуси-вектори точок, що належать даній поверхні, визначаються рівністю $R = ON + NM$, якій відповідають параметричні рівняння виду

$$x = r \cos v, \quad y = r \sin v, \quad z = u,$$

де $0 \leq u \leq H$, $0 \leq v \leq 360^\circ$.

Конус. Складемо тепер рівняння для радіуса-вектора довільної точки M на довільній твірній конічної поверхні, вершина S якої збігається з початком координат (див. рис.). Оскільки вектори OK і OM колінеарні, то

$$R = v \cdot OK,$$

де $OK = r(u)$ - радіус-вектор направляючої n .

Від цієї форми рівняння конічної поверхні можна перейти до координатної, а саме:

$$x = v \cdot f_1(u), \quad y = v \cdot f_2(u), \quad z = v \cdot f_3(u),$$

де $f_1(u)$, $f_2(u)$, $f_3(u)$ - координати вектора-функції $r(u)$.

В окремому випадку рівняння, що описують поверхню конуса обертання (рис.), записуються у вигляді

$$\begin{cases} x = u \sin \theta \cos v, \\ y = u \sin \theta \sin v, \\ z = H - u \cos \theta, \end{cases}$$

де H - висота конуса; θ - кут між твірною і віссю конуса; u , v - криволінійні координати ($0 \leq u \leq H / \cos \theta$, $0 \leq v \leq 360^\circ$).

Питання для самоконтролю

1. Найбільш поширені поверхні обертання з криволінійними твірними це: ...
2. Як називається форма задання поверхні коли радіус-вектор R точки M поверхні визначається вектором-функцією $R(u, v)$ двох скалярних незалежних аргументів u, v ?
3. Як утворюється сфера?
4. Як формується поверхня тора?
5. Які існують гіперболоїди обертання?
6. Як отримують гіперболоїд обертання?

7. Через кожну точку однопорожнинного гіперболоїда проходять: ...
8. Що визначає кутовий параметр поверхні?
9. Що визначає лінійний параметр поверхні?
10. Які параметри вказані в рівняннях, що описують поверхню конуса обертання?

Тема 10. Основи створення тривимірних каркасів

1. Загальні відомості про каркасні моделі

Каркасна модель являє собою скелетний опис 3D об'єкту, що складається з відрізків і кривих. Каркасна модель є візуальним представленням тривимірного або фізичного об'єкта, що використовується в 3D графіці. Вона створюється шляхом зазначення кожної грані фізичного об'єкта, на місці перетину двох математично безперервних гладких поверхонь, або шляхом вказання вершин об'єкта та з'єднання їх за допомогою прямої лінії або кривої.

Термін походить від каркасного дизайну, що використовує металевий дріт для представлення тривимірної форми твердих предметів. 3D каркас дозволяє створювати і редагувати твердотільні поверхні та об'єкти.

Використання каркасних моделей дозволяє візуалізувати основну структуру 3D-моделі. На основі каркасної моделі можуть бути створені традиційні двовимірні проєкції шляхом відповідного обертання об'єкта та видалення невидимих ліній за допомогою січних площин.

Оскільки каркасна візуалізація є відносно простою і не потребує значних обчислювальних потужностей, вони часто використовуються у випадках, коли необхідно забезпечити високу частоту оновлення кадрів (наприклад, при роботі з особливо складними 3D-моделями, або в системах реального часу, що моделюють природні явища). При потребі більшої деталізації, після завершення початкового рендеринга каркасу автоматично можуть бути додані текстури поверхні. Це дозволяє розробнику швидко переглянути або повернути об'єкт у бажаний вид без тривалих затримок, пов'язаних з більш реалістичним рендерингом.

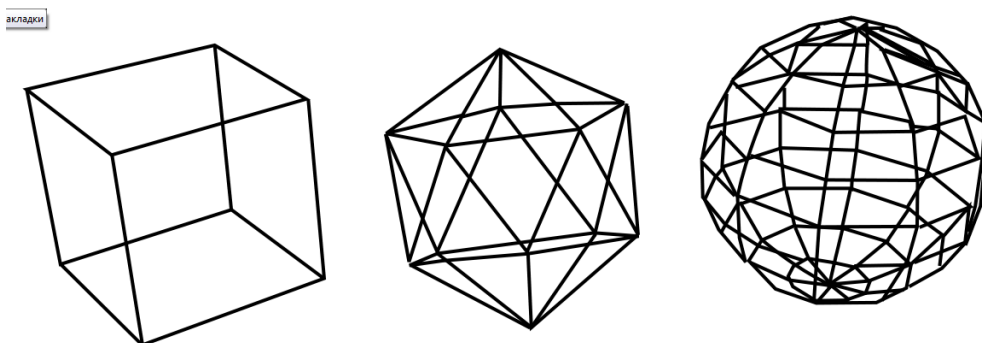


Рис. 10.1 Приклади простих каркасних моделей

Формат каркасних моделей також добре підходить і широко використовується в програмуванні траєкторії інструменту для DNC верстатів (з прямим цифровим керуванням). Каркасні моделі також використовуються в якості вхідних даних для САМ (САПР ТП).

Використання каркасних моделей дозволяє:

- Розглядати моделі з будь-якої точки.
- Автоматично генерувати ортогональні і додаткові види.
- Легко генерувати розчленовані і перспективні види.
- Розглядати взаємне розташування елементів у просторі, оцінювати найкоротші відстані між вершинами і ребрами і т.д.
- Скоротити число необхідних вихідних елементів моделі.

Каркасні моделі складаються тільки з точок, відрізків і кривих, що описують кромки об'єкта. Оскільки кожна зі складових такої моделі об'єктів повинна створюватись і розміщуватись незалежно від інших, витрати часу на моделювання часто бувають вкрай великі.

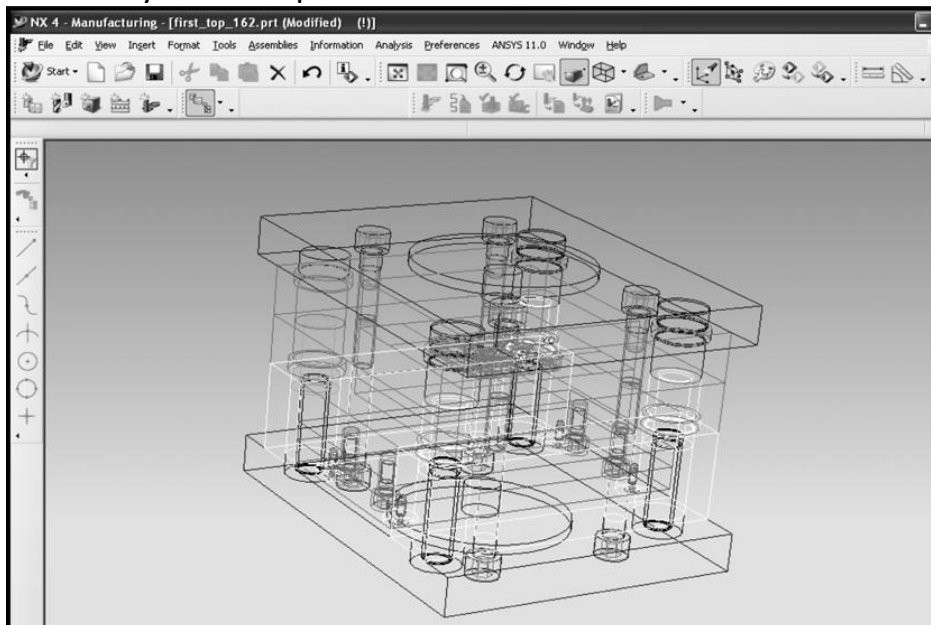


Рис. 10.2 Приклад каркасної моделі прес-форми, створеної в САПР NX

Створення каркасних 3D моделей є більш трудомістким процесом, ніж побудова їх двовимірних проєкцій. У зв'язку з цим рекомендується дотримуватись наступних інструкцій, що дозволяє підвищити ефективність роботи:

- Спланувати пошарову структуру створюваної моделі таким чином, щоб можна було спрощувати виведену модель відключенням певних елементів.
- Використовувати кольори для ідентифікації об'єктів на різних видах.
- Використовувати допоміжні елементи для оцінки форми моделі.
- Використовувати кілька видів, особливо ізометричних, для візуалізації моделі та спрощення вибору об'єктів.

- Вивчити керування ПСК в 3D просторі. Площина XY поточної ПСК є площиною побудов, яка задає орієнтацію плоских об'єктів, таких як кола і дуги. ПСК також визначає площину для виконання операцій обрізки, подовження, зміщення і повороту об'єктів.
- Використовувати режими об'єктної і крокової прив'язки для забезпечення точності побудови моделі.
- Використовувати координатні фільтри для побудови перпендикулярів і вказання точок у тривимірному просторі на основі координат точок наявних об'єктів.

2. Способи побудови каркасних моделей

Усі САПР надають можливість створювати каркасні моделі шляхом розміщення плоских 2D об'єктів в будь-якому місці 3D простору. Для цього пропонуються такі способи:

- Введення значень 3D точок. Введення значень 3D точок (з координатами X, Y і Z) в ході побудови об'єкта.
- Задання площин побудов за замовчуванням (тобто площини XY ПСК) для рисування об'єкта.
- Переміщення або копіювання створеного 2D об'єкта для задання його просторової орієнтації.

Vertex Table				Edge Table		
Vertex #	x	y	z	Edge #	Start Vertex	End Vertex
1	1	1	1	1	1	2
2	1	-1	1	2	2	3
3	-1	-1	1	3	3	4
4	-1	1	1	4	4	1
5	1	1	-1	5	5	6
6	1	-1	-1	6	6	7
7	-1	-1	-1	7	7	8
8	-1	1	-1	8	8	5
				9	1	5
				10	2	6
				11	3	7
				12	4	8

Рис. 10.3 Приклад таблиць вершин та ребер для каркасної моделі куба
ребер зазначні початок і закінчення вершин для кожного ребра.

Після відповідних розрахунків для перетворення 3D-координат вершин в 2D координати екрану, створюється

Каркашний об'єкт задається двома таблицями: таблицею вершин (vertex table) і таблицею ребер (edge table). Таблиця вершин складається з тривимірних координат значення для кожної вершини з посиланням на походження, в той час як в таблиці

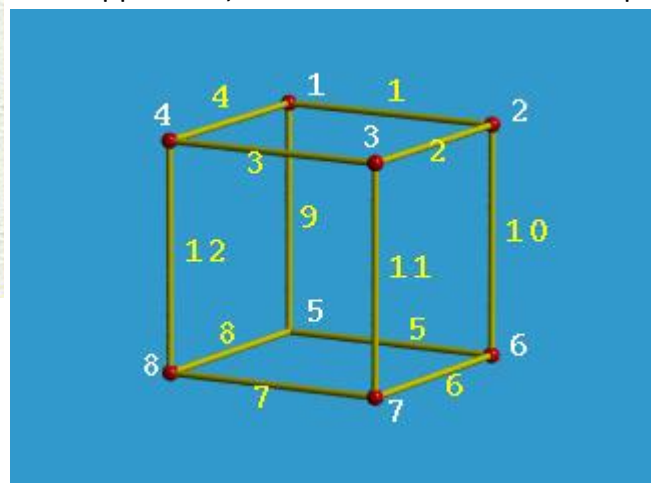


Рис. 10.4 Приклад каркасу куба, створеного на основі даних з таблиць на рис. 10.3

каркасне представлення, шляхом проведення прямих ліній по координатах відповідних вершин, використовуючи список ребер. На відміну від більш докладного представлення, яке необхідне для рендеринга, в даному випадку не вказується інформація про грані (вона повинна бути розрахована, якщо виникає необхідність твердотільного представлення).

3. Недоліки каркасних моделей

- Неоднозначність - для того, щоб представити модель в каркасному вигляді, потрібно представити всі ребра (цей ефект може призвести до непередбачуваних результатів).
- Не можна відрізнити видимі грані від невидимих. Операцію з видалення невидимих ліній можна виконати тільки вручну із застосуванням команд редагування кожної окремої лінії, але результат цієї роботи рівносильний руйнуванню всієї створеної каркасної конструкції, тому що лінії невидимі в одному виді і видимі в іншому);
- Неможливість розпізнавання криволінійних граней - уявних ребер (бічні поверхні циліндричної форми реально не мають ребер, хоча на ілюстраціях наводять зображення деяких уявних ребер, які обмежують такі поверхні). Розташування цих уявних ребер змінюється залежно від напрямку виду, тому ці силуети не приймаються як елементи каркасної моделі і не відображаються на ній;
- Неможливість виявити взаємний вплив компонент (каркасна модель не несе інформації про поверхні, що обмежують форму, що обумовлює неможливість виявлення небажаних взаємодій між гранями об'єкта і суттєво обмежує використання каркасної моделі в пакетах, що імітують траєкторію руху інструменту або функціонування робота, тому що при такому моделюванні не можуть бути виявлені на стадії проектування багато колізій, що з'являються під час збирання;
- Труднощі, пов'язані з обчисленням фізичних характеристик;
- Відсутність засобів виконання тонових зображень (основним принципом техніки виконання тонових зображень, тобто забезпечення плавних переходів різних кольорів і нанесення світлотіні, є те, що затіненню піддаються грані, а не ребра).

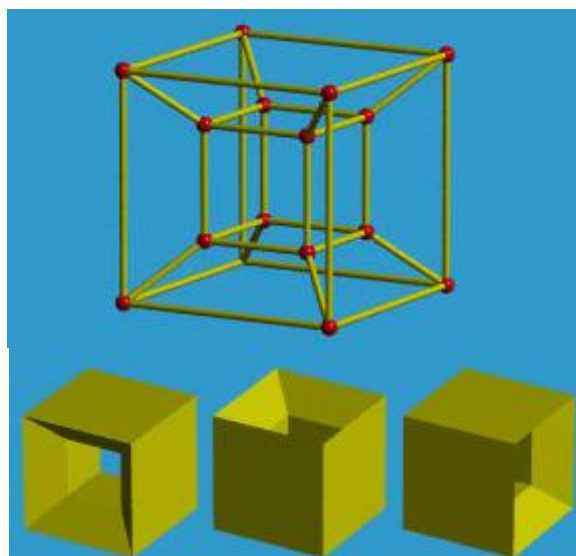


Рис. 10.5. Каркасна модель террасекта та ілюстрація неоднозначності такої моделі

Питання для самоконтролю

1. Що являє собою каркасна модель?
2. Як створюється каркасна модель?
3. З чого складаються каркасні моделі?
4. Що є основною перевагою використання каркасних моделей?
5. Чому витрати часу на моделювання часто бувають дуже великі?
6. Чому використовують кольори для ідентифікації об'єктів на різних видах?
7. Які координати задають при створенні об'єктів в будь-якому місці 3D простору?
8. Якими таблицями визначається каркасний об'єкт?
9. З чого складається таблиця ребер?
10. Що таке засоби виконання тонових зображень?

Тема 11. Основи роботи в CorelDraw. Інтерфейс та можливості програми

1. Загальні відомості про CorelDraw

CorelDraw (Корелдроу) — векторний графічний редактор, розроблений канадською корпорацією Corel. Програма векторної графіки CorelDRAW разом з програмою растрової графіки Corel PHOTO-PAINT і кількома додатковими програмами становить пакет графічних програм CorelDRAW Graphic Suite. CorelDRAW призначена для розробки макетів документів, у яких переважає графічна інформація з метою їх публікації в якості друкарської продукції і в електронному вигляді. Фактично, CorelDRAW є гібридом програми векторної графіки, видавничої програми (верстка друкованих документів), а також програми розробки електронних документів. Це дає основу розглядати CorelDRAW як універсальну графіко-видавничу програму, яка не має в даний час аналогів на ринку прикладних програмних продуктів, призначених для розробки документів.

Corel DRAW - це пакет прикладних програм ілюстративної графіки, призначений для професійної роботи, що має зручний інтерфейс. Основна програма пакету - Corel DRAW - є програмою векторної графіки, яка володіє всіма необхідними засобами та інструментами для створення ілюстрацій, технічних діаграм, креслень, а також високоякісної картографічної продукції. Програмний пакет Corel DRAW дозволяє:

- Сканувати і обробляти растрове зображення;
- Виконувати оформлення в режимі векторної графіки;
- Здійснювати різні режими зафарбовування замкнених областей (фонове оформлення);

- Здійснювати шрифтове оформлення;
- Виконувати контрольні чорно-білі та кольорові роздруківки шляхом виводу на друкуючі пристрої;

2. Інтерфейс програми

У цілому, зовнішній вигляд вікна редактора Corel DRAW звичний для користувачів, які постійно працюють в операційних системах з графічним інтерфейсом: є в наявності рядок заголовка, головне меню, панелі інструментів, робоча область зі смугами прокрутки та рядок стану.

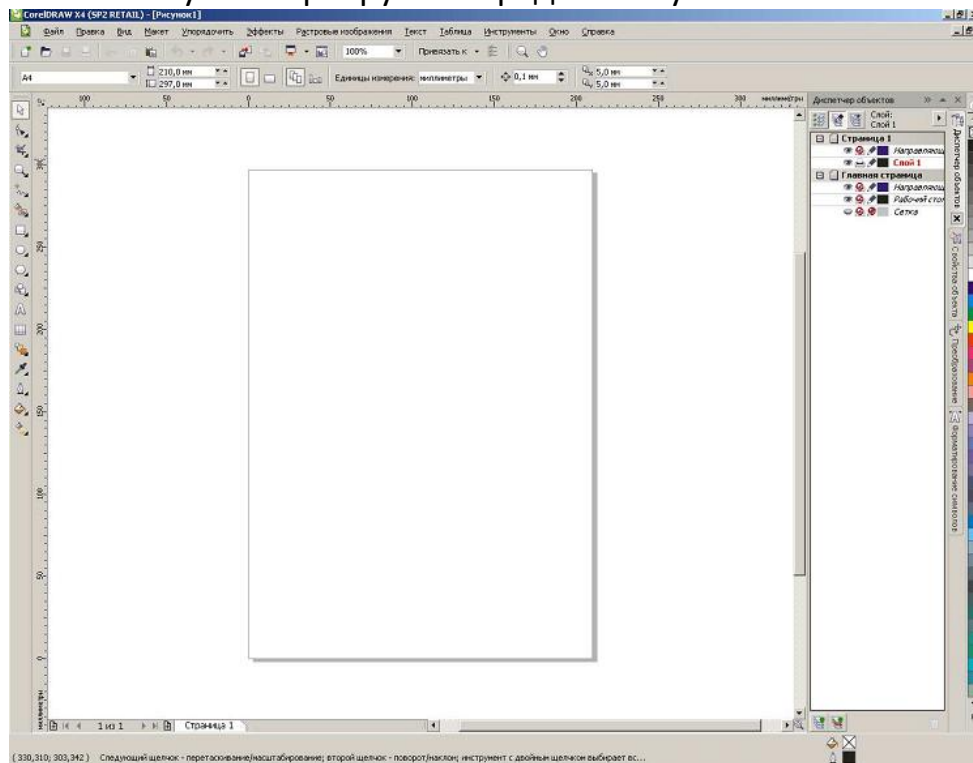


Рис. 11.1 Інтерфейс програми CorelDRAW

До складу головного меню програми CorelDRAW входять:

- File {Файл} - меню, що містить команди для роботи з файлами зображень і документів;
- Edit (Правка) - набір команд редагування, вставки, імпорту зображень, об'єктів і т. п.;
- View (Вигляд) - команди налаштування зовнішнього вигляду робочої області документа;
- Layout (Розміщення) - команди для роботи зі сторінками документа;
- Arrange (Компонувати) - меню, що містить команди для обробки векторних об'єктів;
- Effects (Ефекти) - команди для створення ефектів зображень;
- Bitmaps (Бітові зображення) - команди обробки растрових зображень;
- Text (Текст) - обробка текстової інформації;
- Tools (Сервіс) - всілякі налаштування і додатковий інструментарій програми;

- Window (Вікно) - команди для роботи з вікнами документів і відображення докерів, колірних палітр і панелей інструментів Toolbars;
- Help (Допомога) - доступ до довідкової інформації.

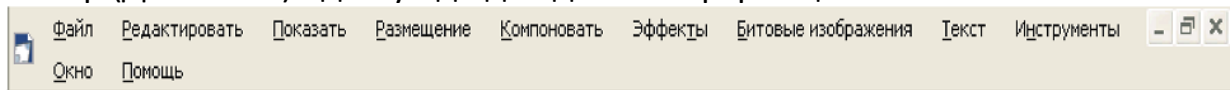


Рис. 11.2 Головне меню програми CorelDRAW

Під головним меню розташовується стандартна панель інструментів (рис. 11.3), де знаходяться кнопки найбільш часто виконуваних команд: відкриття, збереження файлів, операції з буфером обміну, режим і масштаби перегляду ілюстрацій, скасування помилкових дій і т. п.



Рис. 11.3 Стандартна панель інструментів програми CorelDRAW

Нижче панелі інструментів знаходиться панель властивостей (рис. 11.4). Вона допомагає керувати параметрами об'єктів, її вид змінюється залежно від вибраного об'єкту та інструменту.

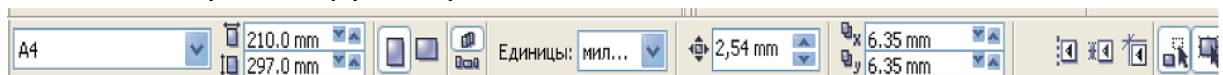


Рис. 11.4 Панель властивостей програми CorelDRAW

Уздовж лівої сторони вікна розташована панель інструментів – це основний набір інструментів, що застосовуються при роботі в програмі. Клацання по трикутному маркеру в правому нижньому кутку більшості кнопок робочого інструментарію розкриває спливаючі панелі (рис. 11.5).

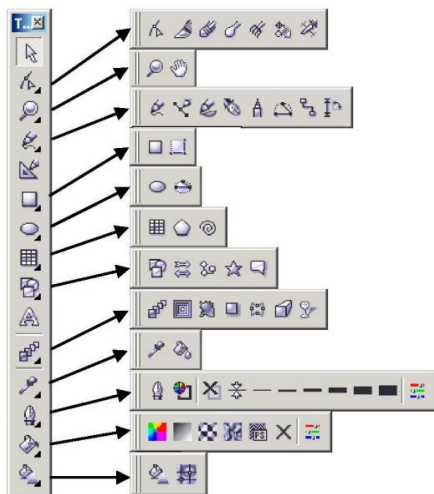


Рис. 11.5 Панель інструментів програми CorelDRAW

3. Панелі властивостей

Уточнити опції будь-якого об'єкта можна на панелі властивостей (рис. 11.4), автоматично відображається при його активізації та містить налаштування, притаманні саме вибраному об'єкту і відображають його поточний стан. За відсутності панелі властивостей на екрані, вона викликається з контекстного меню панелі інструментів вибором пункту ✓ Property Bar

При запуску CorelDRAW користувач стикається, перш за все, з властивостями сторінки, що дозволяють встановити:

- формат сторінки (A4 за замовчуванням);
- розмір паперу;

- орієнтацію паперу (Portrait - книжкова. Landscape - альбомна);
- одиниці виміру (millimeters, centimeters та ін - всього більше 15);
- мінімальний крок переміщення по сторінці;
- поточну позицію;
- опції ліній сітки;
- виклик вікна налаштування параметрів документа, в якому також можна уточнити властивості сторінки.

Виконати більшість налаштувань робочого простору та документа можна у вікні загальних властивостей Options (рис 11.6), що викликається з головного меню Tools / Options (Сервіс / Параметри) або клацанням на кнопці яка присутня на деяких панелях властивостей.

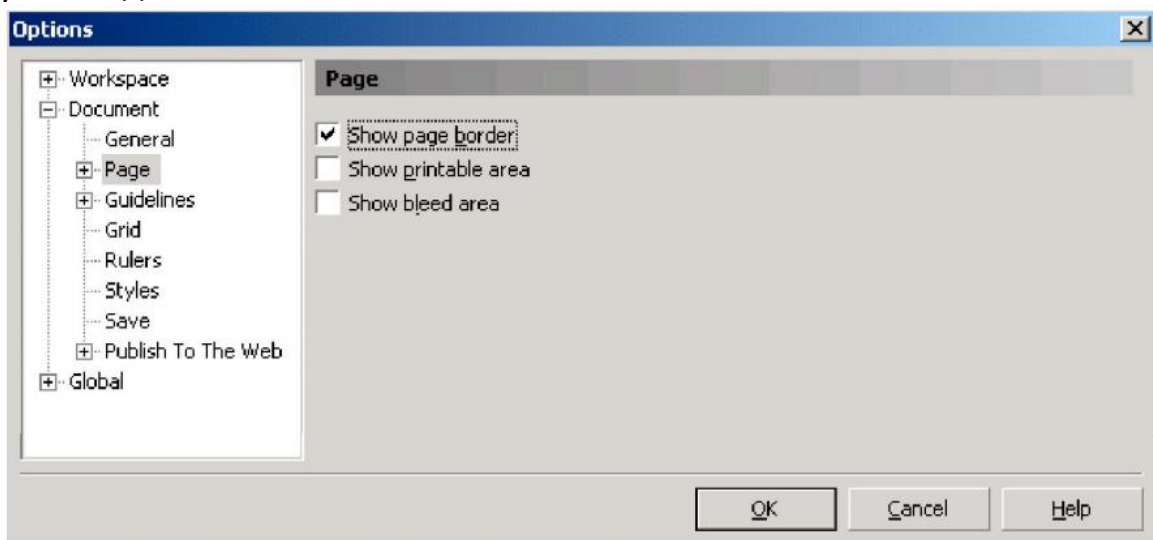


Рис. 11.6 Вікно загальних властивостей програми CorelDRAW

Питання для самоконтролю

1. CorelDraw (Корелдروی) — це ...
2. Програмний пакет Corel DRAW не дозволяє: ...
3. До складу головного меню програми CorelDRAW не входить: ...
4. Arrange (Компонувати) – ...
5. Де знаходяться кнопки найбільш часто виконуваних команд?
6. Панель властивостей...
7. Клацання по трикутному маркеру в правому нижньому кутку більшості кнопок робочого інструментарію: ...
8. За відсутності панелі властивостей на екрані, вона викликається з контекстного меню панелі інструментів вибором пункту:
9. Які з властивостей сторінки не можна встановити при запуску CorelDRAW?
10. Виконати більшість налаштувань робочого простору та документа можна у вікні: ...

Тема 12. Робота з об'єктами в CorelDraw. Створення, редагування, логічні операції

1. Побудова прямокутників та їх похідних

До класу прямокутників в CorelDRAW відносяться квадрати, ромби, паралелограми. ці ж фігури із закругленими кутами, іноді навіть кола, якщо тільки для їх побудови використовувався інструмент Прямокутник, - Rectangle Tool (F6) панелі робочого інструментарію Toolbox. Інформація про те, чи належить виділений об'єкт до класу прямокутників, відображається в рядку стану, а саме. Rectangle on Layer 1 (Прямокутник на шарі 1).

Для побудови прямокутника виконують такі дії:

1 Вибирають інструмент Rectangle Tool (F6) однойменної спливаючої панелі. Показчик миші при цьому перетвориться в маленький прямокутник з перехрестям.

2 Протягають по робочій сторінці показчиком миші при натиснутій лівій клавіші. При цьому фіксується місце розташування вершини, з якої почалося побудова, і прямокутник малюється по діагоналі, а поточні значення його ширини і висоти відображаються у рядку стану.

3 Коли попередні контури зображуваного об'єкта підійдуть користувачеві. клавішу миші можна відпустити. Прямокутник буде виділений маркерами, що дозволяють проводити подальші зміни (рис. 12.1).

Крім маркерів рамки виділення, показаних на рисунку 12.1. при наведенні показчика миші на активний прямокутник спливаючими підказками синього кольору супроводжуються його кути, сторони і середини сторін.

Щоб побудувати прямокутник від центру, виконують описані вище дії, утримуючи клавішу Shift. Це буває корисно, якщо спочатку відоме розташування точки перетину діагоналей.

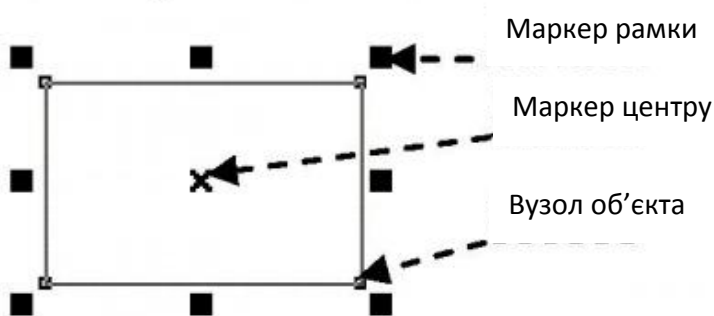


Рис. 12.1 Виділений прямокутник та його елементи

Використання інструменту Rectangle Tool (F6), утримуючи клавішу Ctrl призведе до побудови квадрата за рахунок фіксації однакових значень ширини і висоти з наступним збереженням пропорцій, а при натиснутій комбінації клавіш Ctrl+Shift квадрат зобразиться від центру.

Побудувати прямокутник по трьох точках можна за допомогою інструменту 3 Point Rectangle Tool, розташованого на панелі прямокутників, в наступному порядку:

1 Вибирається команда 3-точковий прямокутник.

2 Натискається ліва клавша миші в тій точці робочої області, яка стане вершиною прямокутника, і покажчик миші простягається, зображуючи пряму ю лінію. Як тільки клавша буде відпущена, фіксується перша сторона прямокутника.

3 Далі покажчик миші можна переміщати до тих пір, поки прямокутник не набуде необхідні габарити. Клацання лівою клавшею в третій вершині прямокутника (у третій точці) завершить побудову.

Використання інструменту 3 Point Rectangle Tool в сукупності з клавшею Shift дозволить побудувати прямокутник, ґрунтуючись на середній лінії, в сукупності з клавшею Ctrl - квадрат по одній із сторін, а з Shift і Ctrl одночасно - квадрат по половині середньої лінії.

Виділений прямокутник можна повернути або перетворити в паралелограм. Для цього необхідно вибрати інструмент - Pick Tool (Покажчик) і клацнути мишею на виділеному прямокутнику. Рамка виділення зміниться, роблячи можливим поворот або скошування об'єкта (рис. 12.2).

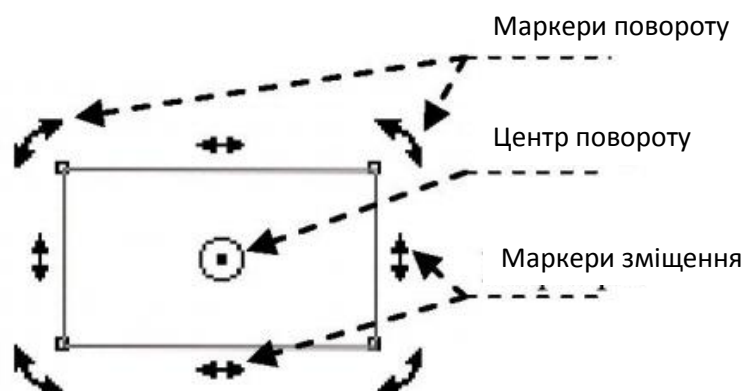


Рис. 12.2 Рамка виділення прямокутника в положенні обретення/нахилу

Властивості прямокутника і його розташування на сторінці можна змінювати, користуючись панеллю Property Bar: Rectangle (Властивості прямокутника) (рис. 12.3)

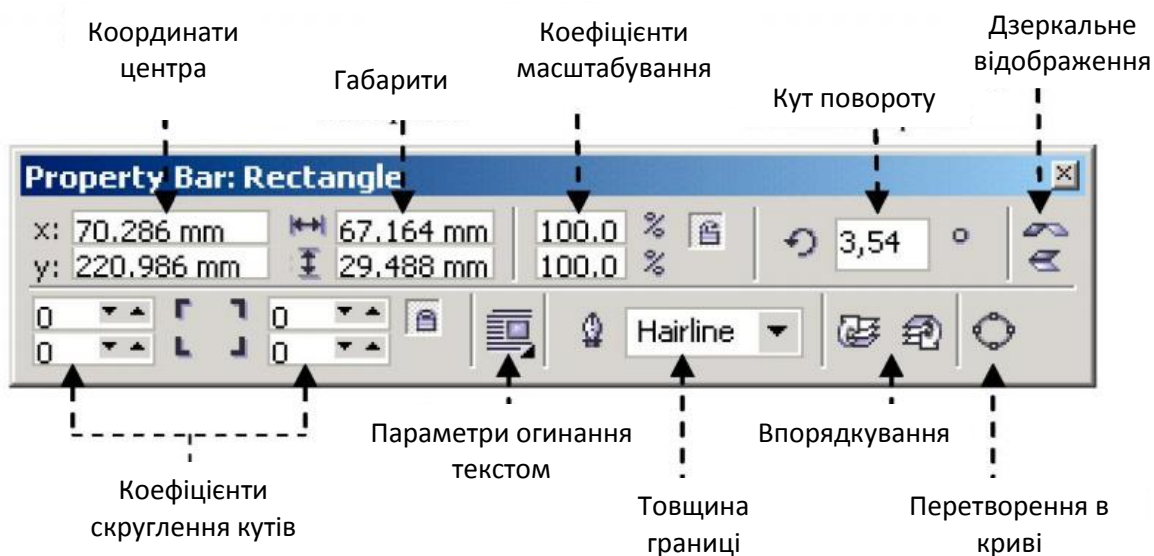


Рис. 12.3 Панель властивостей прямокутника

2. Побудова кіл та еліпсів

До класу еліпсів в CorelDRAW відносяться також кола, сектори і дуги еліпсів, які зображаються з використанням спливаючої панелі - Flyout Ellipse Tool. Про приналежність виділеного об'єкта до класу еліпсів можна судити за повідомленням Ellipse on Layer 1 (Еліпс по шарі 1) у рядку стану.

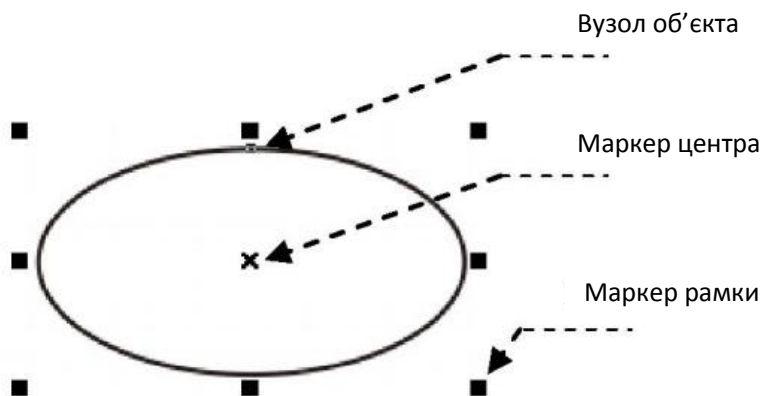








Рис. 12.4 Виділений еліпс та його елементи

Габарити еліпсів та їх модифікацій визначаються в CorelDRAW за розмірами рамки виділення, що представляє собою прямокутник. Еліпси мають тільки один вузол (рис. 12.4).

Для побудови еліпса, починаючи від певної точки, яка належить габаритній рамці еліпса, вибирають інструмент Ellipse Tool (F7) спливаючій панелі Flyout Ellipse Tool. Показчик миші при цьому набуває вигляду маленького еліпса з перехрестям.

Для побудови еліпса від діаметра використовують інструмент 3 Point Ellipse Tool (Еліпс по 3 точках).

За аналогією з прямокутниками, використання при побудові еліпса клавіш-модифікаторів Shift, Ctrl і їх комбінації допоможе зобразити:

- еліпс від центру - Shift і ;
- коло з обраної точки габаритної рамки - Ctrl і ;
- окружність від центру - Ctrl Shift і ;
- еліпс по радіусу - Shift і ;
- коло по діаметру - Ctrl і ;
- окружність по радіусу - Ctrl Shift і .

Клацання мишею по виділеному еліпсу переведе його рамку в режим повороту/зсуву, що дозволяє повернути еліпс або витягнути його. Сектор (Pie) і дугу (Arc) можна побудувати, змінюючи на панелі властивостей об'єктів класу еліпс певні опції (рис. 12.5).

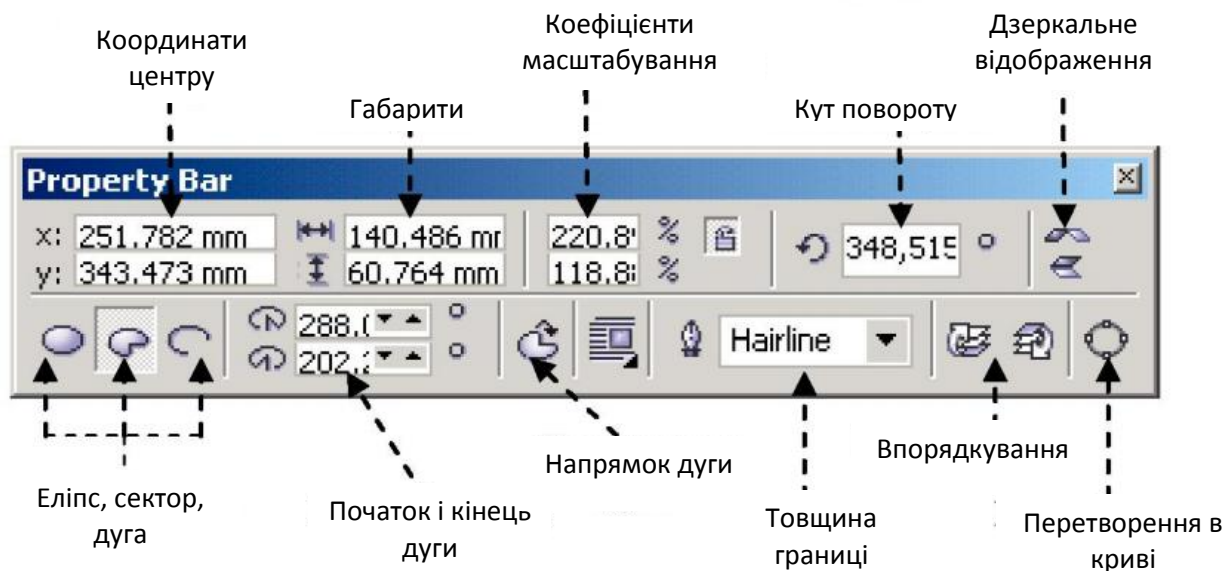


Рис. 12.5 Панель властивостей еліпса

3. Багатокутники, сітки та спіралі

Крім прямокутників і еліпсів до примітивів CorelDRAW відносять багатокутники і зірки з набору панелі куди входять також сітки і спіралі. Піктограма на кнопці інструментарію, що розкриває цю панель, визначається тим інструментом, який використовувався останнім. Прийоми побудови згаданих геометричних об'єктів аналогічні описаним вище, зокрема, це відноситься до використання клавіш-модифікаторів Shift і Ctrl.

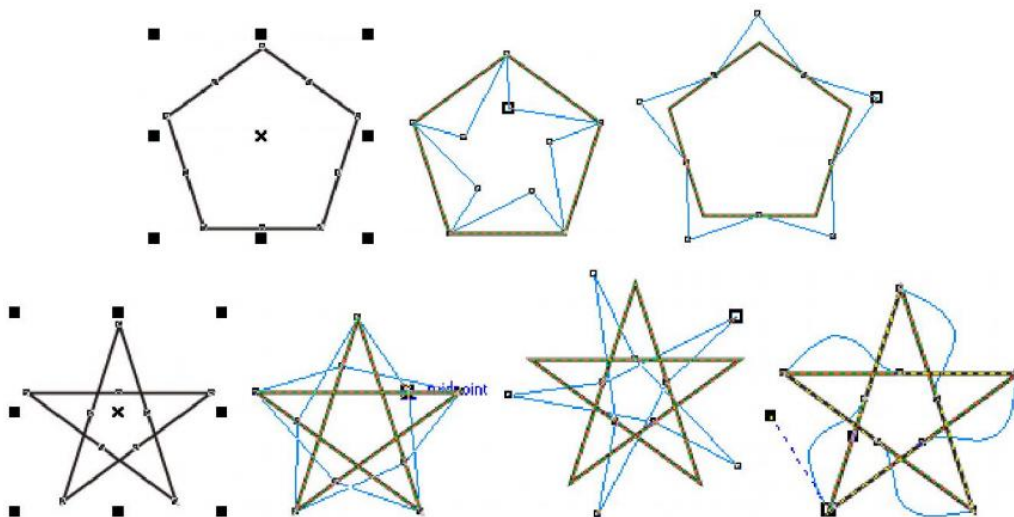


Рис. 12.6 Можливості побудови та редагування п'ятикутника

Сітки і спіралі, розташовані на одній панелі інструментів з багатокутниками не є, взагалі кажучи, графічними примітивами CorelDRAW в розглянутому раніше сенсі.

Сітка являє собою групу з кількох об'єктів, наприклад, Group of 12 Objects on Layer 1 (Група з 12 об'єктів па шарі 1).

Спіраль - це крива, тому при її виділенні в рядку стану з'явиться повідомлення Curve on Layer 1 (Крива на шарі 1).

Порядок побудови сіток і спіралей такий:

1 Клацанням миші вибрати необхідний інструмент Graph Paper Tool (D) або Spiral Tool (A).

2 Встановити на панелі властивостей (малюнок 2.9), загально] для сіток і спіралей, необхідні параметри (кількість ліній сітки по горизонталі і вертикалі, або тип спіралі, кількість її витків і коефіцієнт розширення).

3 Виконати побудову.

Змінити опції вже зображеної сітки або спіралі (див. рису нок 2.9) неможливо. Це не відноситься до масштабування, ротації і зміни форми.

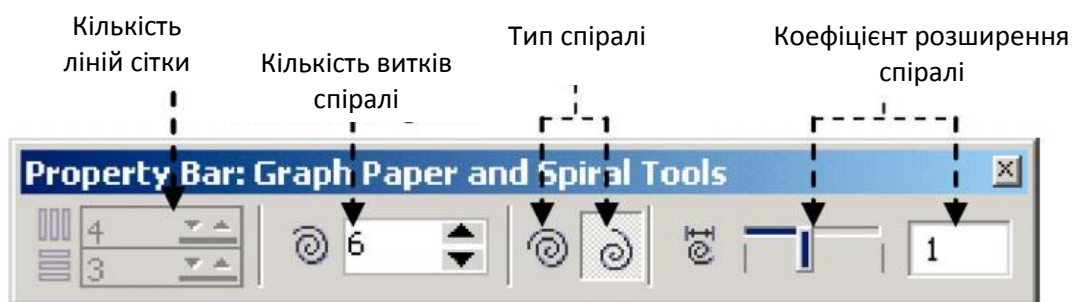










Рис. 12.7 Панель властивостей сіток і спіралей

4. Логічні операції над об'єктами

Об'єднання і формування об'єктів - це операції по створенню деякого векторного об'єкта, на базі виділених в документі об'єктів, в результаті їх певної взаємодії. В CorelDRAW розрізняють такі операції об'єднання:

- групування (group) ;
- комбінування (combine) 

і формування:

- злиття (weld) 
- обрізка (trim) 
- перетин (intersect) 
- спрощення (simplify) 
- передній мінус задній (front minus back) 
- задній мінус передній (back minus front) 

Групування являє собою таке об'єднання об'єктів, при якому фіксується їх взаємне розташування, з'являється загальна габаритна рамка, а перетворення переміщення, поворот, зсув та ін виконуються для всієї групи одночасно. Об'єкти групуються командою Arrange/Group (Компонувати/Група) або комбінацією клавіш Ctrl + G, результат групування - група об'єктів (наприклад, Group on Layer 1).

Команда Ungroup (Ctrl + U) (*Розгрупувати*) головного меню Arrange (Компонувати) використовується для виконання зворотної дії. Якщо при створенні групи використовувалися групові об'єкти, то зазначена команда розіб'є групу на підгрупи.

Команда Ungroup All (*Розгрупувати все*) відрізняється від попередньої тим, що в результаті її виконання отримуємо вихідні елементарні об'єкти.

Комбінування - об'єднання об'єктів, при якому області перекриття парної кількості об'єктів стають прозорими, а заливка результуючого об'єкту співпадає з заливкою нижнього з вихідних об'єктів (рис. 12.8). Комбінування виконується командою Arrange/Combine (Компонувати / Комбінувати) або комбінацією клавіш Ctrl + L. В результаті комбінування отримується крива, що складається з вузлів і сегментів, що підлягають редагуванню, а в рядку стану з'явиться повідомлення Curve on Layer 1 (Крива на шарі 1).

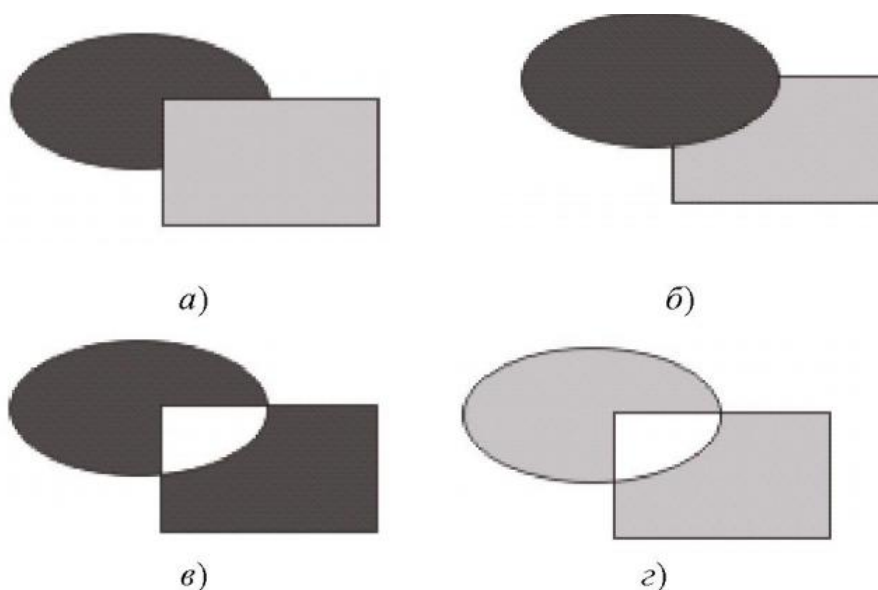


Рис. 12.8 Операція комбінування (а,б – розміщення об'єктів до операції, в,г – результат операції)

Операцією, зворотною комбінуванню, можна вважати *роз'єднання* (Break Apart, Ctrl+K), призначене для розбиття об'єктів довільного типу на кілька складових об'єктів. Для того щоб ця операція стала можливою, вихідний об'єкт має складатися з об'єктів різномірної структури, або відокремлених один від одного областями розриву, або бути сформованим командою Combine (Комбінувати).

В результаті *злиття* (weld) виходить об'єкт curve (Крива), область якого збігається з областями всіх вихідних об'єктів. Заливка результуючого об'єкту передається йому від нижнього, або цільового об'єкта. Злиття виділених об'єктів (рис. 12.9) виконують командою Arrange/Shaping/Weld

(Компонувати/Формування/Зварити). Для розширення можливостей злиття використовують докер Shaping.

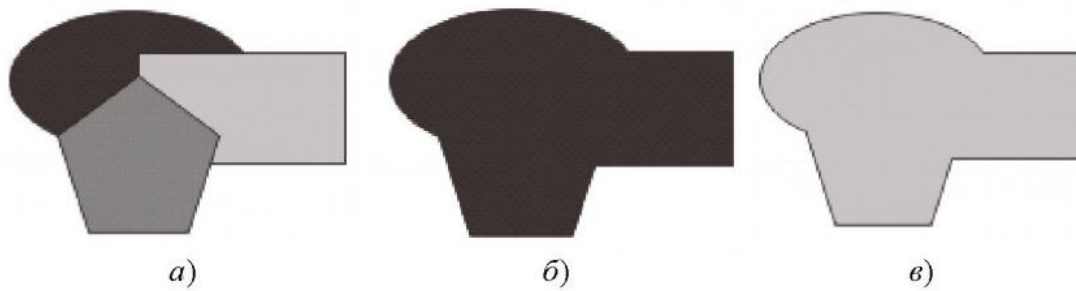


Рис. 12.9 Операція злиття: а – вихідні об'єкти, б,в – результат операції

Обрізка (trim) - це операція обробки об'єктів, що перекривають один одного в результаті якої змінюється тільки цільовий об'єкт, з якого видаляються всі області перекриття з іншими об'єктами (рис. 12.10). Обрізка виконується командою *Arrange/Shaping/Trim* (Компонувати/Формування/Обрізка), при цьому в якості цільового об'єкта використовується нижній. Результатом обрізки найчастіше є замкнута крива. При виконанні обрізки, є можливість залишати оригінали вихідних об'єктів. Наприклад, рис. 12.10,г ілюструє обрізку овалу, при якій залишений цільовий об'єкт (встановлений прапорець в рядку Target Object(s)). На рис. 12.10,д залишені оригінали нецільових об'єктів (прапорець Source Object(s)), а в якості цільового узятий прямокутник. На рис. 12.10,е показаний результат обрізки, при якій в якості цільових були вказані овал і п'ятикутник відповідно, але опція збереження вихідних об'єктів відключена.

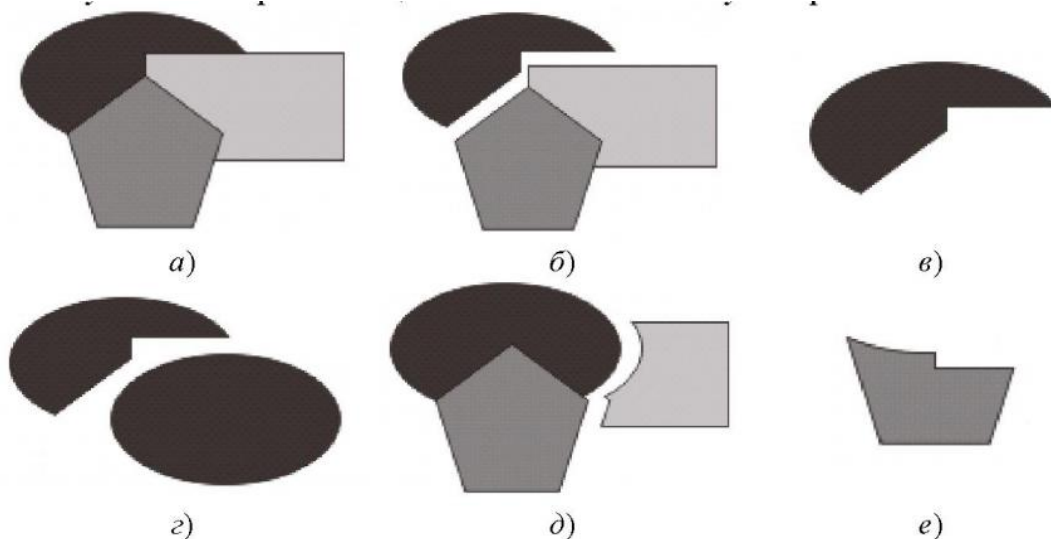


Рис. 12.10 Операція обрізки: а – вихідні об'єкти, б-е – можливі результати

Операція *перетин* (intersect) виконується для виділених об'єктів двома описаними вище способами, але з різними результуючими об'єктами. При використанні команди *Arrange/Shaping/Intersect*

(Компонувати/Формування/Перетин) утворюється новий об'єкт, область якого збігається з областю нижнього об'єкта, перекритою усіма іншими об'єктами, а вихідні об'єкти залишаються на колишніх місцях. Використання докера Shaping в режимі Intersect (Перетин) створює об'єкти, що представляють собою частини вихідних об'єктів, перекритих цільовим, дозволяючи при цьому видалити або залишити вихідні об'єкти. Результати виконання операції перетину при виборі різних цільових об'єктів представлені на рис. 12.11.

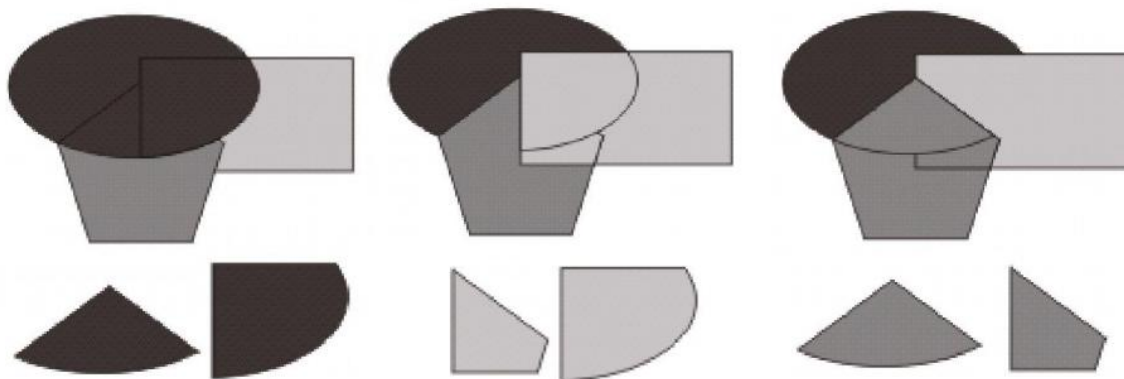


Рис. 12.11 Можливі результати виконання операції перетину

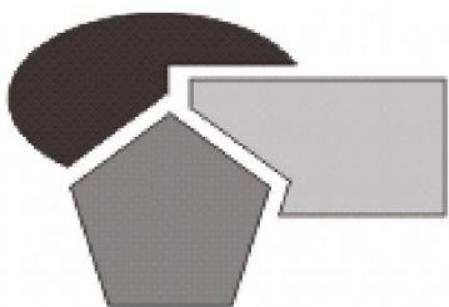


Рис. 12.12 Результат виконання операції спрощення

натисканням на кнопку Apply (Застосувати) докера Shaping при виборі режиму спрощення.

Ще дві операції формування об'єктів передній мінус задній (front minus back) і задній мінус передній (back minus front) виконуються однойменними

При *спрощенні* (simplify) з областей виділених об'єктів видаляються частини, невидимі на екрані через перекриття їх іншими об'єктами. Спрощення з однаковим результатом, зображеним на рис. 12.12 (підсумкові об'єкти для наочності зміщені), можна виконати командою Arrange/Shaping/Simplify (Компонувати/Формування/Спростити) або

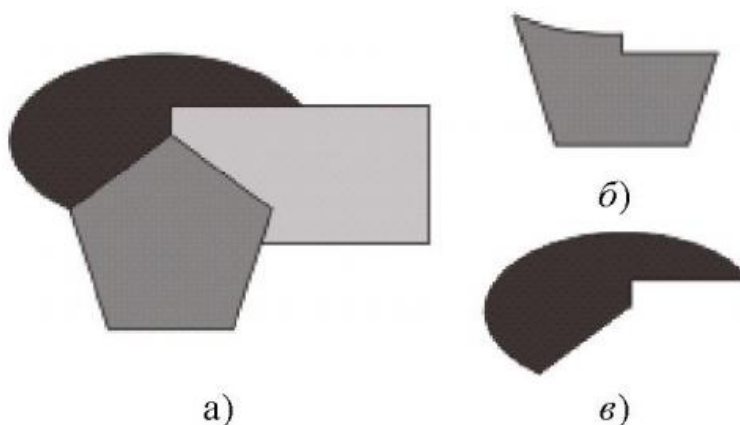


Рис. 12.13 Формування об'єктів: а – вихідні об'єкти, б – передній мінус задній, в – задній мінус передній

командами списку Shaping (Формування) меню Arrange (Компонувати) або з докера Shaping натисканням на кнопку Apply (Застосувати). Результати виконання цих операцій для групи виділених об'єктів представлені на рис. 12.13.

Питання для самоконтролю

1. До класу прямокутників в CorelDRAW не відносяться: ...
2. При виборі інструменту Rectangle Tool (F6) однойменної спливаючій панелі. Показчик миші при цьому перетвориться в: ...
3. Щоб побудувати прямокутник від центру утримують клавішу ...
4. При натиснутій комбінації клавіш Ctrl+Shift ...
5. Використання інструменту 3 Point Rectangle Tool в сукупності з клавішею Shift дозволить : ...
6. Використавши при побудові еліпса Shift і отримаємо: ...
7. Використавши при побудові еліпса Ctrl і отримаємо: ...
8. Злиття – це ...
9. Обрізка – це
10. Операція спрощення – це ...

Тема 13. Математичні основи комп'ютерної графіки

1. Базові растрові алгоритми

Алгоритм зображення прямої лінії

Розглянемо растрові алгоритми для відрізків прямої лінії. Припустимо, що задані координати $(x_1, y_1 - x_2, y_2)$ кінців відрізка прямої. Для виведення лінії необхідно зафарбувати певним кольором всі пікселі вздовж лінії. Для того щоб зафарбувати будь-який піксел, необхідно знати його координати.

Найбільш просто намалювати відрізок горизонтальної лінії. Обчислення поточних координат пікселя виконується як приріст по x (необхідно, щоб $x_1 \leq x_2$), а вивід пікселя забезпечується спеціальною функцією. Аналогічно малюється відрізок вертикалі. У циклі виведення горизонтального і вертикального відрізків виконуються найпростіші операції - приріст на одиницю, перевірка на " \leq " та запис пікселя в буфер растра. Тому операція малювання таких відрізків виконується швидко і просто. Її використовують як базову операцію для інших операцій, наприклад, в алгоритмах заповнення полігонів.

Горизонталі і вертикалі являють собою окремий випадок ліній. Розглянемо лінію загального вигляду. Для неї також необхідно обчислювати координати будь-якого пікселя.

Нехай задані координати кінцевих точок відрізка прямої. знайдемо координатиточки всередині відрізка. Запишемо співвідношення катетів для подібних прямокутних трикутників:

$$\frac{x - x_1}{y - y_1} = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}.$$

Перепишемо це співвідношення як $x = f(y)$:

$$x = x_1 + (y - y_1) \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1},$$

а також як

$$y = F(x); y = y_1 + (x - x_1) \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}.$$

Залежно від кута нахилу прямої виконується цикл по осі x або по y (рис. 13.1).

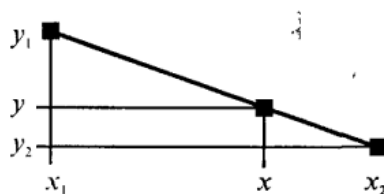


Рис. 13.1 Відрізок прямої.

Позитивні риси прямого обчислення координат.

1. Простота, ясність побудови алгоритму.
2. Можливість роботи з нецілим значеннями координат відрізка.

Недоліки.

1. Використання операцій із плаваючою крапкою або цілочисельних операцій множення і ділення обумовлює малу швидкодію.

2. При обчисленні координат додаванням збільшень може накопичуватися помилка обчислень координат.

Брезенхем запропонував підхід, що дозволяє розробляти так звані інкрементні алгоритми растеризації. Основною метою при розробці таких алгоритмів була побудова циклів обчислення координат на основі тільки цілочисельних операцій додавання/віднімання без використання множення і ділення. Були розроблені інкрементні алгоритми не тільки для прямих, але і для кривих ліній.

Інкрементні алгоритми виконуються як послідовне обчислення координат сусідніх пікселів шляхом додавання збільшень координат. Прирости розраховуються на основі аналізу функції похибки. У циклі виконуються тільки цілочисельні операції порівняння і додавання/віднімання.

Розглянемо приклад роботи наведеного вище алгоритму Брезенхема для відрізка $(x_1y_1 - x_2y_2) = (2, 3 - 8, 6)$. Цей алгоритм є восьмизв'язним, тобто при виконанні збільшень координат для переходу до сусіднього пікселю можливі вісім випадків (рис. 13.2).

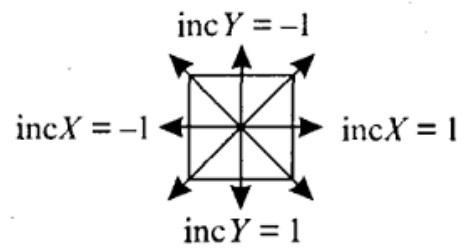
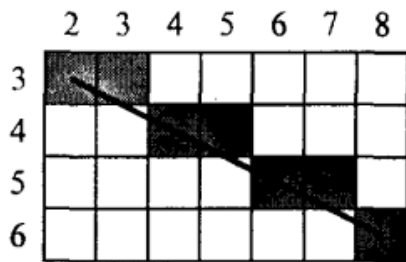


Рис. 13.2 Восьмизв'язний алгоритм Брезенхема

Алгоритми побудови кривих Безьє

Криві Безьє описуються в параметричній формі: $x = P_x(t)$, $y = P_y(t)$.

Значення t виступає як параметр, якому відповідають координати окремої точки лінії. Параметрична форма опису може бути зручнішою для деяких кривих, ніж задання у вигляді функції $y=f(x)$, оскільки функція $f(x)$ може бути набагато складнішою, ніж $P_x(t)$ і $P_y(t)$, крім того, $f(x)$ може бути неоднозначною.

Многочлени Безьє для P_x і P_y мають такий вигляд:

$$P_x(t) = \sum_{i=0}^m C_m^i t^i (1-t)^{m-i} x_i, \quad P_y(t) = \sum_{i=0}^m C_m^i t^i (1-t)^{m-i} y_i,$$

де x_i і y_i - координати точок-орієнтирів P_i , а величини C_m^i - це відомі з комбінаторики, так звані поєднання (вони також відомі як коефіцієнти бінома Ньютона):

$$C_m^i = \frac{m!}{i!(m-i)!}.$$

Розглянемо криві Безьє, класифікуючи їх за значеннями m .

$m=1$ (по двох точках) Крива вироджується у відрізок прямої лінії, яка визначається кінцевими точками P_0 і P_1 , як показано на рис. 13.3

$$P(t) = (1-t)P_0 + tP_1.$$

$m=2$ (по трьох точках, рис. 13.4):

$$P(t) = (1-t)^2 P_0 + 2t(1-t)P_1 + t^2 P_2.$$

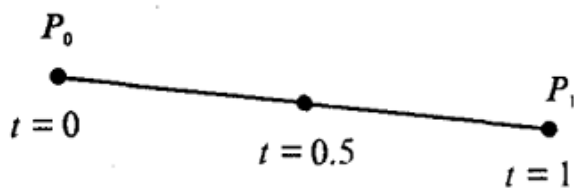


Рис. 13.3 Крива Безьє ($m = 1$)

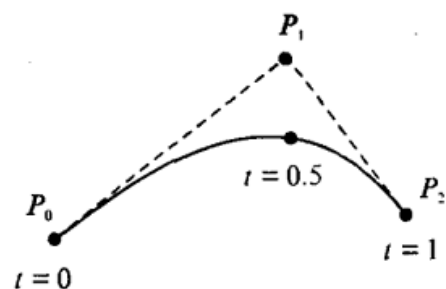


Рис. 13.4 Крива Безьє ($m = 2$)

$m=3$ (по чотирьох точках, кубічна, рис 13.5). Використовується досить часто, в особливості в сплайнових кривих:

$$P(t) = (1-t)^3 P_0 + 3t(1-t)^2 P_1 + 3t^2(1-t) P_2 + t^3 P_3.$$

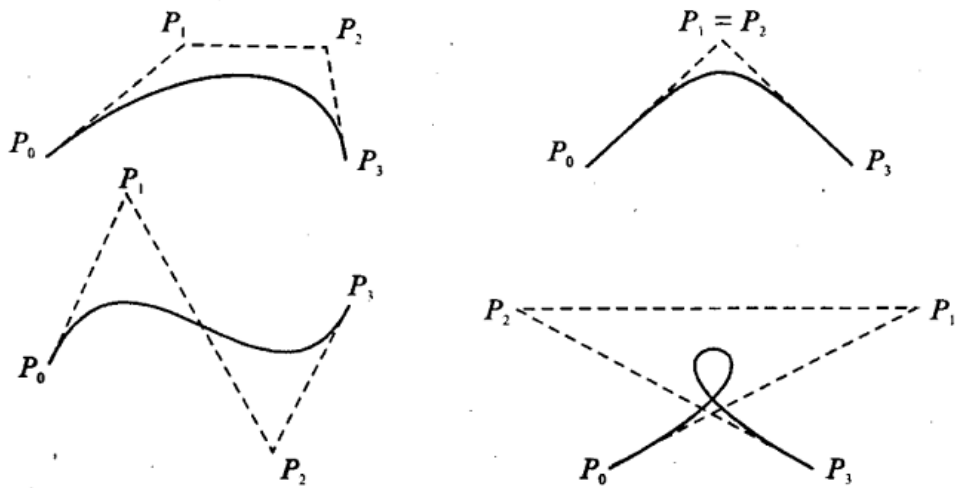


Рис. 13.5 Кубічні криві Безьє ($m = 3$)

Геометричний алгоритм для кривої дозволяє обчислити координати (x, y) точки кривої Безьє позначенню параметра t .

1. Кожна сторона контуру багатокутника, який проходить по точках-орієнтирах, ділиться пропорційно значенню t .

2. Точки розподілу з'єднуються відрізками прямих і утворюють новий багатокутник. Кількість вузлів нового контуру на одиницю менша, ніж кількість вузлів попереднього контуру.

3. Сторони нового контуру знову діляться пропорційно значенню t . І так далі. Це продовжується до тих пір, поки не буде отримана єдина точка розподілу. Ця точка і буде точкою кривої Безьє (рис. 13.6).

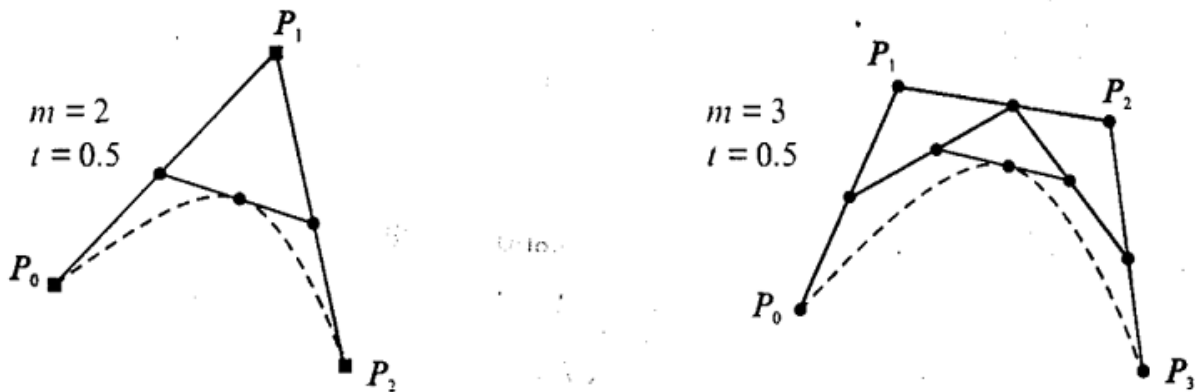


Рис. 13.6 Геометричний алгоритм для кривих Безьє

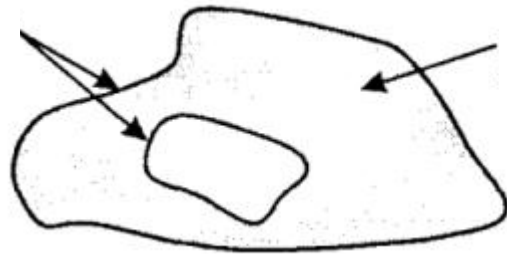
Алгоритми зображення фігур

Фігурою тут будемо вважати плоский геометричний об'єкт, який складається з ліній контуру і точок заповнення, які поміщаються всередині контуру. контурів може бути кілька - наприклад, якщо об'єкт має усередині пустоти (рис. 13.7).

У деяких графічних системах одним об'єктом може вважатися й більш складна багатоконтурна фігура - сукупність островів з пустотами.

Графічне виведення фігур ділиться на два завдання: виведення контуру й виведення точок заповнення. Оскільки контур являє собою лінію, то виведення контуру проводиться на основі алгоритмів виводу ліній. Залежно від складності контуру, це можуть бути відрізки прямих, кривих або довільна послідовність сусідніх пікселів.

Контур



Точки заповнення

Рис. 13.7 Приклад фігури

Для виведення точок заповнення відомі методи, які поділяються залежно від використання контуру на два типи: алгоритми зафарбовування від внутрішньої точки до границь довільного контуру і алгоритми, які використовують математичний опис контуру.

Розглянемо алгоритми зафарбовування довільного контуру, який вже намальований в растрі. Спочатку визначаються координати довільного пікселя, що знаходиться всередині окресленого контуру фігури. Колір цього пікселя змінюємо на потрібний колір заповнення. Потім проводиться аналіз квітів усіх сусідніх пікселів. Якщо колір деякого сусіднього пікселя НЕ дорівнює кольору границі контуру або кольору заповнення, то колір цього пікселя змінюється на колір заповнення. Потім аналізується колір пікселів, сусідніх з попередніми. І так далі, поки всередині контуру всі пікселі і НЕ перефарбуються в колір заповнення. Піксели контуру утворюють межу, за яку не можна виходити в ході послідовного перебору всіх сусідніх пікселів. Сусідніми можуть вважатися тільки чотири пікселя або вісім пікселів (восьми-зв'язність).

Алгоритм зафарбовування лініями (рис. 13.8).

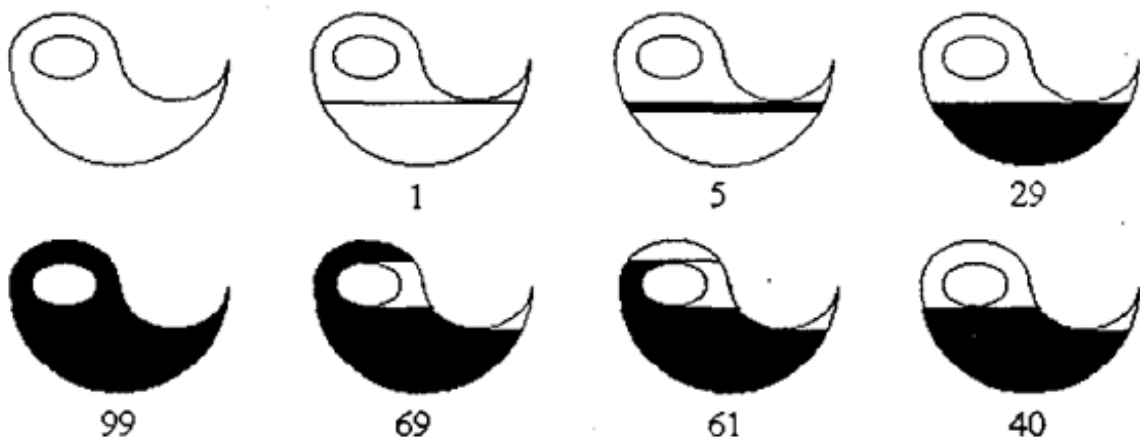


Рис. 13.8 Алгоритм зафарбовування лініями

Даний алгоритм отримав широке поширення в комп'ютерній графіці. Від наведеного вище найпростішого алгоритму він відрізняється тим, що на кожному кроці зафарбовування малюється горизонтальна лінія, яка розміщується між пікселами контуру. Алгоритм також рекурсивний, але оскільки виклик функції здійснюється для лінії, а не для кожного окремого пікселя, то кількість вкладених викликів зменшується пропорційно довжині лінії. Це зменшує навантаження на стекову пам'ять комп'ютера і забезпечує високу швидкість роботи.

Алгоритми заповнення, які використовують математичний опис контуру. Математичним описом контуру фігури може служити рівняння $y=f(x)$ для контура кола, еліпса або іншої кривої. Для багатокутника (полігону) контур задається безліччю координат вершин (x_i, y_i) . Можливі й інші форми опису контуру. Спільним для розглянутих нижче алгоритмів є те, що для генерації точок заповнення не потрібні попередньо сформовані в растрі пікселі контуру фігури. Контур може взагалі не малюватися в растрі ні до, ні після заповнення.

2. Математичні основи векторної графіки

Якщо основним елементом растрової графіки є піксель (точка), то у випадку векторної графіки в ролі базового елементу виступає лінія. Це пов'язано з тим, що в векторній графіці будь-який об'єкт складається з набору ліній, з'єднаних між собою вузлами. Окрема лінія, що з'єднує сусідні вузли, називається сегментом (в геометрії їй відповідає відрізок). Сегмент може бути заданий за допомогою рівняння прямої або рівняння кривої лінії, що вимагають для свого опису різної кількості параметрів.

Для більш повного розуміння механізму формування векторних об'єктів розглянемо способи подання основних елементів векторної графіки: точки, прямої лінії, відрізка прямої, кривої другого порядку, кривої третього порядку, кривих Безьє.

У векторній графіці точці відповідає вузол. На площині цей об'єкт представляється двома числами (X, Y) , що задають його положення щодо початку координат.

Для опису *прямої лінії* використовується рівняння

$$Y = aX + b.$$

Тому для побудови даного об'єкта потрібно задання всього двох параметрів: a і b . Результатом буде побудова нескінченної прямої в декартових координатах. На відміну від прямої, відрізок прямої вимагає для свого опису двох додаткових параметрів, що відповідають початку і кінцю відрізка (наприклад, X_1 і X_2).

До класу *кривих другого порядку* відносяться параболи, гіперболи, еліпси і кола, тобто всі лінії, рівняння яких містять змінні в степені не вище другої. У векторній графіці ці криві використовуються для побудови базових форм

(примітивів) у вигляді еліпсів і кіл. Криві другого порядку не мають точок перегину. Використовуване для опису цих кривих канонічне рівняння вимагає для свого завдання п'яти параметрів:

$$x^2 + a_1y^2 + a_2xy + a_3x + a_4y + a_5 = 0.$$

Для побудови відрізка кривої потрібно задати два додаткові параметри.

На відміну від кривих другого порядку *криві третього порядку* можуть мати точку перегину. Наприклад, графік функції (Рис. 13.9) має точку перегину на початку координат (0, 0). Саме ця особливість даного класу функцій дозволяє використовувати їх в якості основних кривих для моделювання різних природних об'єктів у векторній графіці.

Слід зазначити, що згадані раніше прямі і криві другого порядку є окремим випадком кривих третього порядку. Канонічне рівняння, яке використовується для опису рівняння третього порядку, вимагає для свого завдання дев'яти параметрів:

$$x^3 + a_1y^3 + a_2x^2y + a_3xy^2 + a_4x^2 + a_5y^2 + a_6xy + a_7x + a_8y + a_9 = 0.$$

Для опису відрізка кривої третього порядку потрібно на два параметри більше.

Криві Безьє - це окремий вид кривих третього порядку, що вимагає для свого опису меншої кількості параметрів - восьми замість одинадцяти. В основі побудови кривих Безьє лежить використання двох дотичних, проведених до крайніх точок відрізка лінії (рис. 13.9, праворуч). На кривизну (форму) лінії впливає кут нахилу і довжина відрізка дотичної, значеннями яких можна управляти в інтерактивному режимі шляхом перетягування їх кінцевих точок. Таким чином, дотичні виконують функції віртуальних важелів, що дозволяють керувати формою кривої.

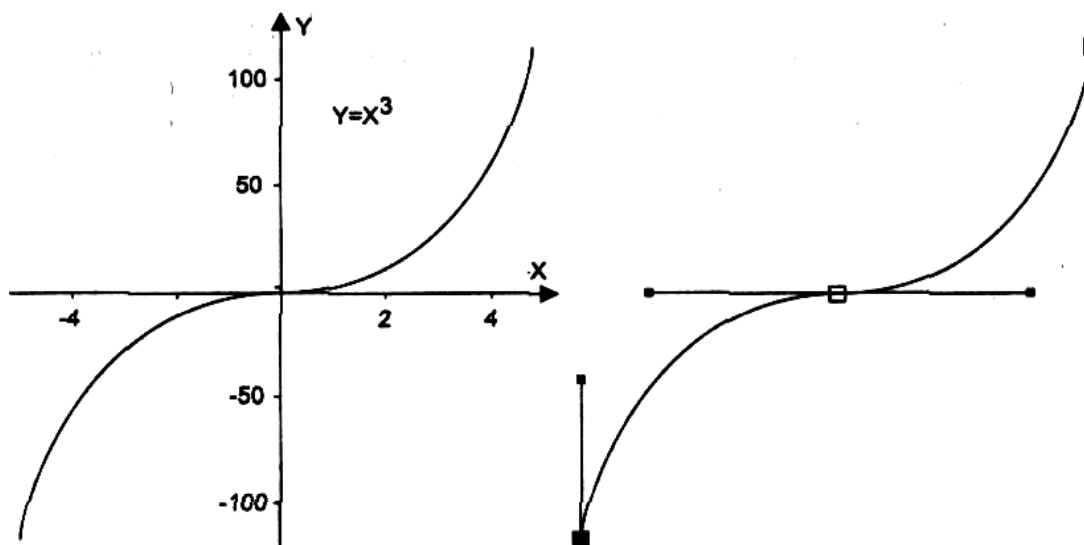


Рис. 13.9 Представлення кривої третього порядку в класичному виді (зліва) та у вигляді кривої Безьє (справа)

3. Алгоритми фрактальної графіки

В даний час алгоритми, використовувані для генерації зображень фрактальної графіки, знаходять застосування і в традиційних видах комп'ютерної графіки: растрової та векторної. Наприклад, в CorelDRAW ці алгоритми використовуються для створення текстурних заливок. Фрактал можна визначити як об'єкт досить складної форми, яка отримана в результаті виконання простого ітераційного циклу. Ітераційність, рекурсивність процедури створення обумовлюють такі властивості фракталів, як самоподібність - окремі частини схожі за формою на весь фрактал в цілому. Латинське fractus означає "складено з фрагментів". Слово "фрактал" стало модним, і залишається таким і понині.

Фракталом Мандельброта названа фігура, яка породжується дуже простим циклом. Для створення цього фрактала необхідно для кожної точки зображення виконати цикл ітерацій відповідно до формули:

$$z_{k+1} = z_k^2 + z_0,$$

де $k = 0, 1, \dots, n$. Величини z_k - це комплексні числа, $z_k = x_k + iy_k$, причому стартові значення x_0 і y_0 - це координати точки зображення. Для кожної точки зображення ітерації виконуються обмежену кількість разів (n) або до тих пір, поки модуль числа z_k не перевищує 2. Модуль комплексного числа дорівнює кореню квадратному з $x^2 + y^2$. Для обчислення квадрата величини z_k можна скористатися формулою $z^2 = (x + iy)(x + iy) = x^2 - y^2 + i2xy$. Цикл ітерацій для фрактала Мандельброта можна виконувати в діапазоні $x =$ (від -2. 2, до 1), $y =$ (від -1. 2 до 1. 2). Для того щоб отримати зображення в растрі, необхідно перераховувати координати цього діапазону в піксельні (рис. 13.10).

Розглянемо ще один різновид фракталів, названих геометричними, оскільки їх форма може бути описана як послідовність простих геометричних операцій. Наприклад, крива Коха стає фракталом в результаті нескінченної кількості ітерацій, в ході яких виконується поділ кожного відрізка прямої на три частини. На рис. 13.11 показані три ітерації - поступово лінія стає схожою на сніжинку.

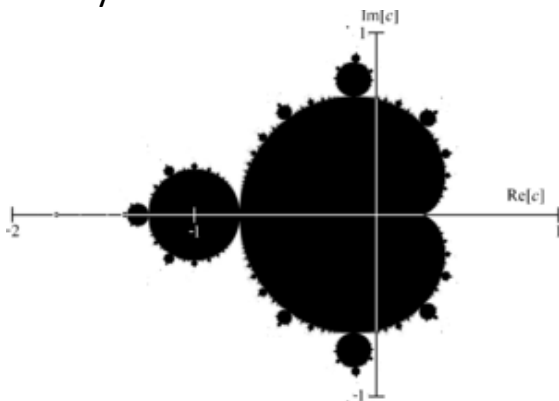


Рис. 13.10 Фрактал Мандельброта

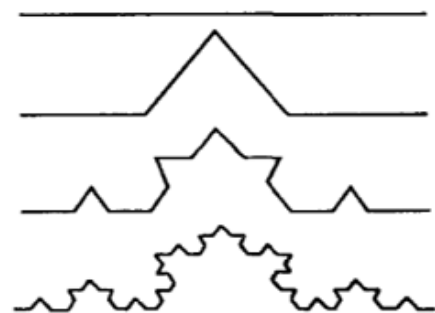


Рис. 13.11. Геометричні інтерпретації для кривої Коха

Наступну групу складають фрактали, які генеруються відповідно до методу "систем ітеративних функцій" - IFS (Iterated Functions Systems). Цей метод може бути писаний, як послідовний ітеративний розрахунок координат нових точок у просторі:

$$\begin{aligned}x_{k+1} &= F_x(x_k, y_k), \\y_{k+1} &= F_y(x_k, y_k),\end{aligned}$$

де F_x і F_y - функції перетворення координат, наприклад, афінного перетворення. Ці функції і обумовлюють форму фрактала. У разі афінного перетворення необхідно знайти відповідні числові значення коефіцієнтів.

Метод IFS використовується не тільки для створення зображень. Його використовували Барнслі і Слоан для ефективного стиснення графічних зображень при записі у файл. Основна ідея така: оскільки фрактали можуть представляти дуже складні зображення за допомогою простих ітерацій, то опис цих ітерацій вимагає значно меншого обсягу інформації, ніж відповідні растрові зображення. Для кодування зображень необхідно вирішувати зворотну задачу – для зображення підібрати відповідні коефіцієнти афінного перетворення. Цей метод використовується для запису кольорових фотографій у файли зі стисненням в десятки і сотні разів без помітного погіршення зображення. Формат таких графічних файлів був названий FIF (Fractal Image Format) і запатентований фірмою IteratedSystems.

Питання для самоконтролю

1. Що не відноситься до позитивних рис прямого обчислення координат?
2. Що не відноситься до негативних рис прямого обчислення координат?
3. Інкрементні алгоритми виконуються як: ...
4. Що таке: восьмизв'язний алгоритм Брезенхема?
5. Що таке: Крива Безьє другого порядку?
6. Типи виведення точок заповнення ...
7. Що таке: Алгоритм зафарбовування лініями?
8. Для опису прямої лінії використовується рівняння ...
9. Що таке: Фрактал Мандельброта?
10. Що таке: Зображення створені методом IFS?

Тема 14. Освітлення Види джерел світла. Моделі освітлення і затінення

1. Моделі освітлення

Моделювання освітлення відіграє важливу роль в імітації реального навколишнього оточення з високим ступенем реалізму. На кожен об'єкт тривимірної сцени падає світло від сонця або іншого джерела освітлення. Цей процес і є деякою моделлю освітлення. Програмна реалізація всіх фізичних принципів освітлення досить складна, тому на практиці використовується безліч моделей освітлення, що дають реалістичний результат при малих розрахунках.

Найпростішою моделлю освітлення є *рівномірне освітлення*. Рівномірне освітлення забезпечує постійне початкове освітлення для всієї сцени. При цьому всі вершини об'єктів освітлені однаково, незалежно ні від яких інших факторів освітлення. Це напростіша і швидка у реалізації модель, яка дає, однак, найменш реалістичний результат.

Математично модель рівномірного освітлення описується формулою

$$I_{ambient} = k_a \cdot I_a,$$

де k_a - інтенсивність освітлення; I_a - вихідний колір об'єкта.

Для підвищення реалістичності моделі освітлення необхідно обчислити бліковий і дифузний компоненти світла. Для цього визначають три вектори (рис. 14.1):

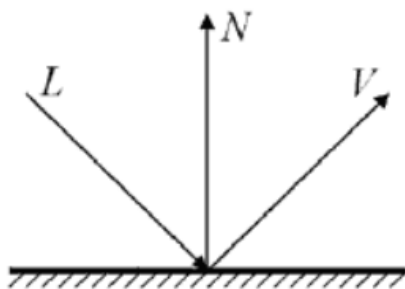


Рис. 14.1 Визначення бліковго і дифузного компонентів світла

- Нормаль N до поверхні об'єкта;

- Видовий V - вектор, який спрямований на спостерігача;

- Положення джерела світла L .

У *дифузійній моделі* освітлення об'єкту залежить від положення джерела освітлення і від нормалі до поверхні об'єкту. Оскільки випромінювання світла однакове у всіх напрямках, видовий вектор не має значення, тобто $V = 0$. Обчислення проводяться для кожної

вершини об'єкта, внаслідок чого дана модель забезпечує певне затінення об'єктів і надає їм об'єм. Світло падаючи, заповнює однаковим кольором не весь об'єкт (як у випадку з рівномірним освітленням), а створюється враження, що висвітлена та чи інша поверхня об'єкта.

Для розрахунку дифузійної моделі освітлення використовується формула

$$I_{diffuse} = k_d \cdot I_d \cdot (\vec{N} \cdot \vec{L}),$$

де k_d - інтенсивність освітлення, I_d - вихідний колір об'єкта.

Інтенсивність освітлення залежить від кута α (рис. 14.2).

Блікова модель освітлення Фонга характеризується наявністю відблисків, що істотно збільшують реалістичність зображення.

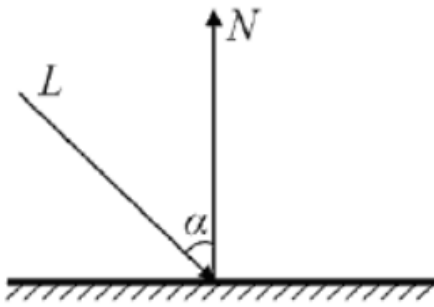


Рис. 14.2 Визначення інтенсивності освітлення в дифузійній моделі освітлення

Модель можна реалізувати, направивши джерело світла на гладку (відполіровану) поверхню об'єкта і подивившись на неї під певним кутом, що не перпендикулярним до поверхні. Виникаючі в результаті відблиски є відображенням джерела світла від поверхні. У бліковій моделі освітлення, крім векторів позиції джерела освітлення і нормалі (як у випадку з дифузною моделлю освітлення), використовуються ще два вектори: видовий вектор V і

вектор відображення R (рис. 14.3).

Чим більший кут β між видовим вектором V і вектором відображення R, тим яскравіше блікове освітлення.

Блікова модель висвітлення обчислюється за такою формулою:

$$I_{\text{specular}} = k_s \cdot I_s \cdot (\vec{V} \cdot \vec{R})^n,$$

де k_s - інтенсивність освітлення; I_s -

вихідний колір об'єкта, $\vec{R} = -\frac{\vec{V}}{|\vec{V}|} - 2 \cdot \left(-\frac{\vec{V}}{|\vec{V}|} \cdot \vec{N} \right) \cdot \vec{N}$; n - коефіцієнт яскравості світіння.

З ростом параметра n відображення стає все більш блікове і все більш концентрується уздовж напрямку вектора відображення R.

Комбінування компонентів освітлення. Тепер ми можемо скласти три моделі освітлення (постійне, дифузне і бликове), щоб обчислити сумарну кількість світла, одержуваного оком:

$$I = k_a \cdot I_a + k_d \cdot I_d \cdot (\vec{N} \cdot \vec{L}) + k_s \cdot I_s \cdot \frac{D}{n - n \cdot D + D}.$$

Реалістичне освітлення на основі моделі Кука - Торренса. У найбільш наближених до реальних моделях освітлення основна увага приділяється розподілу енергії падаючого світла. Одна її частина поглинається матеріалом і перетворюється в тепло, інша частина розсіюється у вигляді дифузного світла, третя частина задає поверхні блікову освітленість. Відповідно для різних матеріалів поділ падаючого світла на три складових відбувається по-різному і залежить від наступних факторів:

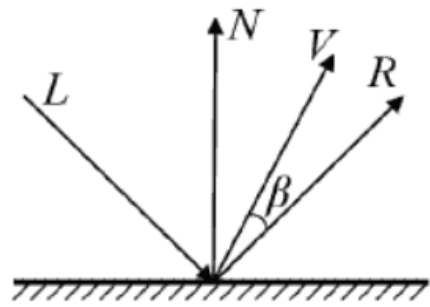


Рис. 14.3. Визначення інтенсивності освітлення в бліковій моделі освітлення

- Функції розподілу нормалей;
- Затінення та екранування;
- Коефіцієнта Френеля.

Функція розподілу нормалей описує можливе відхилення нормалі до поверхні від ідеальної нормалі N . Чим ця функція більш полого, тим більші відхилення допустимі і тим більшої величини пляма відбитого відблиску. Необхідні нормалі розташовані вздовж вектора $\vec{L} + \vec{V}$, видимі в напрямку V і знаходяться під кутом $(\vec{N} \cdot \vec{N})$ до глядача.

У моделі Кука - Торренса враховуються і такі ефекти, як затінення і екранування, які визначають інтенсивність бликової складової (рис. 14.4).

Коефіцієнт Френеля

визначає частку відбитого світла

Формула Торренса і Сперроу об'єднує три складових реалістичної моделі освітлення для підрахунку кількості бликового світла:

$$I_s = \frac{F \cdot D \cdot G}{(\vec{N} \cdot \vec{V})}$$



Рис. 14.4 Ефекти затінення (зліва) та екранування (справа)

Знаменник введений для регулювання інтенсивності світла. Загальна формула для розрахунку кількості світла в моделі Кука - Торренса:

$$I = k_a \cdot I_a + k_d \cdot I_d \cdot (\vec{N} \cdot \vec{L}) + I_s \cdot \frac{F \cdot D \cdot G}{(\vec{N} \cdot \vec{V})}$$

2. Джерела освітлення

У додатках комп'ютерної графіки реального часу, наприклад в комп'ютерних іграх, виділяють три основних види джерел світла:

- Точкові джерела світла
- Нескінченно видалені (спрямовані) джерела світла
- Прожектори

Вони лише наближено описують свої аналоги у фізичному світі, тим не менш у поєднанні з якісними моделями затінення, наприклад затінюванням по Фонгу вони дозволяють створювати цілком реалістичні зображення.

Міжнародна комісія з освітлення в різний час стандартизувала джерела освітлення A, B, C, D і F. Ці джерела характеризуються колірною температурою і графіками розподілу енергії по спектру. Колірна температура, яка вимірюється в градусах Кельвіна, - це температура абсолютно чорного тіла, при якій воно випромінює світло з необхідними спектральними характеристиками. У сучасних системах тривимірного моделювання, як правило, емулюються наступні стандартні джерела випромінювання: A, C, D50, D55, D65, D75, F2, F7, F11 і F12.

Джерело освітлення А (рис. 14.5) було стандартизоване в 1931 році і моделює штучні джерела освітлення з колірною температурою 2856 К, до яких відносяться, наприклад, лампи розжарювання.

Джерела освітлення В і С також були стандартизовані в 1931 році і моделюють денне світло. Стандартне джерело В з корелятивною колірною температурою близько 4870 К моделює денне освітлення розсіяним і прямим сонячним світлом.

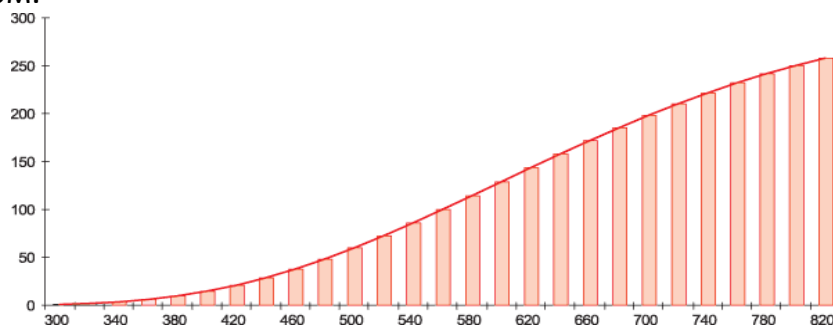


Рис. 14.5 Спектральна характеристика стандартного джерела А

Джерело С (рис. 14.6) з колірною температурою 6770 К моделює усереднене денне освітлення. Істотним недоліком стандартних джерел освітлення В і С є значна розбіжність їх спектральних характеристик з реальним спектром денного освітлення в УФ зоні. Через це стандартні джерела В і С неможливо використовувати для оцінки флуоресцентних барвників. В даний час замість них застосовують стандартні джерела D.

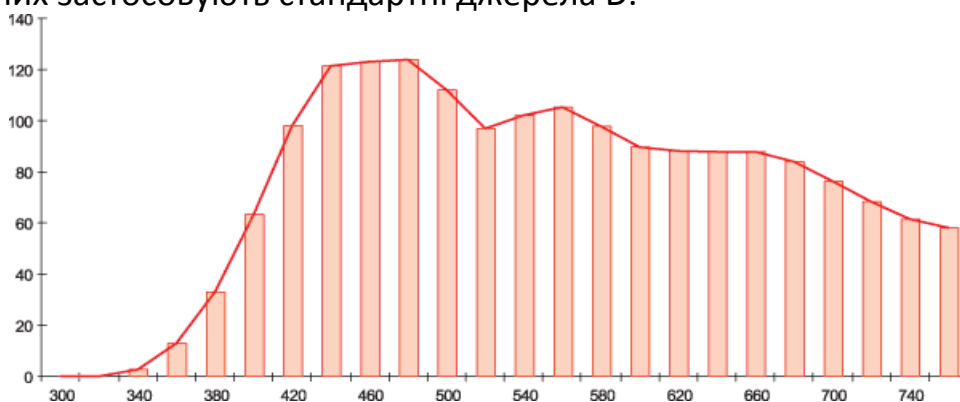


Рис. 15.6 Спектральна характеристика стандартного джерела С

Джерела освітлення D були стандартизовані в 1964 році з метою більш точного моделювання сонячного освітлення, ніж це дозволяли зробити джерела С і В. У результаті усереднення вимірювань природного освітлення в різний час доби в різних погодних умовах і в різних широтах була визначена спектральна характеристика джерела освітлення D65, що має колірну температуру 6500 К. На основі цієї характеристики також були розраховані спектральні характеристики для стандартних джерел D з іншими колірними температурами. Крім D65, знайшли застосування стандартні джерела D50 (рис. 14.7), D55 і D75 з колірними температурами 5000, 5500 і 7500 К відповідно. Перші два мають в порівнянні з D65 жовтуватий відтінок, D75 - блакитнуватий.

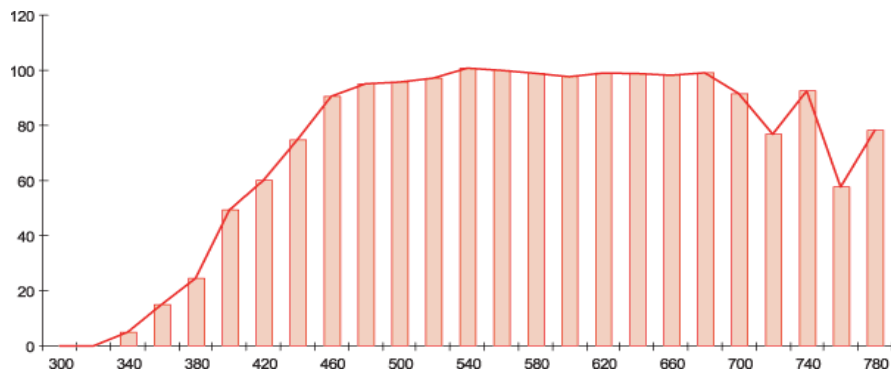


Рис. 14.7 Спектральна характеристика стандартного джерела D50

Стандартні джерела випромінювання F застосовуються для моделювання люмінесцентних ламп з різними спектральними характеристиками. Емулюються стандартні джерела, що моделюють холодне біле світло (F2 - рис. 14.8), лампи денного світла з широким діапазоном (F7 - рис. 14.9) і лампи з вузьким діапазоном (F11 - рис. 14.10).

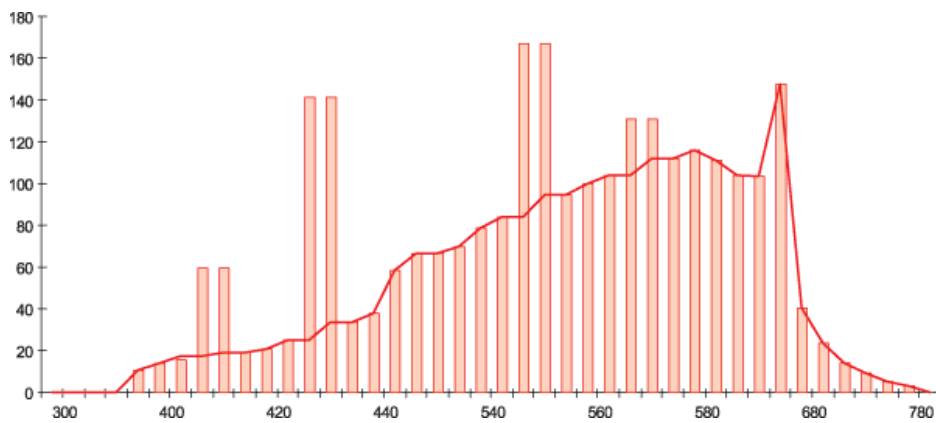


Рис. 14.8 Спектральна характеристика стандартного джерела F2

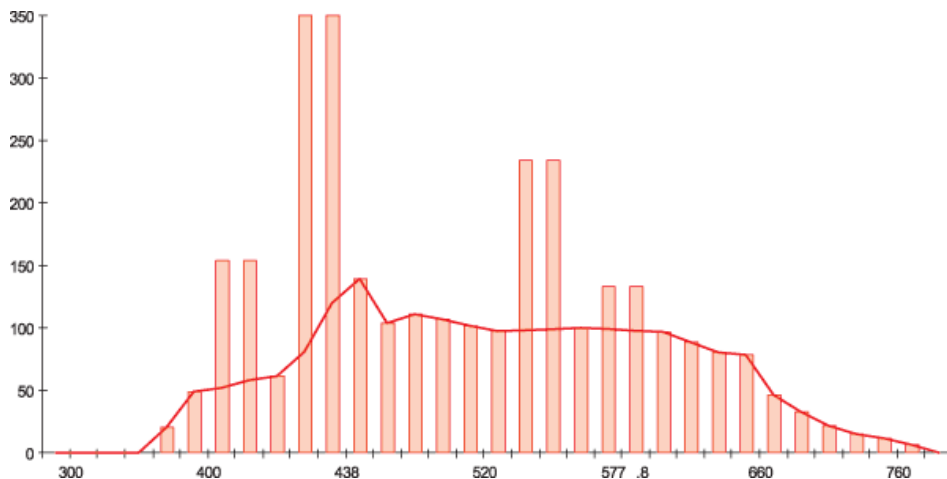


Рис. 14.9 Спектральна характеристика стандартного джерела F7

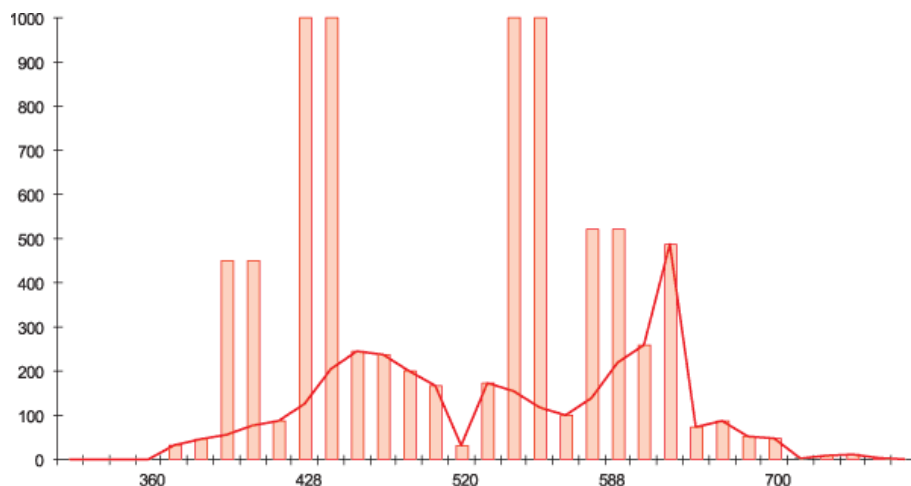


Рис. 14.10 Спектральна характеристика стандартного джерела F11

При виборі джерела освітлення не можна забувати про явище метамеризма - візуальної тотожності різних за своїм спектральним характеристикам фарбувальних речовин. Метамеризма може спостерігатися у випадках, коли джерело випромінює в одному або декількох діапазонах спектру менше світлової енергії, ніж її можуть відобразити освітлювані об'єкти. Два зразки виглядають однаково за кольором під одним джерелом освітлення і по-різному під іншим. Наприклад, об'єкти, які в білому світі мають чисті синій і зелений кольори, у червоному світлі будуть виглядати однаково сірими. Цей феномен є одним з окремих випадків метамеризма, явища, що показує зв'язок фізичних характеристик джерела освітлення і психофізіологічних властивостей людського зору.

Метамерні колірні стимули (metameric color stimuli) - це колірні стимули з однаковими колірними координатами, але з різними спектральними складами. Відповідна властивість називається метамеризма, а два метамерних колірних стимули метамерну парою. Поняття «метамерні колірні стимули» відноситься до психофізичних колірних термінів, які використовуються для точного визначення кольору і пояснення ряду колірних проблем. Колірної стимул також входить до числа цих термінів.

Для повного розуміння питання наведемо його визначення: колірний стимул-це промениста енергія з певними фізичними характеристиками, що проникає в око і викликає відчуття кольору. Метамерні стимули діляться на три групи:

1) створені різними випромінюваннями (самосветящиеся стимули), наприклад, денне світло і штучне джерело освітлення, його імітує;

2) створені різними об'єктами, освітленими одним випромінюванням (несамосв'ятящієся стимули), тобто два зразки з різним спектральним складом під одним джерелом виглядають однаково;

3) створені різними об'єктами і випромінюваннями (несамосв'ятящієся об'єкти), тобто два зразки з різним спектральним складом під різними джерелами освітлення виглядають однаково.

Ступінь метамерності показує, наскільки сильно будуть відрізнятися метамерні зразки при зміні джерела освітлення. Кількісним виразом є індекс метамеризма відстань між колірними координатами метамерну пари при заміні джерела освітлення. Таким чином, метамеризма показує зміну ступеня відповідності один одному двох і більше зразків при зміні джерела освітлення.

Питання для самоконтролю

1. Визначення інтенсивності освітлення в дифузійній моделі освітлення - це ...
2. Блікова модель освітлення - це ...
4. Від якого фактора поділ світла не залежить?
5. Ефект екранування - це ...
6. Якого виду джерела світла не існує в комп'ютерній графіці реального часу
7. Джерело освітлення A: ...
8. Спектральна характеристика стандартного джерела D - це ...
9. Для більш точного моделювання сонячного освітлення використовують джерела: ...
10. Спектральна характеристика стандартного джерела - це ...

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Лабораторна робота №1. Побудова площин, створення ескізів в САПР SolidWorks

Мета: ознайомитись з елементарними способами розміщення та побудови ескізів в SolidWorks

Завдання: побудувати ескіз виробу складного профілю

Хід роботи

1. Вибрати площину «Спереду».
2. Виконати орієнтацію площини «Перпендикулярно».
3. Створити «Ескіз».
4. Побудови здійснювати інструментами ескізу «Лінія» і «Дуга через 3 точки».
5. Провести осьову лінію через «Вихідну точку».
6. Починати побудови з дна вази.
7. З вихідної точки провести горизонтальну лінію.
8. Встановити розмір лінії, рівний радіусу денця вази (рис. 1.1).

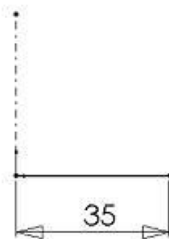


Рисунок 1.1 – Початок побудови ескізу

9. Здійснити побудову, послідовно викреслюючи елементи профілю з розмірами і взаємозв'язками елементів, як зазначено на рис. 1.2.

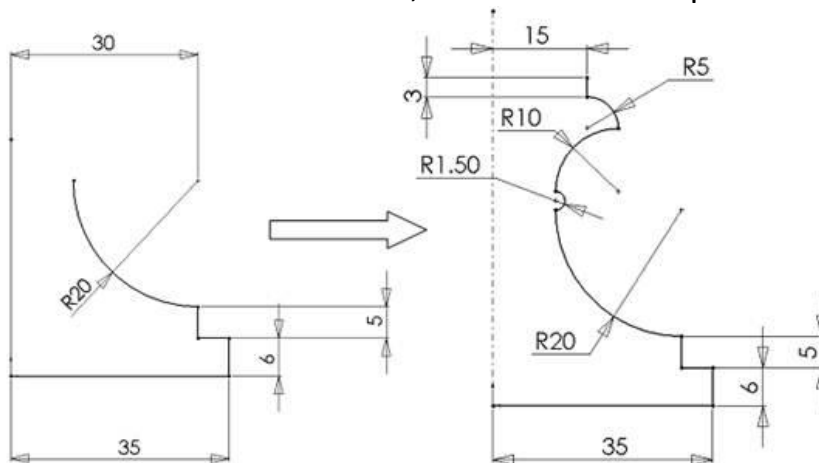


Рисунок 1.2 – Побудова ескізу

10. При необхідності між двома послідовно розта-женними дугами встановлювати взаємозв'язок «Дотичний».

11. Для елементів дуги, що утворюють чверть кола, установлюють між відповідними точками взаємозв'язки «вертикальний» і «Горизонтальний».

12. При необхідності встановити взаємозв'язок між центрами дуг і «Вихідною точкою».

13. Викреслити замкнутий профіль і повністю визначити його розмірами і взаємозв'язками (рис. 1.3).

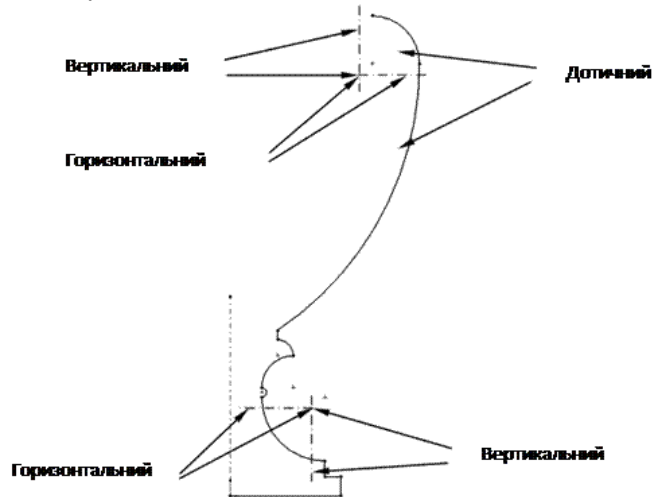


Рисунок 1.3 – Встановлення взаємозв'язків

14. Перевірити правильність виконання ескізу

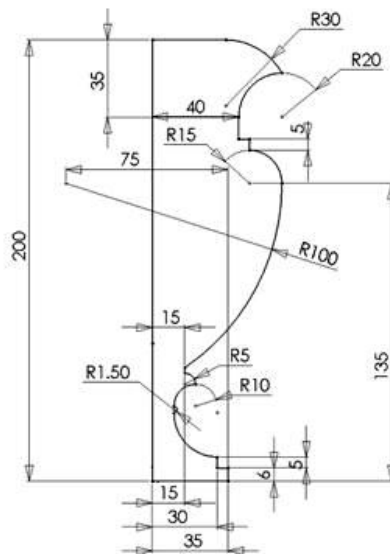


Рисунок 1.4 – Повністю визначений ескіз

Лабораторна робота №2. Створення моделей простих геометричних тіл в САПР SolidWorks

Хід роботи

Створення документа нової деталі

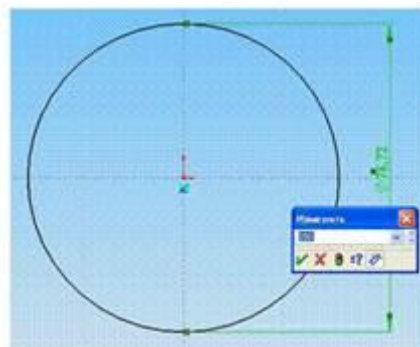
1. Для створення нової деталі натисніть кнопку «Створити» на панелі інструментів або виберіть «Файл, створити». З'явиться діалогове вікно «новий документ Solid Works»
2. Відкрийте вкладку «Tutorial» і виберіть значок «Деталь»
3. Натисніть «ОК». З'явиться вікно нової деталі

Малювання кола.

1. Щоб відкрити двомірний ескіз натисніть кнопку «Ескіз» на панелі інструментів.
2. Виберіть інструмент «Коло» на панелі «Інструменти ескізу».
3. Перемістіть покажчик в графічну область і наведіть його на вихідну точку, при цьому покажчик змінить свій колір.
4. Натисніть на ліву кнопку миші і, переміщуючи покажчик вгору і вправо, намалюйте коло, поруч з покажчиком відображається радіус кола. Відпустіть ліву кнопку миші.
5. Натисніть на кнопку «Розмір» на панелі інструментів «Взаємозв'язки Ескіз».
6. Натисніть на лінію кола, а потім натисніть в тому місці, де потрібно нанести розмір. Колір окружності зміниться з синього на чорний.
7. Для зміни розміру кола двічі натисніть на значення розміру. З'явиться діалогове вікно «Змінити», поточний розмір виділений. Введіть ваш розмір і натисніть «Enter».

Витягування основи.

1. Перший елемент у будь-якої деталі називається - основою. Цей елемент створюється шляхом витяжки намальованого кола.
2. Натисніть кнопку «Витягнута бобишка-Основа» на панелі інструментів «Елементи». З'явиться діалогове вікно «Основа витягнути» на лівій панелі, а вид ескізу буде показаний в ізометрії.
3. У вікні групи «Напрямок 1» виконайте наступні операції:
4. Встановіть «Граничні умови» значення - «На задану відстань».
5. Встановіть «Глибину» рівну вашому значенням за варіантом.
6. Натисніть «ОК» для створення витяжки. Новий елемент «Основа витягнути» з'явиться в дереві конструювання.

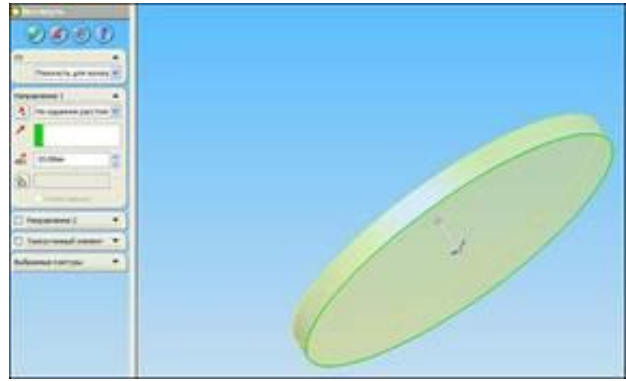


Збереження деталі.

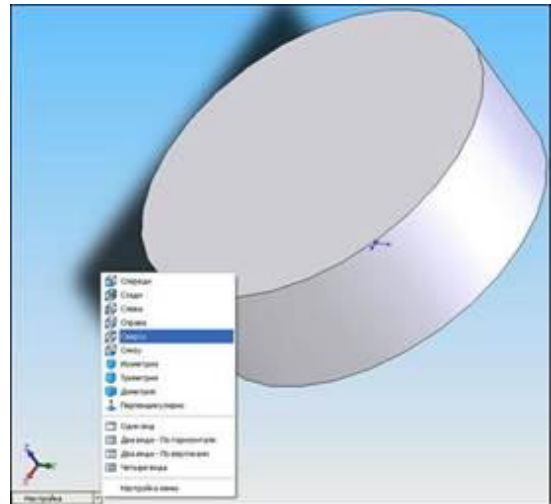
1. Виберіть пункт меню «Файл» «Зберегти як», з'явиться діалогове вікно.
2. Введіть ім'я «Корпус + № групи + № варіанту» і натисніть кнопку «Зберегти».

Малювання бобишки.

1. Для створення додаткових елементів на деталі (наприклад: бобишек або вирізів) можна малювати їх на гранях або площинах моделі, а потім витягати ескізи.
2. Натисніть на кнопку «Вибрати» на панелі інструментів «Ескіз», якщо вона ще не натиснута.
3. Натисніть на лицьову грань деталі для її вибору, грань змінить свій колір.
4. Натисніть кнопку ескіз для створення нового ескізу.
5. Для зручності роботи натисніть на кнопку «Орієнтація виду» і у вікні, виберіть пункт «Спереду». Ескіз розгорнеться до вас передньою площиною.



6. Натисніть кнопку прямокутник на панелі інструментів «Інструменти ескізу».
7. Натисніть ліву кнопку миші всередині кола і почніть переміщення покажчика для створення прямокутника, для завершення побудови - відпустіть ліву кнопку (причому прямокутник повинен бути цілком усередині кола).
8. Для однозначного визначення деталі, необхідно нанести розміри. Натисніть кнопку «Розмір».

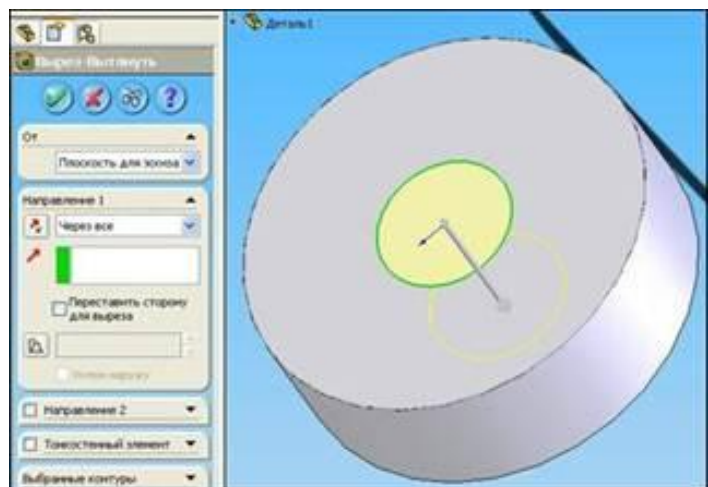


9. Натисніть на горизонтальну сторону прямокутника, потім натисніть в тому місці де буде розташовуватися розмірне число. У діалоговому вікні введіть розмір згідно вашому варіанту.
10. Натисніть на вертикальну сторону прямокутника, потім натисніть в тому місці де буде розташовуватися розмірне число. У діалоговому вікні введіть розмір згідно вашому варіанту.
11. Натисніть на горизонтальну сторону прямокутника, потім на центральну точку ескізу, а потім в тому місці, де буде розташовуватися розмірне число. У діалоговому вікні введіть необхідне число.
12. Натисніть на вертикальну сторону прямокутника, потім на центральну точку ескізу, а потім в тому місці, де буде розташовуватися розмірне число. У діалоговому вікні введіть необхідне число.

13. В результаті проставляння розмірів лінії ескізу мають стати чорними, ескіз повністю визначений.
14. Натисніть кнопку «Витягнута бобишка - основа», з'явиться діалогове вікно «Бобишка-витягнути».
15. У вікні групи «Направление1» виконайте наступні операції:
16. Встановіть «Граничні умови» значення - «На задану відстань».
17. Встановіть «Глибину» рівну вашому значенням за варіантом.
18. Натисніть «ОК» для створення витяжки. Новий елемент «Бобишка витягнути» з'явиться в дереві конструювання.

Створення вирізу.

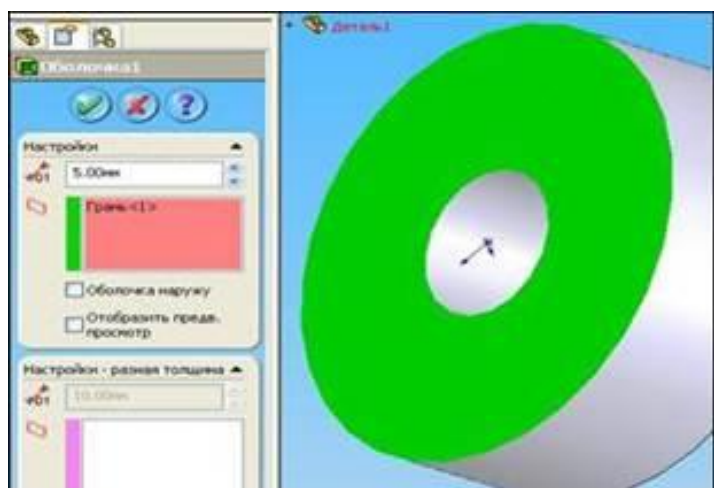
1. Натисніть на лицьову грань прямокутної бобишки для її вибору.
2. Натисніть кнопку ескіз для створення нового ескізу.
3. Для зручності роботи натисніть на кнопку «Орієнтація виду» і у вікні, виберіть пункт «Спереду». Ескіз розгорнеться до вас передньою площиною.
4. Натисніть кнопку коло на панелі інструментів «Інструменти ескізу».
5. Намалюйте коло з центру бобишки (при попаданні маркера на вихідну точку він змінить колір). Натисніть на кнопку розмір і вкажіть розмір діаметра кола згідно вашому варіанту.
6. Натисніть на кнопку «Витягнутий виріз» на панелі інструментів «Елементи». З'явиться діалогове вікно «Виріз витягнути».
7. У вікні групи «Напрямок 1» встановіть «Гранична умова» значення «Через все» і натисніть «ОК».



8. Для перегляду результатів натисніть кнопку «Обертати вигляд» і поверніть деталь.
9. Залиште деталь, тепер це можна зробити натисканням на кнопку «Зберегти».

Створення оболонки.

1. Поверніть деталь і виберіть нижню площину або натисніть кнопку «Ззаду» панелі «Стандартні види».
2. Натисніть кнопку «Оболонка» на панелі інструментів «Елементи».

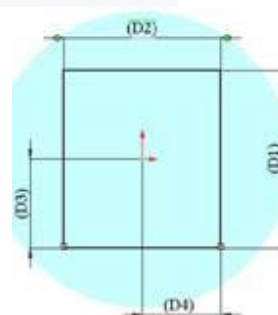
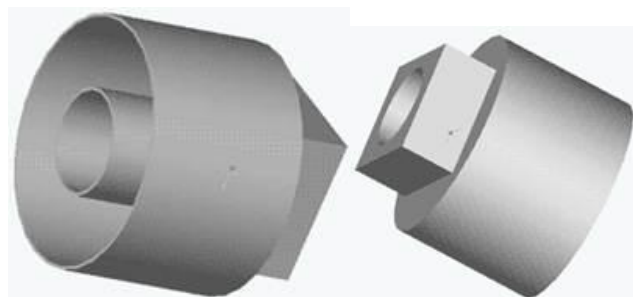
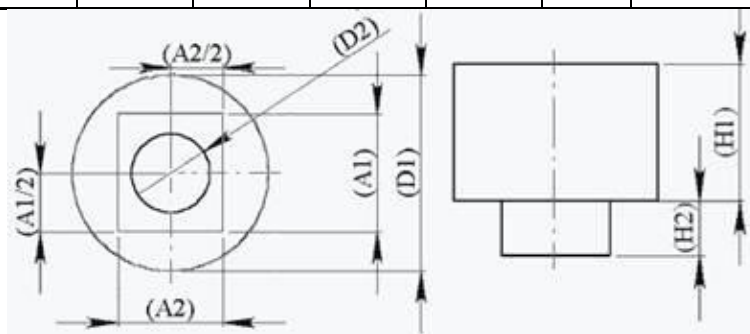


З'явиться діалогове вікно «Оболочка1», у вікні групи параметри встановіть значення товщини згідно вашому варіанту і натисніть «ОК».

3. Для перегляду результатів натисніть кнопку «Обернути вигляд» і поверніть деталь.

Таблиця 2.1 – Варіанти індивідуальних завдань

Варіант	D1	H1	A1	A2	H2	D2	Оболонка
1	50	190	30	20	10	10	1
2	60	180	35	25	20	15	1
3	70	170	40	30	30	20	1
4	80	160	45	35	40	25	1
5	90	150	50	40	50	30	1
6	100	140	55	45	60	35	2
7	110	130	60	50	70	40	2
8	120	120	65	55	80	45	2
9	130	110	70	60	90	50	2
10	140	100	75	65	100	55	2
11	150	90	80	70	110	60	3
12	160	80	85	75	120	65	3
13	170	70	90	80	130	70	3
14	180	60	95	85	140	75	3
15	190	50	100	90	150	80	3

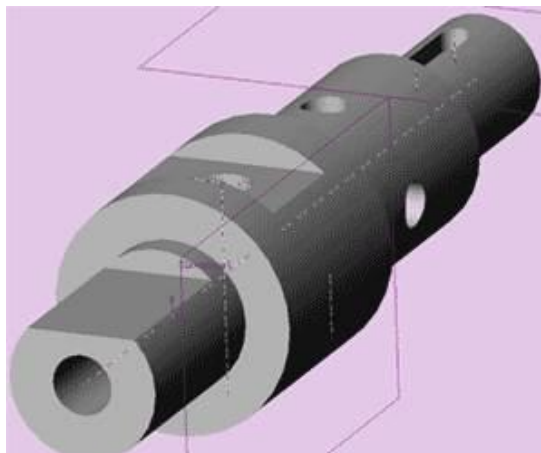


Лабораторна робота №3 Тема: «Створення моделі деталі типу «вал» в САПР SolidWorks»

Хід роботи

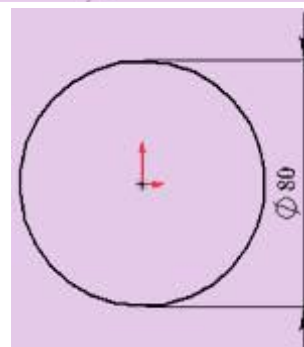
Процес створення типового вала, зображеного на рисунку, складається з наступних етапів:

- Створення контурів валу.
- Створення вирізу на торці валу.
- Створення отвору в торці валу.
- Створення напівзамкненого вирізу.
- Створення наскрізного отвору.
- Створення масиву отворів.
- Створення шпонкового паза.

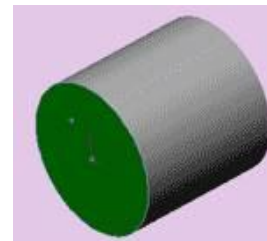


Створення контурів валу.

1. Відкрийте нову деталь.
2. Створіть новий ескіз.
3. З початкової точки намалюйте коло діаметром 80мм. Ескіз повинен прийняти вигляд, показаний на рисунку.

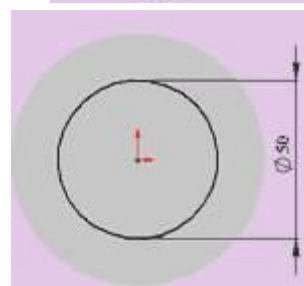


4. Натисніть кнопку «Основа - витягнути» і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах «Напрямки 1» параметри «На задану відстань» і розмір 80мм.



5. На торцевій площині отриманого циліндра створіть новий ескіз.

6. Намалюйте коло діаметром 50мм з центром у початковій точці.



7. Натисніть кнопку «Бобишка - витягнути» і витягніть ескіз, вказавши в параметрах «Напрямки 1» параметри «На задану відстань» і розмір 70мм.

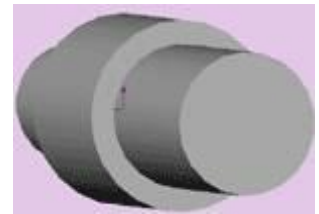
8. На протилежній торцевій площині великого циліндра діаметром 80 створіть новий ескіз.

9. Намалюйте коло діаметром 60 з центром у початковій точці.



10. Натисніть кнопку «Основа - витягнути» і витягніть

ваш ескіз, вказавши в параметрах «Напрямки 1» параметри «На задану відстань» і розмір 90мм як показано на рисунку.



11. Поверніть деталь так, щоб вона була повернена до вас бобишкою діаметра 60

12. Створіть новий ескіз і намалюйте коло діаметром 40мм з центром у початковій точці.

13. Натисніть кнопку «Основа - витягнути» і витягніть ескіз, вказавши в параметрах «Напрямки 1» параметри «На задану відстань» і розмір 70мм.

14. У вас має вийти чотирьохступінчатий вал (див. рисунок)



Створення вирізу на торці вала

1. Переверніть деталь вперед бобишкою 50мм.

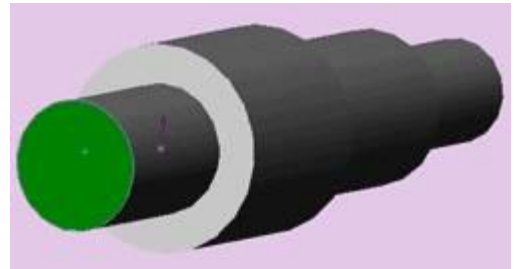
2. Виділіть передню грань, як показано на рисунку.

3. Створіть новий ескіз.

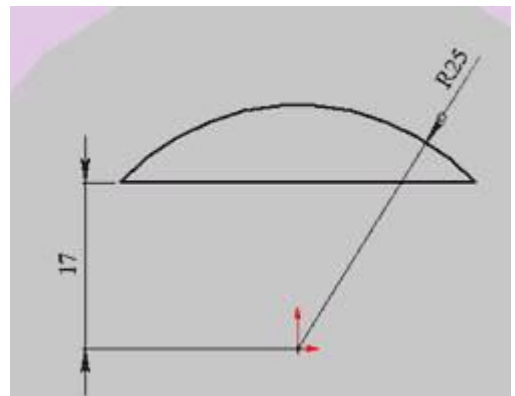
4. Намалюйте коло діаметром 50мм

5. Проведіть пряму лінію, задайте їй взаємозв'язок «горизонтальність» і розмір 17мм від початкової точки до лінії

6. Задайте для кінців відрізка взаємозв'язок «Збіг» з колом.



7. Підріжте зайву частину кола. В результаті ескіз повинен прийняти вигляд такий, як на рисунку.



8. Натисніть кнопку «Виріз-витягнути» і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах «Напрямки 1» параметри «На задану відстань» і розмір 60мм

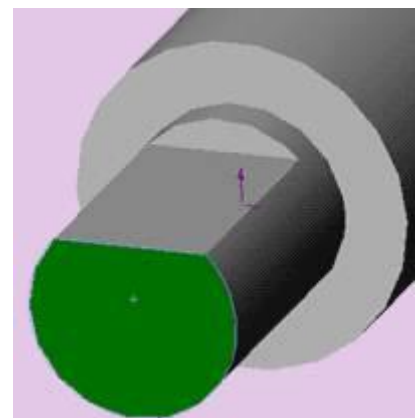
9. На деталі з'явиться виріз

Створення отвору в торці вала

1. Виділіть ще раз торцеву площину бобишки і створіть в ній новий ескіз.

2. Створіть новий ескіз і намалюйте коло діаметром 20мм з центром у початковій точці

3. Натисніть кнопку «Виріз витягнути» і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах «Напрямки 1» параметри «На задану відстань» і розмір 50мм



4. Вийде отвір в торці вала, як показано на рисунку.



Створення напівзамкненого вирізу

1. У дереві конструювання виберіть площину «праворуч»

2. Увійдіть в меню «Вставка -> Довідкова геометрія -> Площина».

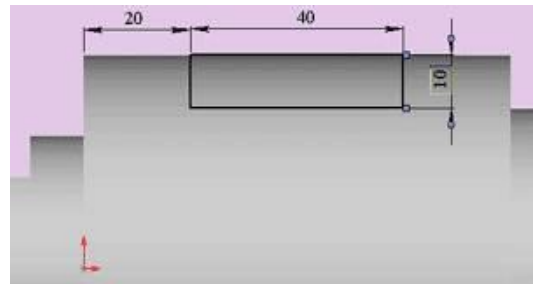
3. Виберіть операцію «Змістити» і натисніть «далі»

4. У діалоговому вікні задайте відстань, рівну половині діаметра бобишки за варіантом.

5. У результаті в дереві конструювання з'явиться нова площина.

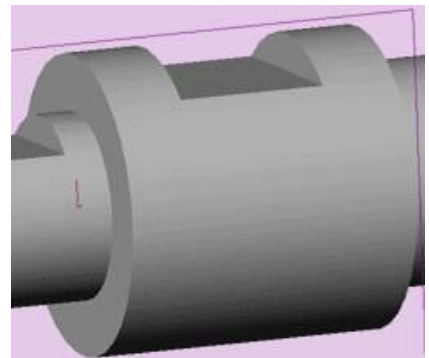
6. Виберіть її і створіть в ній новий ескіз.

7. Намалюйте прямокутник, що зображає напівзамкнутий виріз в плані і проставте його розміри приблизно так, як показано на рисунку.



8. Верхній стороні прямокутника поставте взаємозв'язок «збіг» з верхнім контуром вала.

9. Натисніть кнопку «Виріз витягнути» і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах «Напрямки 1» параметр «Через все».



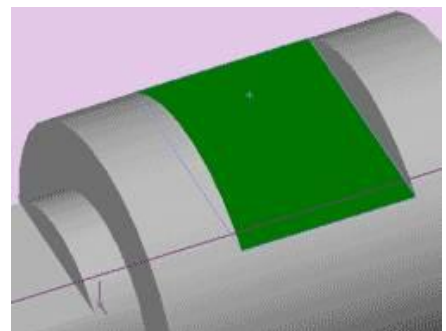
Створення наскрізного отвору

1. Тепер виберіть внутрішню площину нашого напівзамкненого вирізу і відкрийте в ній новий ескіз.

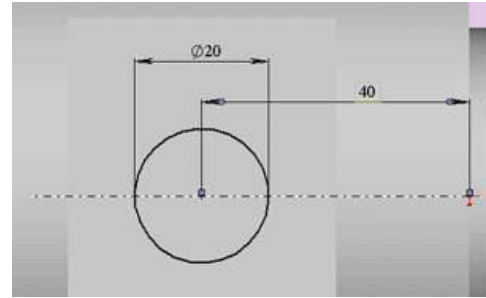
2. Проведіть осьову лінію з початкової точки і поставте їй взаємозв'язок «вертикальність» або «горизонтальність» залежно від розташування моделі

3. Намалюйте коло і задайте її центру взаємозв'язок «збіг» з осьовою лінією

4. Задайте діаметр кола і відстань від її центру до краю бобишки



5. Натисніть кнопку «Виріз - витягнути» і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах «Напрямки 1» параметр «Через все».

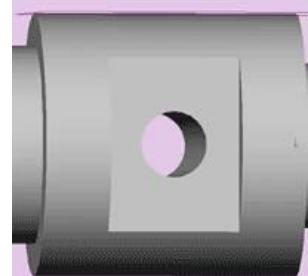


Створення масиву отворів

1. Тепер намалюємо наскрізні отвори в бобишці діаметром 60мм.

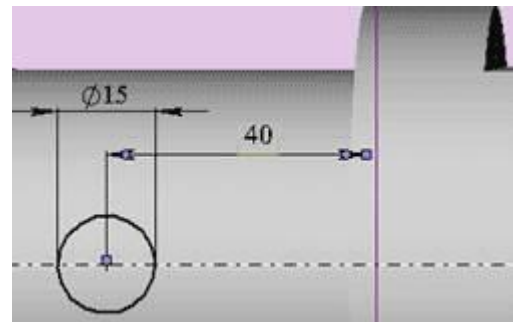
2. У дереві конструювання виберіть площину «праворуч»

3. Створіть у ній новий ескізПроведіть осьову лінію з початкової точки і поставте їй взаємозв'язок «вертикальність» або «горизонтальність» залежно від розташування моделі



4. Намалюйте коло і задайте її центру взаємозв'язок «збіг» з осьовою лінією

5. Задайте діаметр кола і відстань від її центру до границі бобишки (за вашим варіантом)

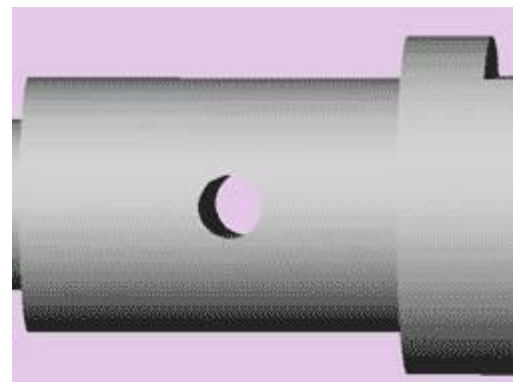


6. Натисніть кнопку «Виріз витягнути» і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах «Напрямки 1» і «Напрямки 2» параметр «Через все».

7. Увійдіть в меню «Вид» і включіть там пункт «Тимчасові осі»

8. На моделі повинні з'явитися зображення осей.

9. Поверніть модель так, щоб було добре видно внутрішню частину щойно створеного отвори.

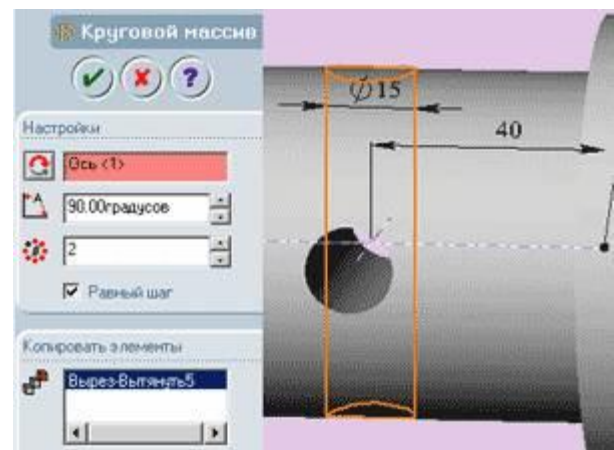


10. На панелі «Елементи» натисніть кнопку «Круговий масив».

11. Відкриється вікно завдання параметрів масиву.

12. Задайте в якості осі головну вісь валу, в якості об'єкта - внутрішню поверхню отвори.

13. Кут повороту задайте 90 градусів і число елементів - 2.



Створення шпонкового паза

1. У дереві конструювання виберіть

площину «зверху»

2. Увійдіть в меню «Вставка -> Довідкова геометрія -> Площина».

3. Виберіть операцію «Змістити» і натисніть «далі»

4. У діалоговому вікні задайте відстань, рівну половині діаметра бобишки за варіантом.

5. У результаті в дереві конструювання з'явиться нова площина.

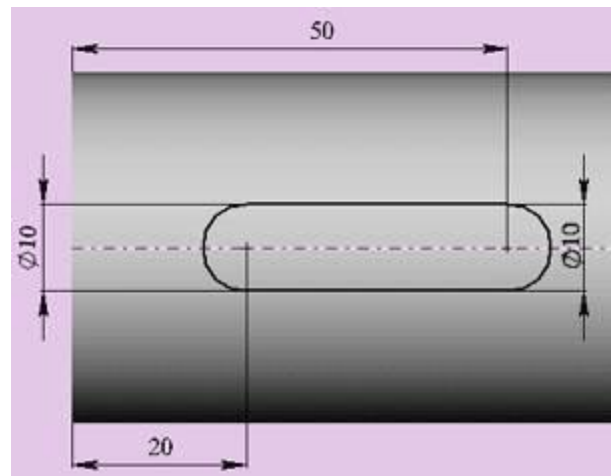
6. Виберіть її і створіть в ній новий ескіз. Намалюйте шпонковий паз, задайте розміри.

7. При створенні ескізу використовуйте взаємозв'язку «збіг» центрів кола та осьової лінії і «дотичність» вертикальних ліній шпоночно паза і кіл.

8. Подрежьте зайві лінії для додання ескізу такого ж виду, як на рисунку.

9. Натисніть кнопку «Виріз витягнути» і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах «Напрямки 1» параметри «На задану відстань» і розмір за варіантом

10. Одержаний шпонковий паз зображений на рисунку.



Лабораторна робота №4 Тема: «Створення моделі деталі типу «корпус» в САПР SolidWorks»

Хід роботи

Створення документа нової деталі

1. Для створення нової деталі натисніть кнопку «Створити» на панелі інструментів або виберіть «Файл, створити». З'явиться діалогове вікно «новий документ Solid Works».

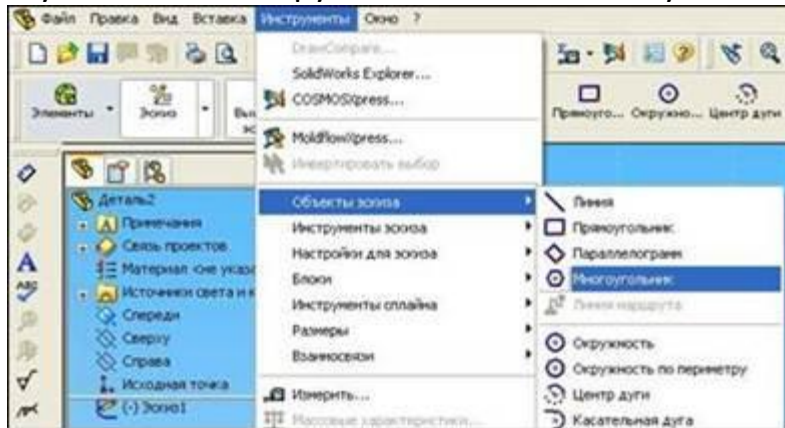
2. Відкрийте вкладку і виберіть значок «Деталь»

3. Натисніть «ОК». З'явиться вікно нової деталі

Створення основи.

1. Щоб відкрити двомірний ескіз натисніть кнопку «Ескіз» на панелі інструментів.

2. Виберіть пункт меню «Інструменти - Об'єкти ескізу - Багатокутник».



3. Перемістіть покажчик в графічну область і наведіть його на вихідну точку, при цьому покажчик змінить свій колір.

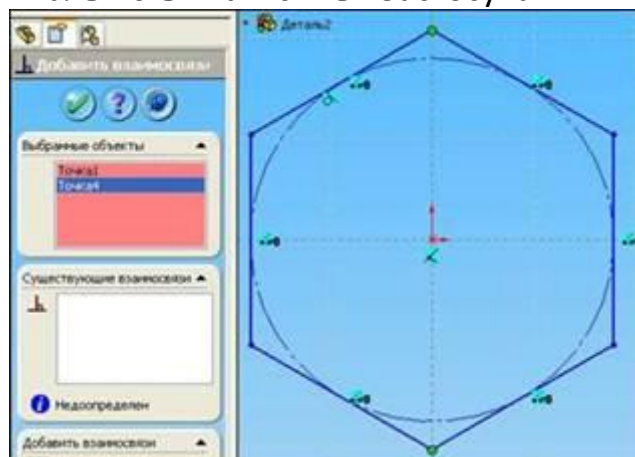
4. Натисніть на ліву кнопку миші і, переміщуючи покажчик вертикально вгору, намалюйте багатокутник, поруч з покажчиком відображається радіус вписаного кола і кут, який повинен бути рівний 90. Відпустіть ліву кнопку миші.

5. Натисніть на кнопку «Розмір» на панелі інструментів «Взаємозв'язки Ескіз».

6. Натисніть на лінію вписаного кола, а потім натисніть в тому місці, де потрібно нанести розмір.

7. Для зміни розміру окружності двічі натисніть на значення розміру. З'явиться діалогове вікно «Змінити», поточний розмір виділений. Введіть ваш розмір і натисніть «Enter».

8. Натисніть на кнопку «Додати взаємозв'язок», відкриється вікно «Додавання геометричній взаємозв'язку». На ескізі виберіть верхню і нижню вершини, їх назви з'являться у вікні «Вибрані елементи». Виберіть взаємозв'язок - вертикальність і натисніть «Застосувати».



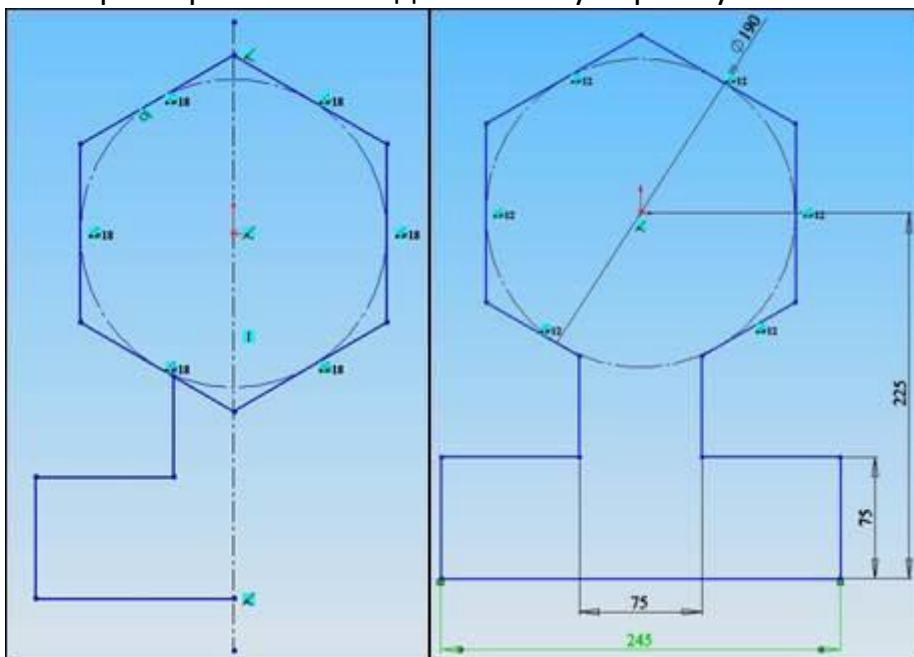
9. Виберіть інструмент «Осьова лінія» і проведіть вертикальну осьову лінію через вихідну точку.

10. Виберіть інструмент «Лінія» і намалюйте половину нижній частині основи.

11. Натисніть на інструмент «Вибрати» і утримуючи кнопку «Ctrl» натисніть на три лінії і на осьову.

12. Потім натисніть на інструмент «Дзеркальне відображення». Намальовані лінії відобразяться дзеркально відносно осьової.

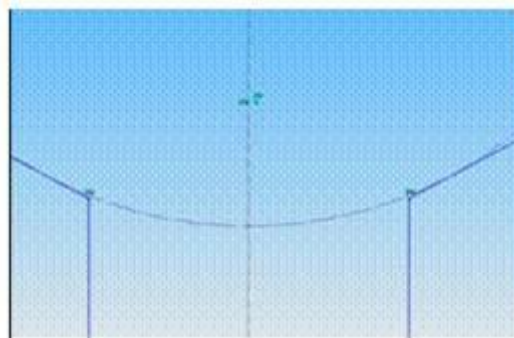
13. Нанесіть розміри основи згідно вашому варіанту.



14. Виберіть інструмент «Відсікти» і видаліть нижню частину шестикутника як показано на рисунку.

Витягування основи.

1. Натисніть кнопку «Витягнута бобишка-Основа» на панелі інструментів «Елементи». З'явиться діалогове вікно «Основа витягнути» на лівій панелі, а вид ескізу буде показаний в ізометрії.



2. У вікні групи «Направление1» виконайте наступні операції:

3. Встановіть «Граничні умови» значення - «На задану відстань».

4. Встановіть «Глибину» рівну половині вашого значення за варіантом.

5. Натисніть «ОК» для створення витяжки. Новий елемент «Основа витягнути» з'явиться в дереві конструювання.

Збереження деталі.

1. Виберіть пункт меню «Файл» «Зберегти як», з'явиться діалогове вікно.

2. Введіть в якості імені файлу ваше прізвище і натисніть кнопку «Зберегти».

Створення фланців.

1. Для створення додаткових елементів на деталі (наприклад - фланців) можна малювати їх на гранях або площинах моделі, а потім витягати ескізи.

2. Натисніть на кнопку «Вибрати» на панелі інструментів «Ескіз», якщо вона ще не натиснута.

3. Натисніть на лицьову грань деталі для її вибору, грань змінить свій колір.

4. Натисніть кнопку ескіз для створення нового ескізу.

5. Для зручності роботи натисніть на кнопку «Орієнтація виду» і у вікні, виберіть пункт «Перпендикулярно». Ескіз розгорнеться до вас передньою площиною.

6. Виберіть пункт меню «Інструменти - Об'єкти ескізу - Багатокутник».

7. Перемістіть покажчик в графічну область і наведіть його на вихідну точку, при цьому покажчик змінить свій колір.

8. Натисніть на ліву кнопку миші і, переміщуючи покажчик вертикально вгору, намалюйте багатокутник, поруч з покажчиком відображається радіус вписаного кола і кут, який повинен бути рівний 90°. Відпустіть ліву кнопку миші.

9. Натисніть на кнопку «Розмір» на панелі інструментів «Взаємозв'язки Ескіз».

10. Натисніть на лінію вписаного кола, а потім натисніть в тому місці, де потрібно нанести розмір.

11. Для зміни розміру окружності двічі натисніть на значення розміру. З'явиться діалогове вікно «Змінити», поточний розмір виділений. Введіть ваш розмір і натисніть «Enter».

12. Натисніть на кнопку «Додати взаємозв'язок», відкриється вікно «Додавання геометричній взаємозв'язку». На ескізі виберіть верхню і нижню вершини, їх назви з'являться у вікні «Вибрані елементи». Виберіть взаємозв'язок - вертикальність і натисніть «Застосувати».

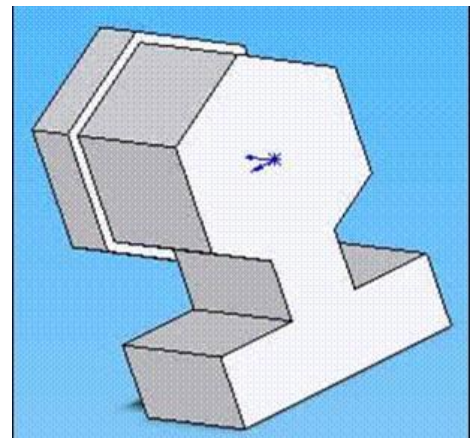
13. Натисніть кнопку «Витягнута бобишка» на панелі інструментів «Елементи». З'явиться діалогове вікно «Бобишка - витягнути» на лівій панелі.

14. У вікні групи «Направление1» виконайте наступні операції:

15. Встановіть «Граничні умови» значення - «На задану відстань».

16. Встановіть «Глибину» рівну вашому значенням за варіантом.

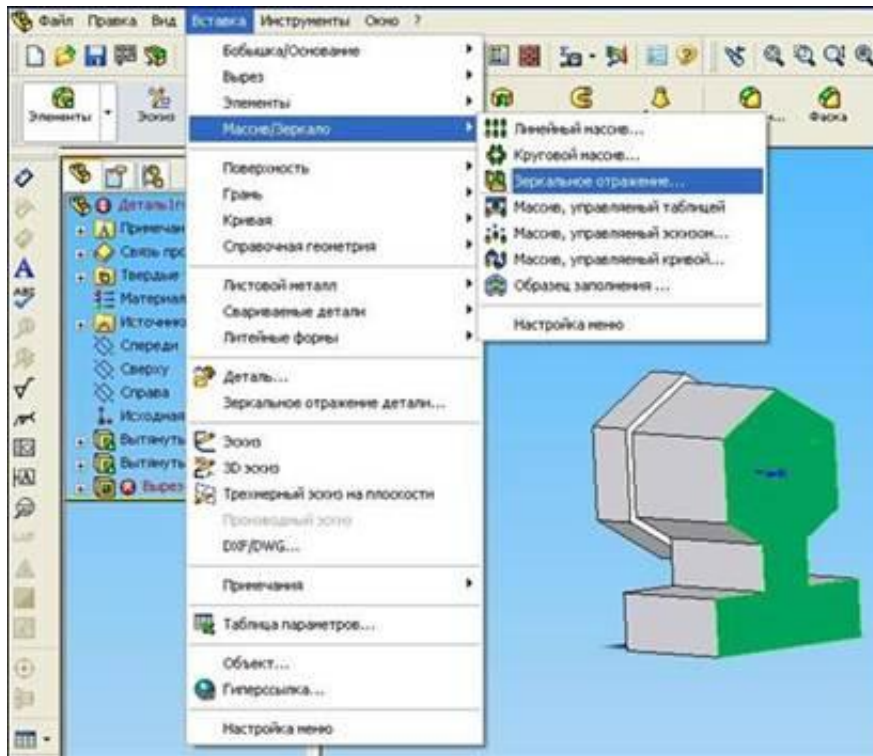
17. Натисніть «ОК» для створення витяжки. Новий елемент «Основа витягнути» з'явиться в дереві конструювання.



18. Натисніть на кнопку «Вибрати» і виберіть задню площину (на рисунку звернена до вас) корпусу.

19. Увійдіть в пункт меню «Вставка - Массив / Дзеркало - Дзеркально відобразити все».

20. У діалоговому вікні натисніть «ОК».



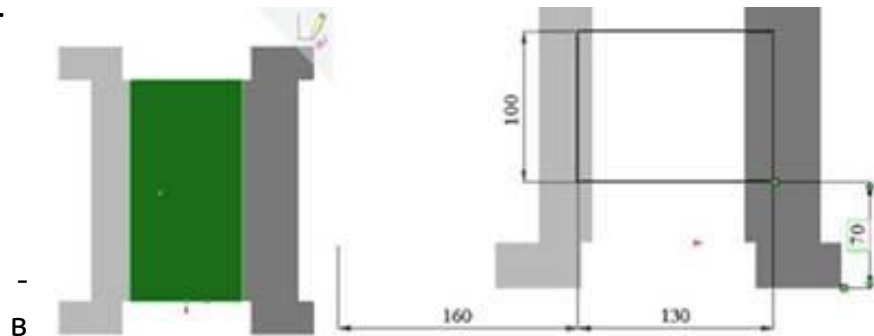
Створення бічного фланця.

1. Виберіть вертикальну грань шестикутника, встановіть орієнтацію виду - «перпендикулярно».

2. Створіть новий ескіз.

3. Намалюйте прямокутник, проставте розміри.

4. Виберіть «Бобишка - витягнути»,



В параметрах «Напрямки 1» виберіть «На задану відстань» і вкажіть розмір згідно вашому варіанту.

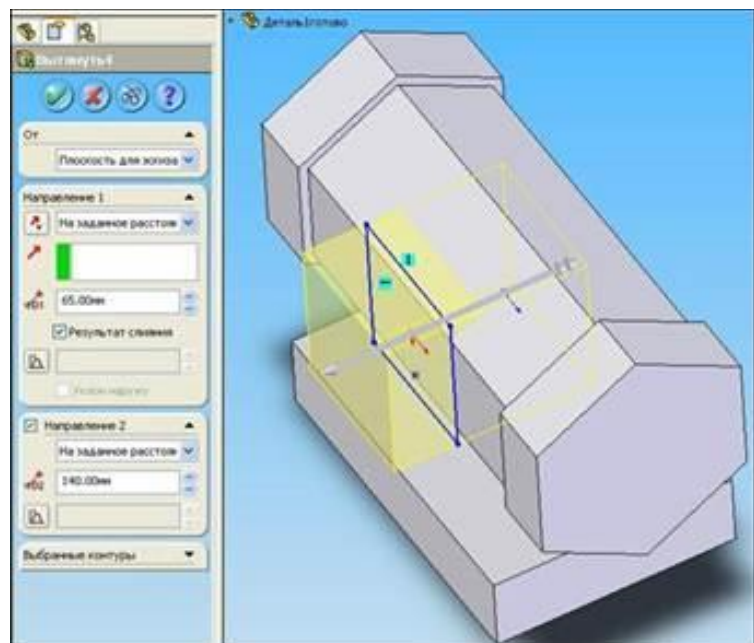
5. У параметрах «Напрямок 2» вказується розмір дорівнює половині діаметра вписаного кола шестикутника основи.

6. Натисніть кнопку «ОК».

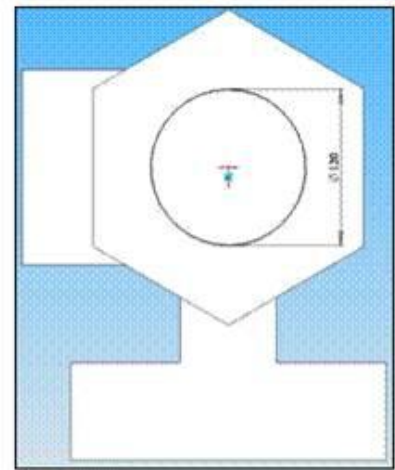
Створення отворів.

1. Виберіть площину одного з шестиграних фланців і створіть новий ескіз.

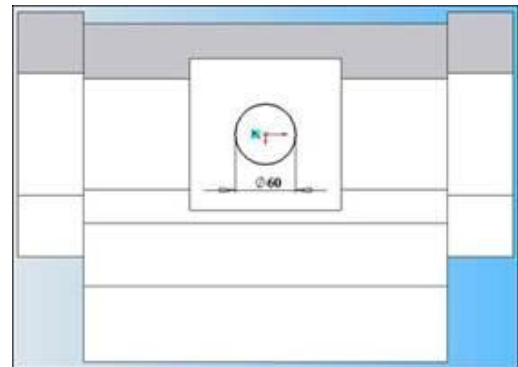
2. Намалюйте з вихідної точки коло.



3. Проставте її розмір відповідно до заданого варіантом.
4. Виберіть «Виріз - Витягнути», в параметрах «Напрямок 1» задайте граничне умова «Через все» і натисніть «ОК».
5. Виберіть передню площину бокового прямокутного фланця, створіть новий ескіз намалюйте коло, проставте розміри відповідно з варіантом.

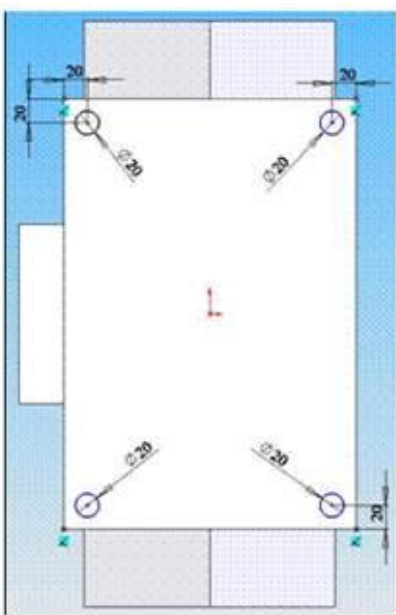


6. Виберіть «Виріз - Витягнути», в параметрах «Напрямок 1» задайте граничне умова «До наступної» і натисніть «ОК».



Створення отворів в основі.

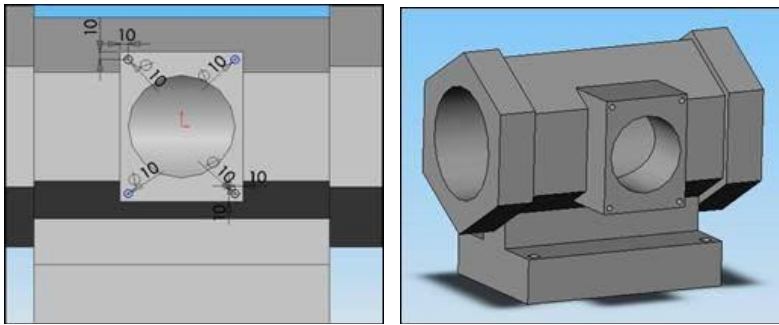
1. Виберіть нижню площину основи корпусу. Створіть новий ескіз.
2. Намалюйте в кутах основи окружності, як показано на рисунку.
3. Поставте діаметр кіл рівний 20 мм.
4. Натисніть на кнопку «Додати взаємозв'язок». Виберіть центри двох кіл, розташованих одна під інший і задайте їм взаємозв'язок «Вертикальність». Повторіть цю дію з іншою парою кіл.
5. Аналогічним чином задайте взаємозв'язок «Горизонтальність» для кожної пари кіл, розташованих на одному рівні.



6. Поставте розміри від країв основи, так як показано на рисунку. Ескіз визначений.
7. Виберіть «Виріз - витягнути» у параметрі «Граничні умови» задайте «До наступної» і натисніть «ОК».

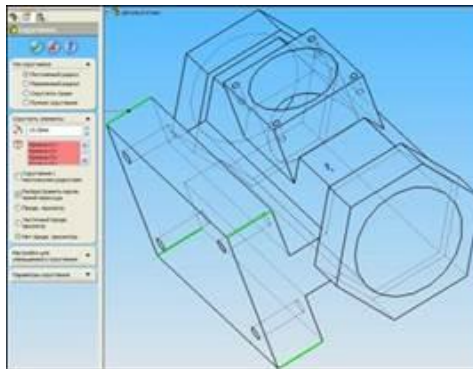
Створення отворів у бічному фланці.

1. Виберіть передню площину бокового прямокутного фланця, створіть новий ескіз.
2. Аналогічно попередньому пункту виконайте чотири кола, як показано на рисунку.
3. Виберіть «Виріз - витягнути» у параметрі «Граничні умови» задайте «На задану відстань», розмір - 30 і натисніть «ОК».
4. В результаті роботи виходить деталь такого вигляду:



Додавання зкруглень.

1. Переводимо деталь у каркасне уявлення.
2. Повертаємо її так щоб було добре видно всі чотири кутових ребра нижньої основи деталі.



3. Натискаємо на кнопку «Вибрати» і утримуючи клавішу Ctrl виділяємо всі чотири ребра.
4. Натискаємо кнопку «Округляє» і вказуємо параметри: «Постійний радіус», розмір 10 мм і натискаємо кнопку «ОК».
5. Аналогічно виконуємо скруглення для прямокутного бічного фланця.

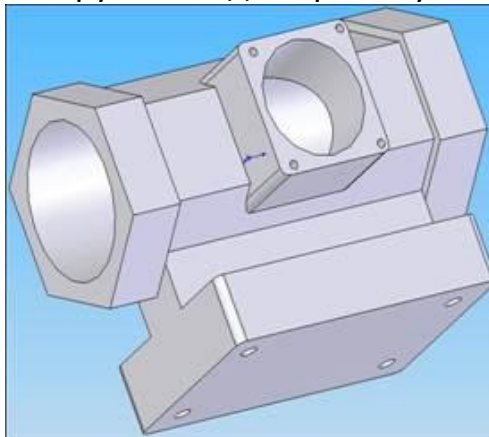
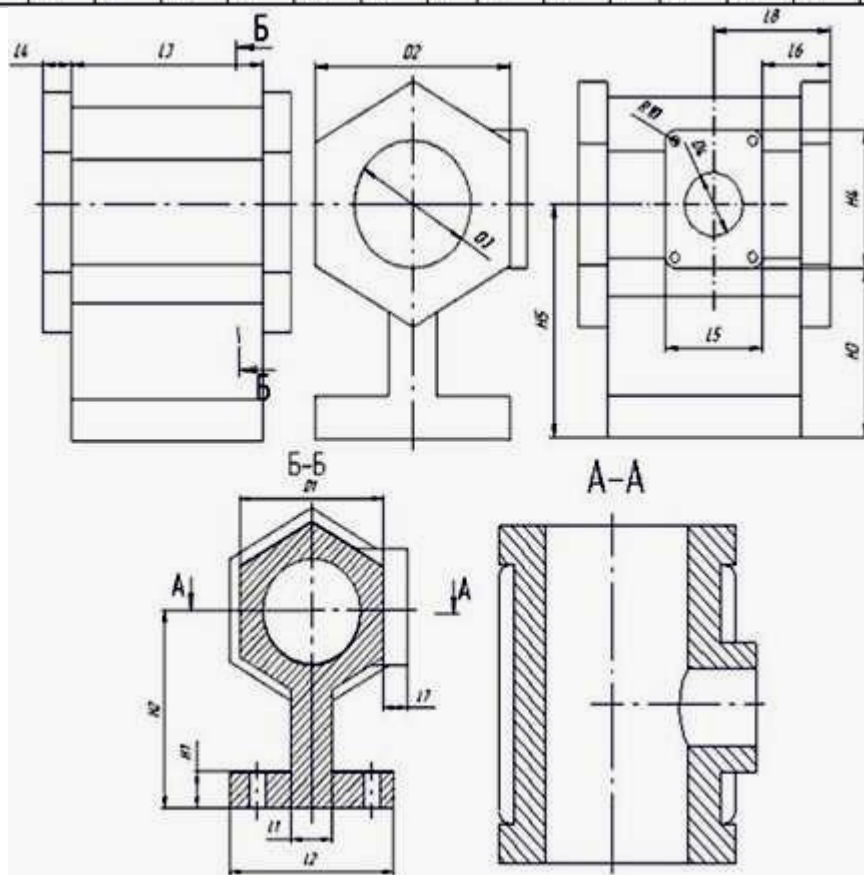


Таблица 4.1 – Варіанти індивідуальних завдань

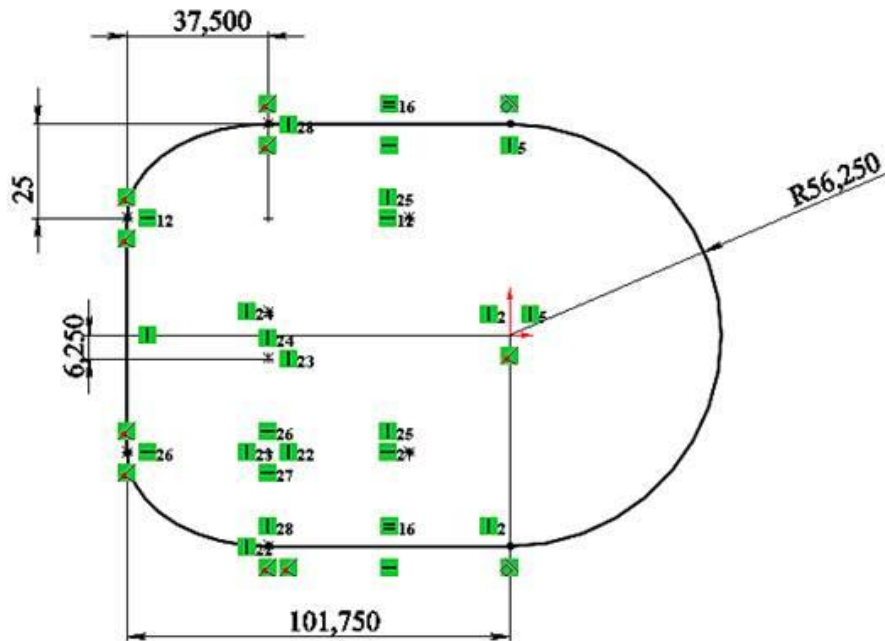
Вариант	D1	D2	D3	D4	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	H1	H2	H3	H4	H5
1	150	175	100	40	30	200	180	20	60	60	20	90	30	160	125	80	165
2	160	185	110	50	35	205	200	25	70	65	25	100	35	170	135	90	175
3	170	195	120	60	40	210	220	30	80	70	30	110	40	180	145	100	185
4	180	205	130	70	45	215	240	35	90	75	35	120	45	190	155	110	195
5	190	215	140	80	50	220	260	40	100	80	40	130	50	200	165	120	205
6	200	225	150	90	55	225	280	45	110	85	45	140	55	210	175	130	215
7	210	235	160	100	60	230	300	50	120	90	50	150	60	220	185	140	225
8	220	245	170	110	65	235	320	55	130	95	55	160	65	230	195	150	235
9	230	255	180	120	70	240	340	60	140	100	60	170	70	240	205	160	245
10	240	265	190	130	75	245	360	65	150	105	65	180	75	250	215	170	255
11	250	275	200	140	80	250	380	70	160	110	70	190	80	260	225	180	265
12	260	285	210	150	85	255	400	75	170	115	75	200	85	270	235	190	275
13	270	295	220	160	90	260	420	80	180	120	80	210	90	280	245	200	285
14	280	305	230	170	95	265	440	85	190	125	85	220	95	290	255	210	295
15	290	315	240	180	100	270	460	90	200	130	90	230	100	300	265	220	305



Лабораторна робота №5. Створення моделі деталі змінного перерізу в САПР SolidWorks

Хід роботи

1. Відкрийте новий документ «Деталь», збережіть його під ім'ям «Воронка».
2. Створіть ескіз в довідковій площині Зверху відповідно до розмірів, представлених на рисунку.



3. Перед тим, як вийти з ескізу переконайтеся, що він повністю визначений (ескіз повинен бути виконаний у чорному кольорі).

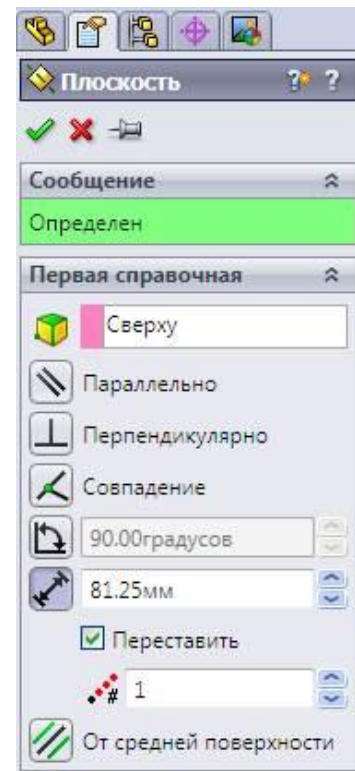
4. Якщо цього не сталося, клацніть правою кнопкою миші в будь-якому місці робочого вікна і виберіть з контекстного меню інструмент Повністю визначити ескіз.

5. У Дереві конструювання (Feature Manager) вкажіть: Всі об'єкти ескізу.

6. Натисніть - ОК. Ескіз буде повністю визначений, після чого вийдіть з ескізу

7. Створіть нову площину, паралельну до площини Зверху на відстані 81,25 мм вниз, використовуючи інструмент Довідкова геометрія: Площина, що знаходиться на панелі «Елементи».

8. У Дереві конструювання (Feature Manager) вкажіть: Перша довідкова площина - Зверху (площина, паралельно якій на відстані 81,25 мм буде побудована нова довідкова площина); відстань - 81,25 мм; кількість



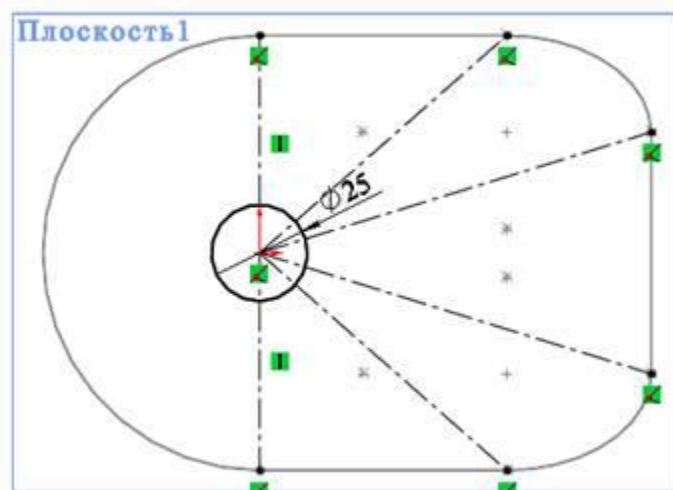
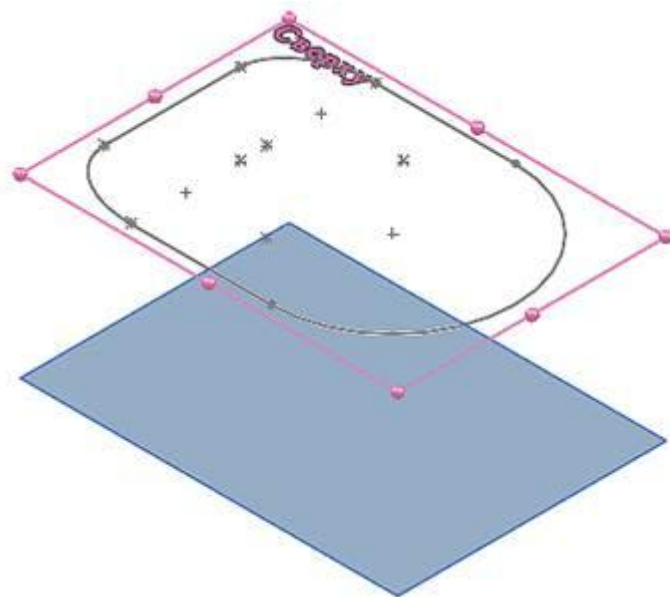
площин - 1; якщо площина буде побудована не в тому напрямку, це можна виправити, поставивши прапорець Переставити.

9. Після вказівки всіх необхідних параметрів натисніть - ОК. Буде створена Площина 1. Їй можна дати назву Площина воронки нижня. Зверніть увагу на Дерево конструювання: всім елементам, ескізами, площинам присвоєні імена, щоб простіше було відшукати необхідний об'єкт, скажімо для редагування.

10. Під новозбудованої Площини воронки нижньої за допомогою інструменту Коло побудуйте коло діаметром 25 мм.

11. Щоб ескіз був повністю визначений, необхідно додати взаємозв'язок : Центр кола з'єднати з початком координат взаємозв'язком Збіг .

12. З'єднайте центр кола з шістьма точками, що лежать в першому ескізі, осьовими лініями. Це дозволить розбити коло на дуги і показати на ній 6 точок.

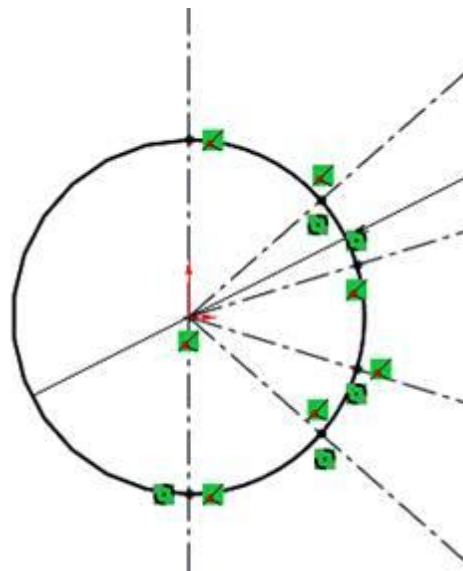


13. За допомогою інструменту Розбити об'єкт додайте 6 точок на дугу. Для цього слід в Головному меню на вкладці Інструменти необхідно вибрати Інструменти ескізу ⇒ Розбити об'єкти. Щоб забезпечити збіг кожної з 6-ти точок осьової лінії, скористайтеся інструментом Додати взаємозв'язок ⇒ Збіг

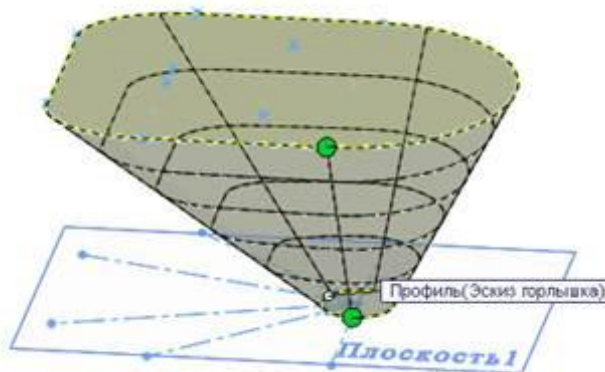
Вийдіть з ескізу і за допомогою інструменту Бобишка по перетинах на панелі інструментів Елементи створіть перший елемент по перетинах.

14. У Дереві конструювання (Feature Manager) необхідно у вкладці Профілі вказати перший («Верхня площина») і другий («Ескіз горлечка») ескізи, а також у вкладці Параметри відобразити: Об'єднати суміжні грані.

15. При створенні об'єкта по побудованих ескізах 2-х перерізів досить з'єднати (вказати при виборі профілю) 2 крайні точки. Після чого натиснути - ОК. Перший елемент, побудований по перетинах готовий. Надайте йому ім'я «Воронка».



16. За допомогою вже відомого інструменту Площина, що знаходиться в Довідковій геометрії на панелі інструментів «Елементи», побудуйте додаткову довідкову площину, віддалену на 50 мм від площини, в якій побудований ескіз горлечка. Дайте назву площині: Площина горлечка.



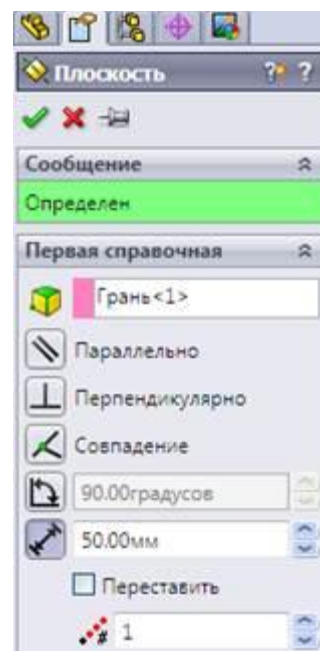
17. За допомогою двох кіл необхідно побудувати Шийку з використанням інструменту Бобишка по перетинах. Переверніть Воронку і на її торцевій площині побудуйте коло. Визначте взаємозв'язок Корадіальний між цим колом і круговою кромкою Воронки.

18. У другій довідковій площині (Площина горлечка) побудуйте коло діаметром 11,25 мм. Для вирівнювання профілів додайте взаємозв'язок Вертикальний.

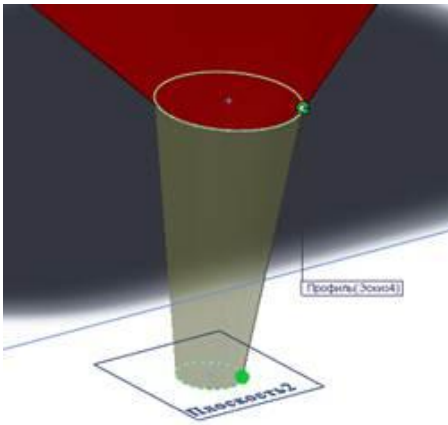
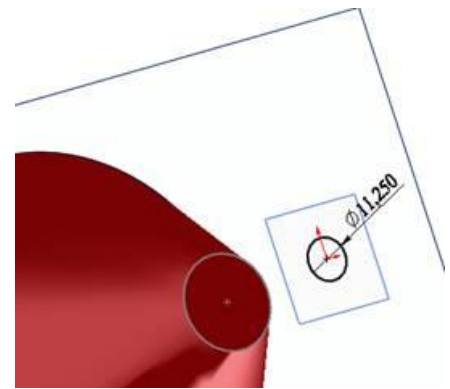
Вийдіть з ескізу.

19. За допомогою інструменту Бобишка по перетинах створіть елемент Шийка.

20. Створіть тонкостінну деталь з використанням інструменту Оболонка. Для цього в Дереві конструювання (Feature Manager) необхідно вказати верхню межу Воронки і нижню межу горлечка, а також товщину стінки, рівну 1,5 мм. Після чого натиснути ОК.



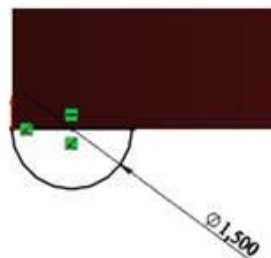
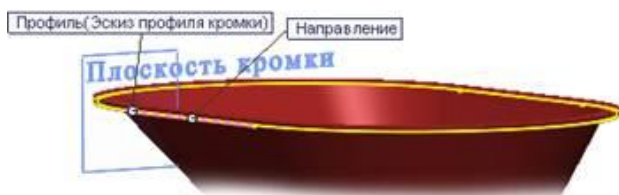
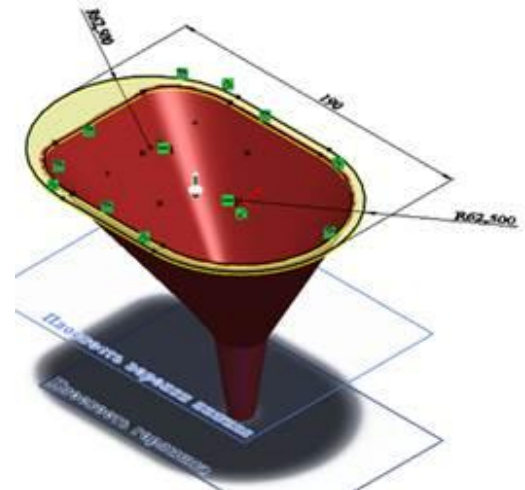
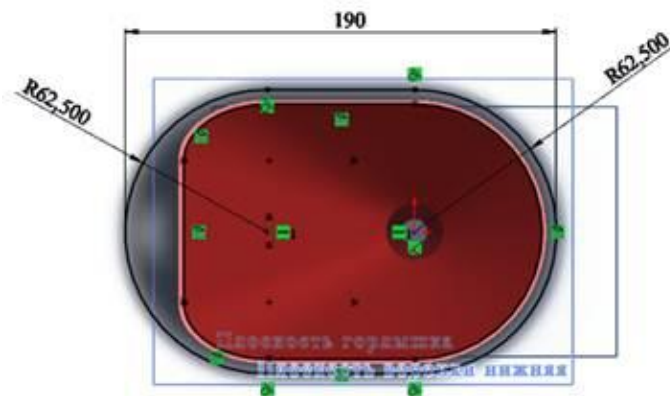
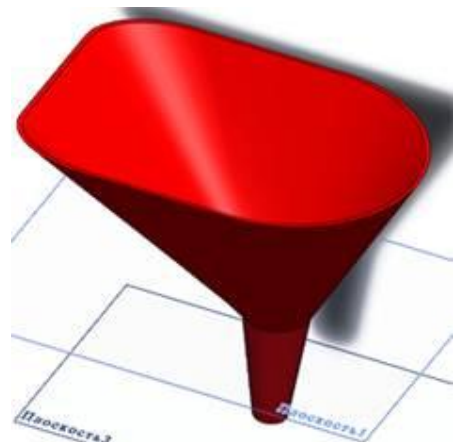
21. Для побудови Обода Воронки необхідно у верхній площині Воронки (у площині Зверху) побудувати ескіз зовнішнього контуру Обода по зазначених розмірах. Для створення внутрішнього контуру необхідно використовувати команду Перетворення об'єктів, виділивши при цьому початковий ескіз Воронки, побудований в площині Зверху.



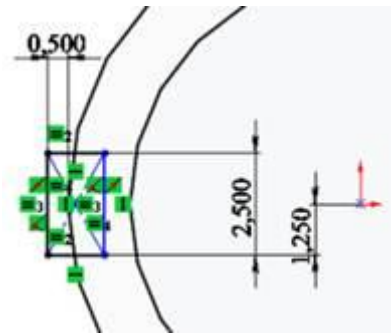
22. За допомогою інструменту Витягнута бобишка побудуйте Обод товщиною 1,5 мм.

23. Для вигину нижньої кромки Обода необхідно створити ескіз: півколо діаметром 1,5 мм, і за

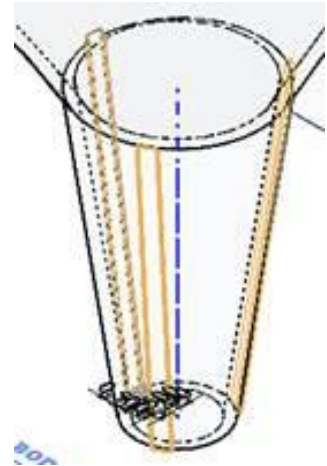
допомогою інструменту Бобишка по траєкторії створити елемент Крайка. Для створення ескізу необхідно ввести нову Довідкову площину кромки, перпендикулярну траєкторії створюваного елемента. У якості напрямку траєкторії слід використовувати крайку обода.



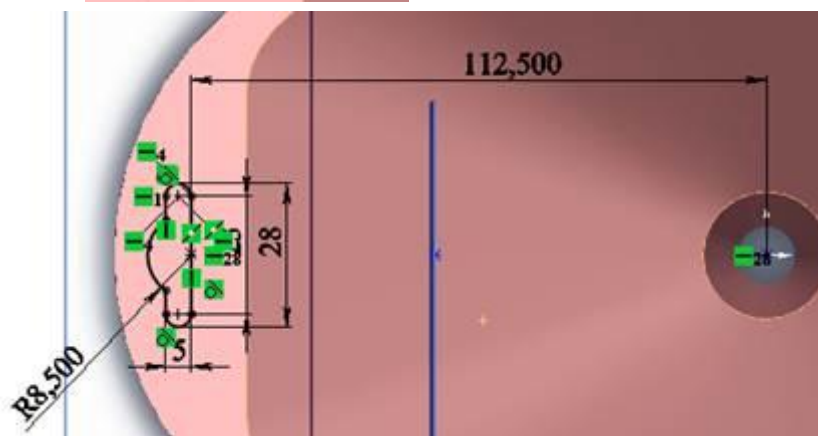
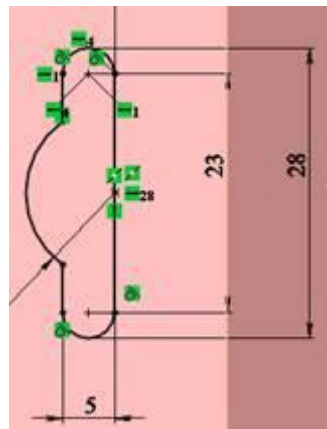
24. Створити на шийці Воронки 3 ребра. Для цього необхідно в основі горлечка створити профіль Ребра з вказаними розмірами. Потім інструментом Бобишка по траєкторії створити Ребро, використовуючи в якості напрямку траєкторії відрізок прямої, виконаний на внутрішній поверхні горлечка. Для створення такої траєкторії слід за допомогою інструменту Лінія накреслити відрізок на внутрішній поверхні горлечка і додати взаємозв'язок Точка пронизування .



25. Для створення двох інших ребер використовуйте інструменти Круговий масив і підключені Тимчасові осі.



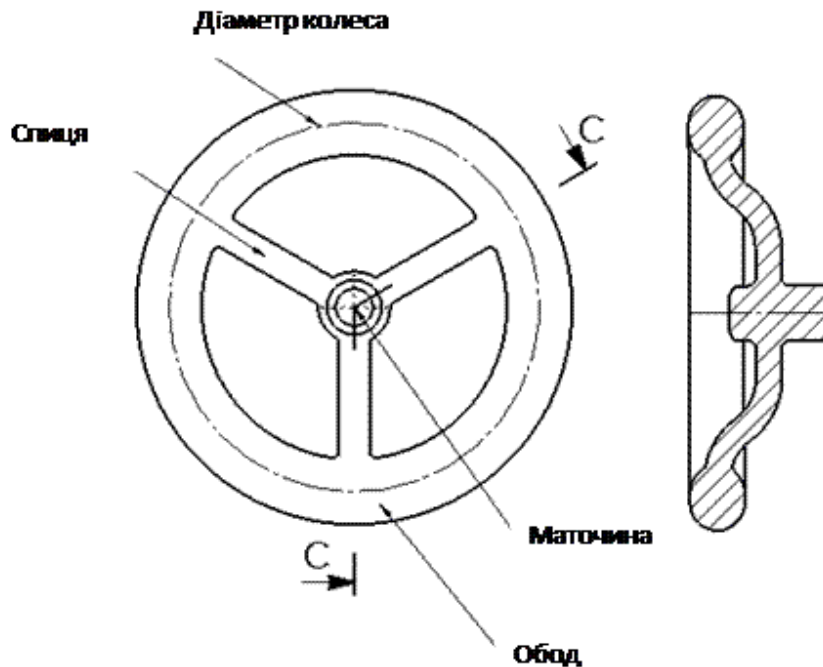
26. Виконайте Витягнутий виріз Наскрізь в Ободі, створивши попередньо ескіз в площині Обода по пропонованих розмірах.



27. Скориставшись інструментом Зовнішні види, надайте бажаний колір Воронці, збережіть і закрийте документ.

Лабораторна робота №6. Створення тіл обертання та тіл по траєкторії САПР SolidWorks

Хід роботи



1. Проаналізуйте деталь «Рульове колесо»: центром деталі є «Маточина», що є поверхнею обертання; друга деталь також представляє поверхню обертання і співвісним «маточини» - «Обод»; перші дві деталі будуть створені за допомогою операції «Повернута бобишка»; «Маточину» і «Обод» об'єднують три «Спиці», які необхідно побудувати за допомогою команди «Бобишка по траєкторії»

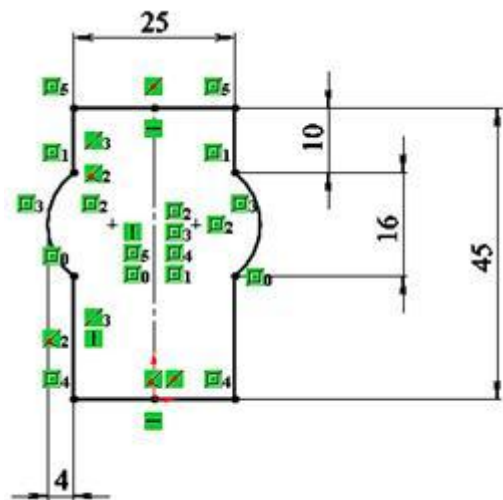
2. Створіть документ Деталь. Збережіть документ під назвою «Рульове колесо». Для створення Маточини виберіть праву площину: Справа.

3. З початку координат створіть прямокутник з розмірами 50x30 мм за допомогою команди Кутувий прямокутник .



- Після чого виділіть праву вертикальну сторону і натисніть Допоміжна геометрія. Тип лінії зміниться: суцільна товста лінія стане штрихпунктирною.
- Побудуйте на лівій стороні прямокутника дугу за допомогою команди Дуга через три точки , а потім відсічіть непотрібні відрізки інструментом Відсікти об'єкти .

6. За допомогою інструменту Дзеркально відобразити об'єкти можна відобразити об'єкти щодо лінії симетрії з метою скорочення часу на побудову таких же об'єктів.
7. Виконайте простановку розмірів відомим інструментом Автоматичні-дещо нанесення розмірів .
8. Ескіз «Маточини» буде повністю визначений. Завершіть виконання ескізу: ОК. Вийдіть з ескізом і перейдіть на панель Елементи для створення Повернути бобишки .
9. Для проставляння розміру від дотичній до дуги до вертикальної лінії слід:
 - Вибрати інструмент Автоматичне нанесення розмірів і при клавіші Shift вказати на дугу і вертикальну лінію;
 - При клавіші Shift вибирається не центр дуги, а кромка.

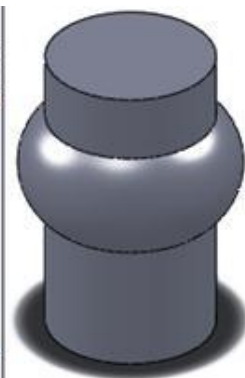
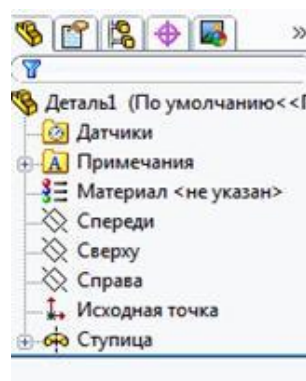


10. За допомогою інструменту Повернута бобишка , Розташованої на панелі інструментів Елементи. У Дереві конструювання (Feature Manager) вкажіть осьову лінію, щодо якої ескіз при повороті на 360°, утворює тіло поверхні обертання.

11. Цьому елементу в Дереві конструювання надайте ім'я «Маточина».

12. Вимоги до ескізу:

- Осьова лінія або лінія ескізу повинна бути виконана штрихпунктирною: тип лінії - Осьова лінія;
- Ескіз не повинен перетинати вісь і не повинен бути розімкненим.



13. Виконайте скруглення двох ребер (кромки) радіусом 5 мм інструментом Округляє .

14. «Обод» «Рульового колеса» створюється за допомогою інструменту Повернута бобишка шляхом повороту на 360° профілю «Обода».

15. Для цього в площині Праворуч необхідно створити ескіз профілю «Обода» з використанням інструменту Пряма проріз через центральну точку .



16. Побудуйте Осьову лінію По вертикалі і Безконечної довжини.

17. Виконайте простановку необхідних розмірів. Ескіз стане повністю визначений. Закрийте ескіз і перейдіть на панель інструментів Елементи.

18. За допомогою інструменту Повернута бобишка шляхом повороту на 360° профілю виконайте побудову «Обода», після чого в Дереві конструювання необхідно присвоїти цьому елементу ім'я «Обод».

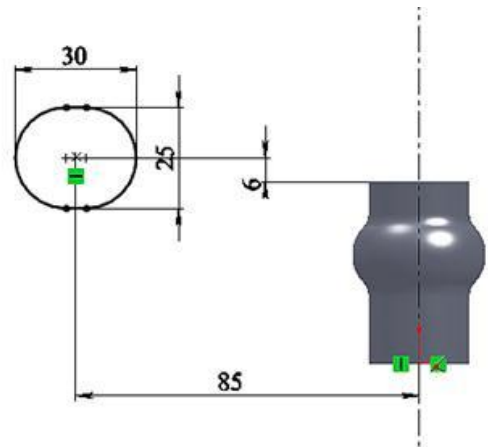
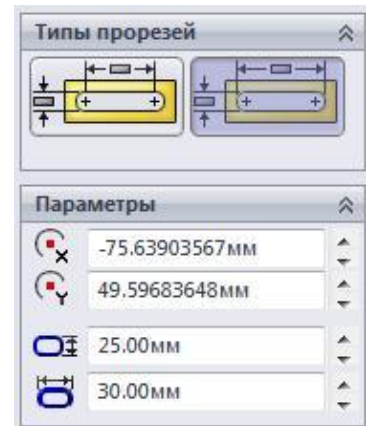
19. За допомогою елемента «Спиця» раніше побудовані «Маточина» і «Обод» будуть об'єднані в єдиний твердотільний об'єкт.

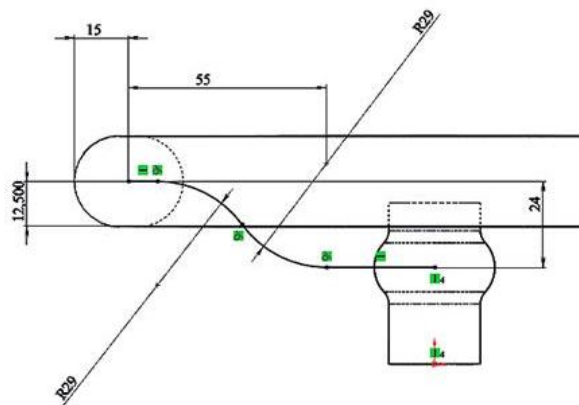
20. Для цього необхідно в площині Праворуч створити ескіз траєкторії «Спиці», а в площині Спереду, перпендикулярній до площини Праворуч, виконати ескіз профілю «Спиці». Після чого інструментом Бобишка по траєкторії створити елемент «Спиця».

21. Ескіз траєкторії представлений двома відрізками прямий і двома дотичними дугами. Створіть у площині Праворуч ескіз:

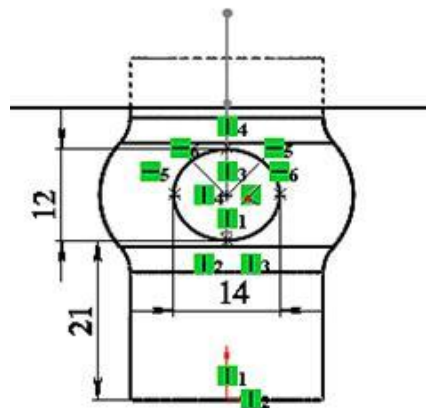
- Проведіть нижній відрізок за допомогою інструменту Лінія ;
- Створіть першу дотичну дугу за допомогою команди Дотична дуга , Починаючи побудова з останньої точки нижнього відрізка;
- Далі, чи не скасовуючи команди Дотична дуга, в тому ж напрямку виконайте другу дотичну дугу;
- З крайньої точки другої дуги проведіть верхній відрізок;
- Перетягніть ліву кінцеву точку верхнього відрізка на точку, що належить ескізом «Обода»;
- Виконайте аналогічну операцію з нижнім відрізком;
- Виконайте простановку необхідних розмірів;
- Ескіз стане повністю визначеним.

22. Вийдіть з ескізу.

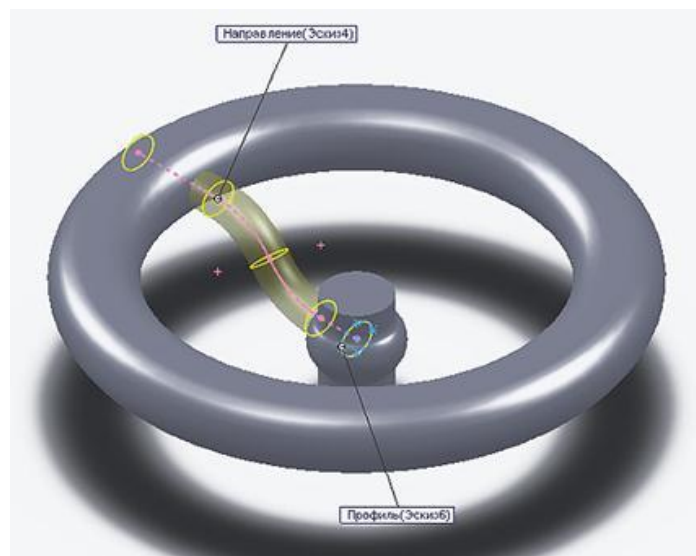




23. Для створення профілю «Спиці» використовуйте площину Спереду. Створіть новий ескіз з використанням інструменту Еліпс з розмірами осей 12 і 14 мм. Центр еліпса повинен збігатися з крайньою точкою раніше побудованої траєкторії «Спиці». Після проставлення необхідних розмірів ескіз буде повністю визначений. Вийдіть з ескізу.



24. На панелі інструментів Елементи виберіть команду Бобишка по траєкторії. За допомогою цієї команди, визначивши в Дереві конструювання (Feature Manager) ескізи траєкторії і профілю буде виконано побудову «Спиці».

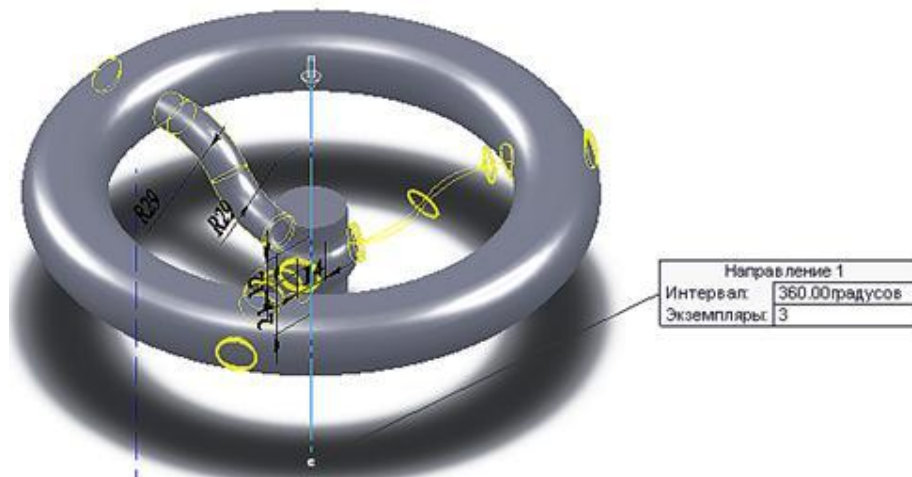


25. Для створення 2-х «Спиць» скористаємося інструментом Круговий масив.

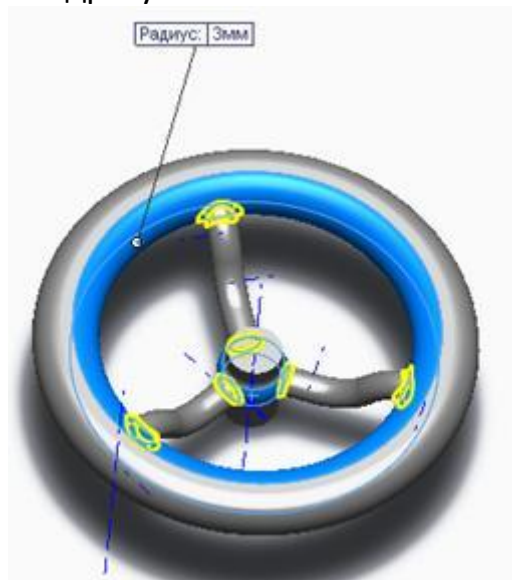
26. До команди Круговий масив можна звернутися через Головне меню: Вставка ⇒ Масив / Дзеркало ⇒ Круговий масив або через інструмент, розташований на панелі Елементи:

27. Перед тим, як будуть створені додатково дві «Спиці», необхідно відобразити Тимчасові осі, які слід зробити активними, підключивши їх у вкладці Вид на Головному меню.

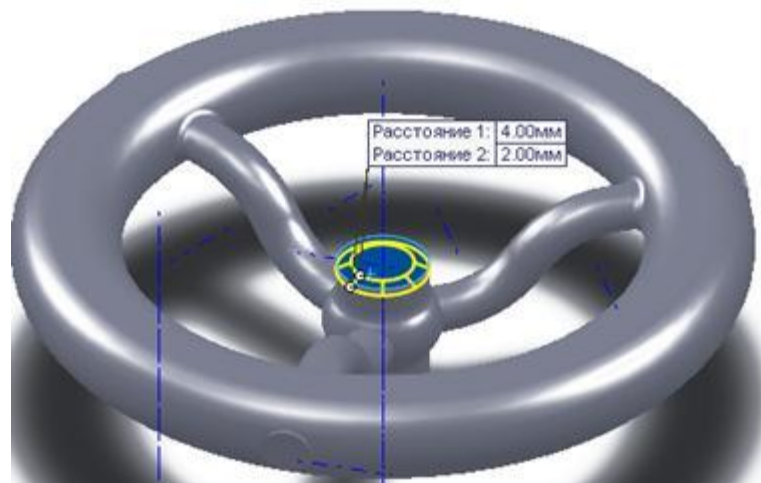
28. У Дереві конструювання (Feature Manager) вкажіть: копіювати елементи - Спиця; реверс напрямку - центральну тимчасову вісь; кількість примірників - 3, розташованих з рівним кроком. Натисніть - ОК для створення об'єктів.



29. Для того, щоб додати скруглення шести крайок, необхідно при виконанні команди Округляє виділити дві грані «Обода» і «Маточини», з якими перетинаються «Спиці». Таким чином, відбудеться скруглення радіусом 3 мм всіх 6-ти крайок відразу.

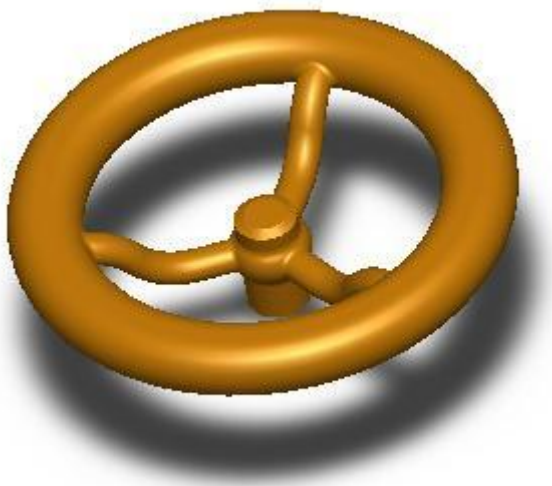


30. Виконайте Фаску розміром 4x2 мм на елементі «Маточина»:



31. Завершіть виконання «Рульового колеса» вибором матеріалу і кольору деталі, скориставшись параметром Зовнішні види . Для вибору кольору слід у вкладці Стандартні: Колір встановити бажаний колір, а у вкладці Додатково можна знайти характерну для проєктованого об'єкта структуру:

32. За допомогою параметра Сцена можна задати фон, на якому буде представлений об'єкт. Використовуючи додаток PhotoView, як і в попередньому прикладі, можна надати деталі фотореалістичний вигляд. Збережіть і закрийте документ.



Лабораторна робота №7. Створення моделі зварного виробу в САПР SolidWorks

Хід роботи

Створення документа нової деталі:

1. Для створення нової деталі натисніть кнопку «Створити» на панелі інструментів або виберіть «Файл, створити». З'явиться діалогове вікно «Новий документ SolidWorks».
2. Відкрийте вкладку «Tutorial» і виберіть значок «Деталь».
3. Натисніть «ОК». З'явиться вікно нової деталі.

Створення тривимірною ескізу:

1. Щоб створити тривимірний ескіз виберіть «Вставка, 3D ескіз».
2. У дереві конструювання виберіть площину «Зверху», виберіть настройку виду «Зверху» і намалюйте прямокутник у відповідності з вашим варіантом (див. табл. 7.1). Створіть взаємозв'язок короткої сторони з віссю Z, тоді ескіз стане певним.
3. У дереві конструювання виберіть площину «Зліва»; для зручності виберіть настройку виду «Спереду» і намалюйте прямокутник у відповідності з даними вашого варіанта (див. табл. 7.1). Додайте взаємозв'язок для вертикальних ліній «Вертикаль» (рис. 7.1).
4. Натисніть на ліву кнопку миші і, переміщуючи покажчик вертикально вгору, намалюйте багатокутник, поруч з покажчиком відобразиться радіус вписаного кола і кут, який повинен бути рівний 90°. Відпустіть ліву кнопку миші (рис. 7.2).

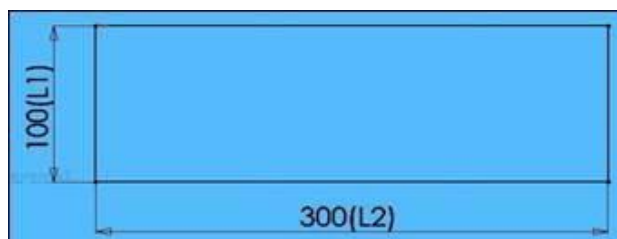


Рисунок 7.1 – Прямокутник

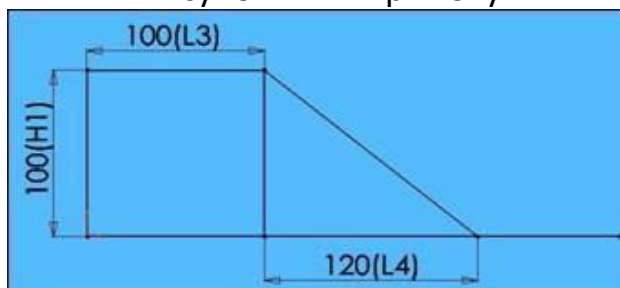


Рисунок 7.2 – Ескіз фронтальної частини

5. У дереві конструювання виберіть площину «Front» і створіть Площина 3. У графі «Відстань» вкажіть 100 мм (рис. 7.3).

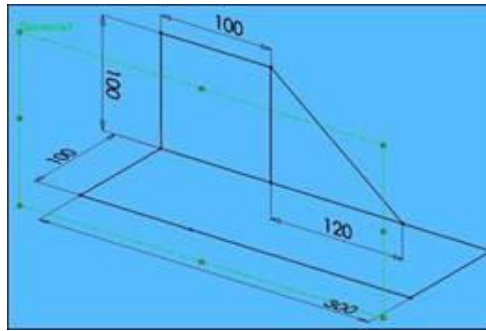


Рисунок 7.3 – Створення площині

6. Виберіть Площина 3 і намалюйте на ній лінії, діючи таким чином, як було зазначено в пункті 4.

7. Проведіть горизонтальні лінії, що з'єднують ескізи площині «Front» і Площини 3 (рис. 7.4).

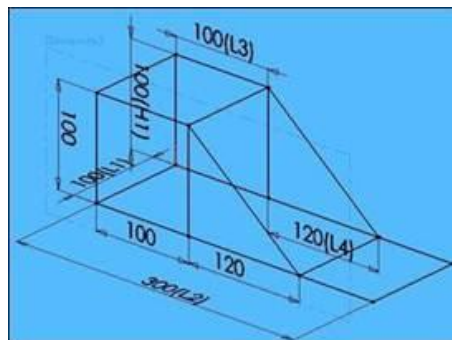


Рисунок 7.4 – Готовий ескіз

Застосування профілю:

1. Виберіть «Вставка» Зварювані деталі» Конструкція» На панелі «Конструкція» виберіть наступні параметри і вкажіть лінії нижньої основи, спрямовані паралельно осі X (мал. 7.5).

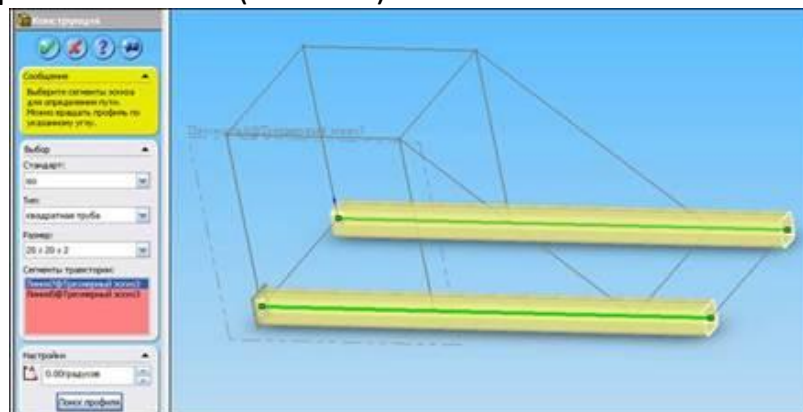


Рисунок 7.5 – Конструкція основи

2. Виберіть «Вставка» Зварювані деталі» Конструкція» і вкажіть лінії верхнього підстави, при цьому в полі «Налаштування» виберіть обробку кутів так, як показано на рис. 7.6.

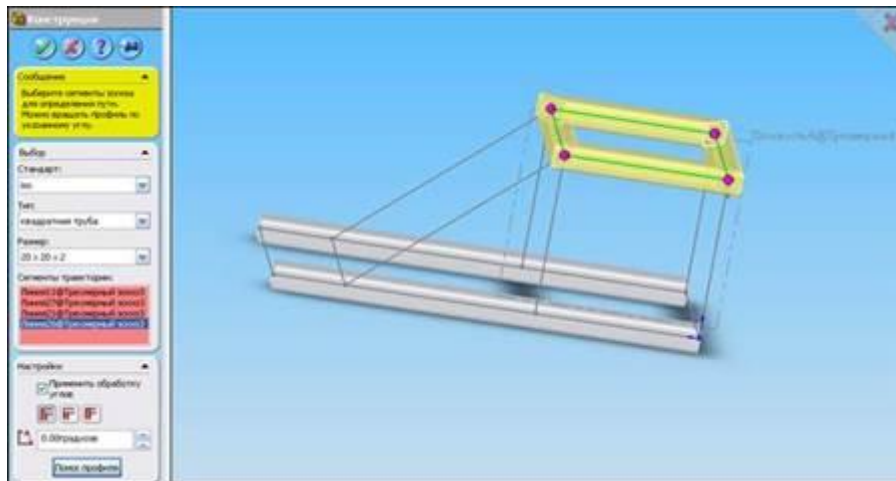


Рисунок 7.6 – Конструкція верхньої основи

3. Виберіть «Вставка» Зварювані деталі» Конструкція» і вкажіть вертикальні лінії.

4. Виберіть «Вставка» Зварювані деталі» Конструкція» і вкажіть похилі лінії.

5. Виберіть «Вставка» Зварювані деталі» Конструкція» і вкажіть горизонтальні лінії. Повинна вийти така конструкція, як показано на рис. 7.7.

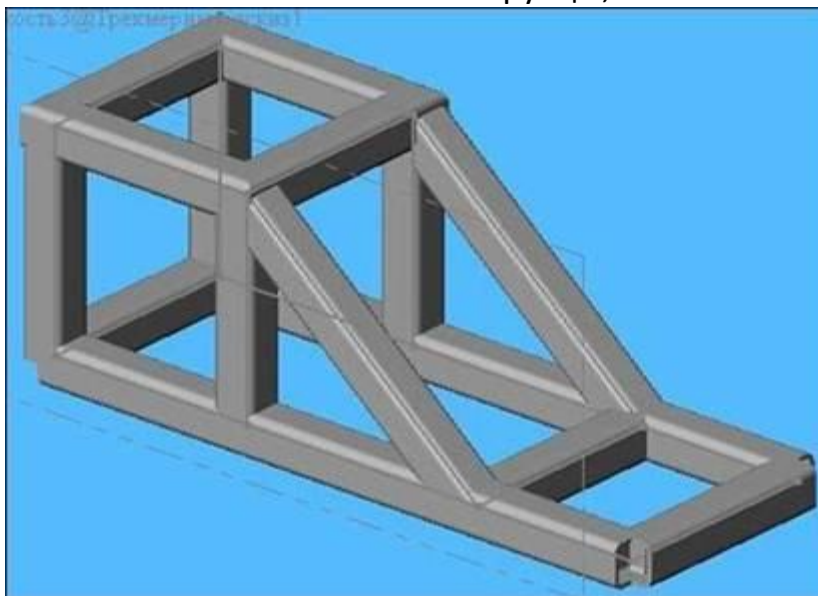


Рисунок 7.7 – Конструкція деталі

Обробка кутів із застосуванням торцевих пробок:

1. Виберіть грань так, як показано на рис. 7.8.

2. Виберіть «Вставка» Зварювані деталі» Торцева пробка» і вкажіть параметри, діючи таким чином, як показано на рис. 7.9.

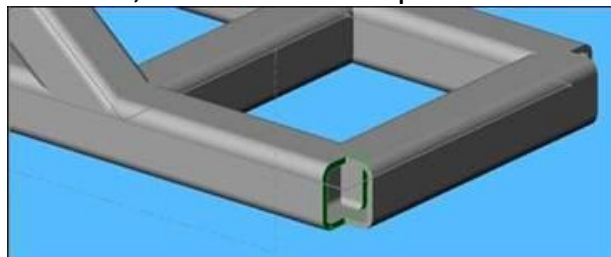


Рисунок 7.8 – Грань кута

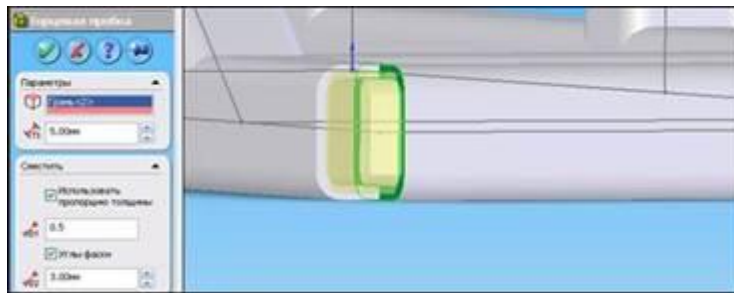


Рисунок 7.9 – Торцева пробка

3. Обробіть всі кути, для яких необхідно це виконати.

Збільшення жорсткості за допомогою кутових з'єднань:

1. Виділіть грані, зазначені на рис. 7.10, виберіть «Вставка> Зварювані деталі> Кутове з'єднання», вкажіть параметри, вказані на рис. 7.10. Розміри d_1 і d_2 проставте за своїм варіантом (див. табл. 7.1). Обробіть всі чотири кути (рис. 7.10).

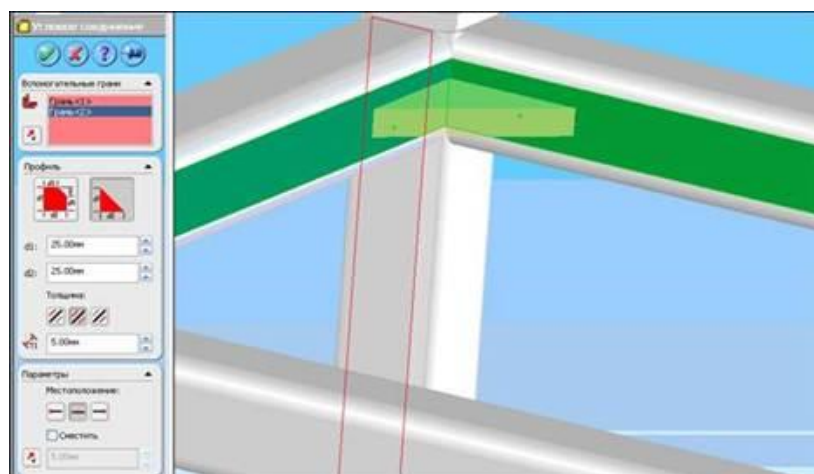


Рисунок 7.10 – Створення кутових з'єднань

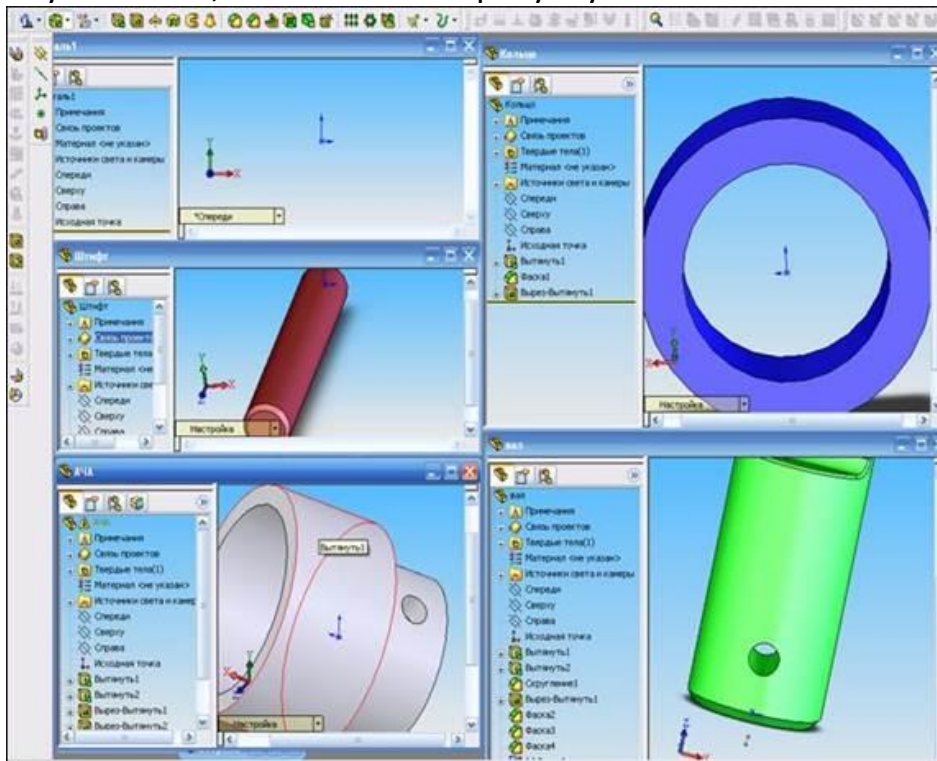
Таблиця 7.1

Варіант	Вихідні дані						
	L1	L2	L3	L4	H1	d1	d2
1	100	300	100	120	100	25	25
2	105	305	105	125	105	26	26
3	110	310	110	130	110	27	27
4	115	315	115	135	115	28	28
5	120	320	120	140	120	29	29
6	125	325	125	145	125	30	30
7	130	330	130	150	130	31	31
8	135	335	135	155	135	32	32
9	140	340	140	160	140	33	33
10	145	345	145	165	145	34	34
11	150	350	150	170	150	35	35
12	155	355	155	175	155	36	36
13	160	360	160	180	160	37	37
14	165	365	165	185	165	38	38
15	170	370	170	190	170	39	39

Лабораторна робота №8 «Створення складальних одиниць в САПР SolidWorks»

Хід роботи

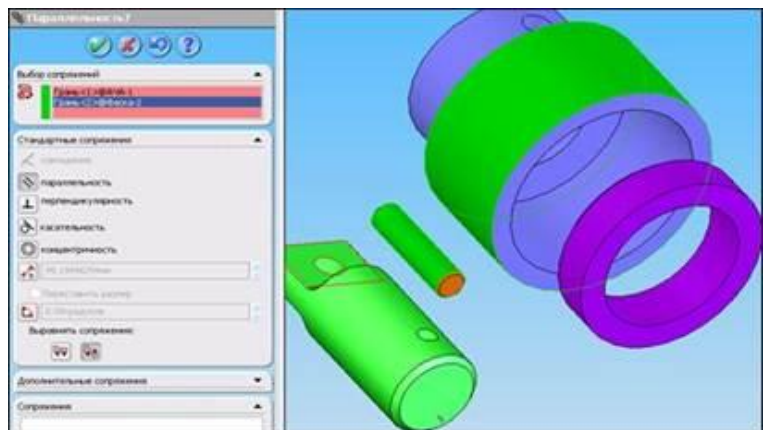
1. У пункті меню «Файл» виберіть «створити».
2. У діалоговому вікні виберіть шаблон «Збірка».
3. Не закриваючи вікна збірки послідовно відкрийте файли деталей: «Вал», «Корпус», «Кільце», «Штифт».
4. Натисніть на пункт меню «Вікно -> Показати вікна зверху вниз». Вікна розташуються так, як показано на рисунку.



5. Перетягніть черзі кожну деталь у вікно збірки. Закрийте вікна деталей і розгорніть вікно збірки на весь екран.
6. Вікно збірки тепер містить всі 4 деталі (див. рисунок) і їх назви відображаються в дереві конструювання.

7. На панелі інструментів «Збірка» натисніть кнопку «Умови сполучення» (з зображенням скріпки). Відкриється діалог «Сполучення».

8. Робота з сполученнями в чому схожа на установку взаємозв'язків, і використовує подібні методи, такі як «концентричність», «паралельність», «збіг» та інші.



9. Зовнішній вигляд діалогу «Сполучення» зображений на рисунку.
10. Виберіть зовнішню поверхню кільця і внутрішню поверхню корпусу (див. малюнок).

11. Призначте взаємозв'язок «концентричність» і натисніть кнопку «ОК». Ви побачите як кільце переміститься і встане над або під корпусом.

12. Знову натисніть кнопку «Умови сполучення».

13. Виберіть верхню площину кільця і верхню площину корпусу так, як показано на рисунку.

14. Задайте взаємозв'язок «Збіг» і натисніть кнопку «ОК». Кільце переміститься всередину корпусу.

15. Натисніть кнопку «Умови сполучення».

16. Переверніть збірку так, щоб було зручно вибрати внутрішні поверхні отворів у вузькій частині корпусу і в широкій частині валу.

17. Задайте взаємозв'язок «концентрично» і натисніть кнопку «ОК». Вал переміститься так, що отвори стануть концентричними.

18. Натисніть кнопку «Умови сполучення».

19. Виберіть зовнішню поверхню валу і внутрішню поверхню отвори в корпусі, як показано на рисунку.

20. Задайте взаємозв'язок «концентрично» і натисніть кнопку «ОК». Вал переміститься всередину корпусу.

21. Натисніть кнопку «Умови сполучення».

22. Виберіть внутрішню поверхню отвори в корпусі і зовнішню поверхню штифта як показано на рисунку.

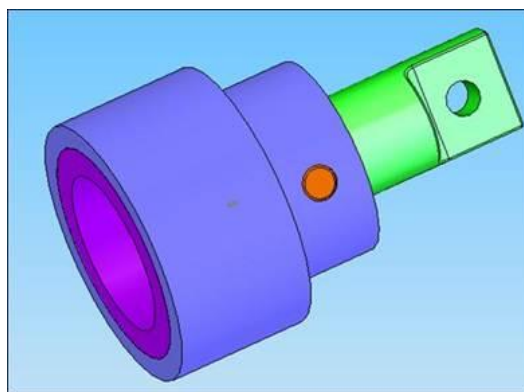
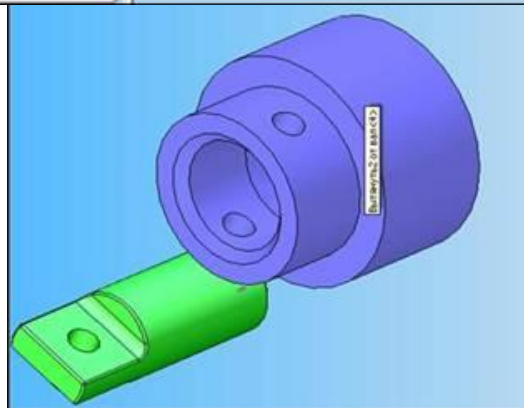
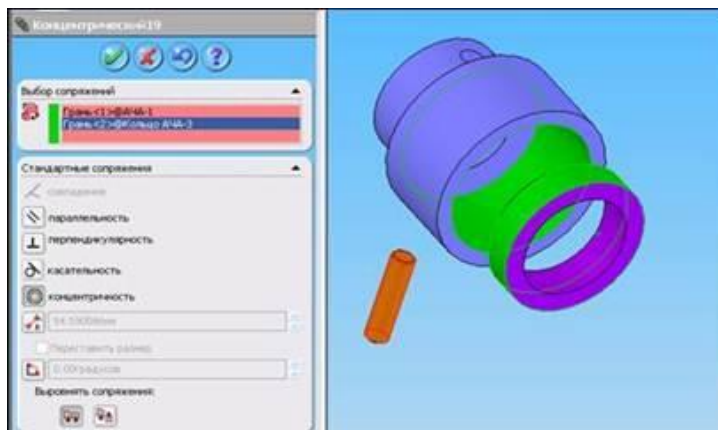
23. Задайте взаємозв'язок «концентрично» і натисніть кнопку «ОК».

24. Натисніть кнопку «Умови сполучення».

25. Виберіть зовнішню поверхню верхньої частини корпусу і торцеву поверхню штифта.

26. Задайте взаємозв'язок «Відносно» і натисніть кнопку «ОК». Штифт переміститься всередину корпусу.

27. Створення збірки завершено.



Лабораторна робота №9 «Моделювання кінематики складальної одиниці в САПР SolidWorks»

Хід роботи

Відкриття моделі та дослідження руху

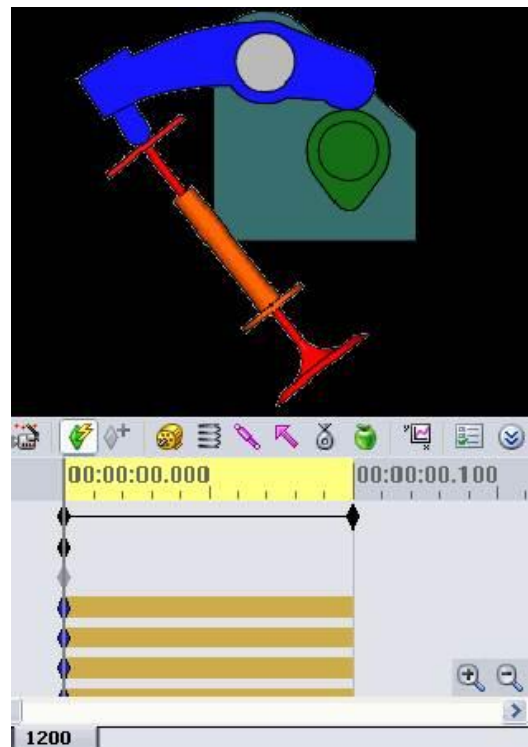
1. Виберіть Інструменти, Програми.
2. Виберіть SolidWorks Motion і натисніть ОК.
3. Завантажте файл прикладу збірки Valve_Cam.sldasm (файл знаходиться в папці C: \ Program Files \ SolidWorks Corp \ SolidWorks \ samples \ tutorial \ motionstudies \).

Можна запустити дослідження руху з вкладки дослідження руху, продублювати дослідження руху або створити нове дослідження руху.

4. Виберіть вкладку 1200.

MotionManager відобразиться під графічною областю.

5. Виберіть Аналіз руху в списку Тип дослідження.



Розрахунок руху

Можна розрахувати рух у збірці залежно від обраного Вами типу дослідження.

Натисніть Обчислити (Панель інструментів MotionManager), щоб запустити моделювання Motion Analysis.

Відображення граней, що контактують

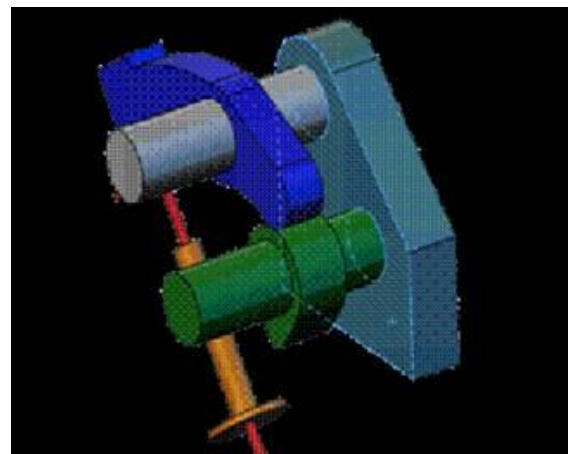
Після розрахунку руху можна створити епюру результатів. Перед цим можна обертати модель для відображення точок контакту. Це спрощує процес вибору контактують граней для створення епюри сил, що діють на них.

1. Виберіть Обертати вид і поверніть модель для відображення контакту між стрижнем кулачка і гранями шатуна.

3. Виберіть Обертати вид ще раз, щоб припинити обертання моделі.

Створення епюри сил контакту в Дослідженні руху

Можна вибрати точки контакту на



моделі і створити епюри різних результатів моделювання руху..

1. Виберіть Результати та епюри (Панель інструментів MotionManager).

З'явиться вікно PropertyManager Результати.

2. У вікні PropertyManager Результати виберіть:

a. Сили в якості Категорії.

b. Сила контакту в полі Підкатегорія.

c. Величина в поле Результуючий компонент.

3. Виберіть компоненти, що контактують:

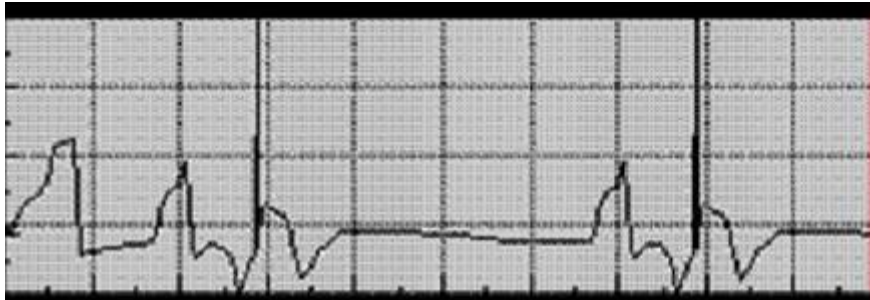
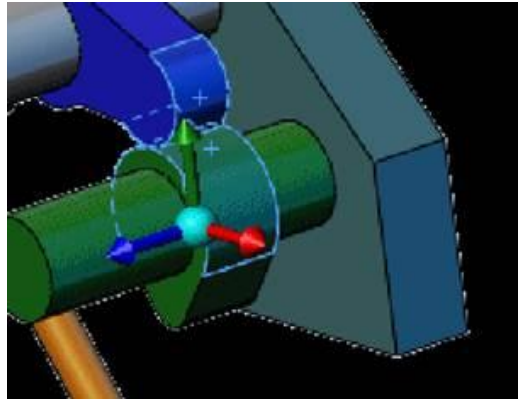
a. Натисніть в полі Вибір компонентів (PropertyManager Результати):

b. Виберіть грань на шатуні і грань на стрижні кулачка, де відбувається контакт (графічна область).

4. Підтвердіть вибір

У графічній області відображається

епюра, і папка Результати додається в дерево конструювання MotionManager.



Величина сили контакту між шатуном і стрижнем кулачка (Ньютонів) на час (сек)

Дублювання дослідження руху

Можна аналізувати результати збільшення швидкості двигуна шляхом створення дослідження руху, схожого з щойно створеним, але із зміненими параметрами моделювання.

1. Натисніть правою кнопкою миші на вкладку 1200 в лівій нижній частині графічного вікна і виберіть Дублювати.

2. Натисніть правою кнопкою миші на вкладку нового Дослідження руху і виберіть Перейменувати.

3. Надайте новій вкладці ім'я 2000.

Зміна налаштувань двигуна

1. Якщо необхідно, перемістіть шкалу часу на позначку 0.0 секунд.

2. Натисніть правою кнопкою миші на RotaryMotor2 (Обертвий двигун2) в дереві конструювання MotionManager і виберіть параметр Редагувати елемент.

3. У вікні Двигун PropertyManager (Менеджера властивостей) у розділі Рух змініть швидкість двигуна на 2000 об. / хв ..

4. Натисніть кнопку ОК.

Повторний розрахунок руху і результатів

1. Виберіть Збільшити вид (Нижній правий кут MotionManager) кілька разів, щоб збільшити вид тимчасової шкали.

2. Натисніть на кнопку Обчислити (Панель інструментів MotionManager).

Моделювання розраховується для швидкості двигуна 2000 об / хв.

3. Еюра результату, створена для дослідження руху 1200 , оновлена для дублюючого дослідження.

Величина сили контакту між шатуном і стрижнем кулачка (ньютон) на час (сек)

Якщо сила контакту за певний час дорівнює нулю, еюра сигналізує, що пружина недостатньо міцна для підтримки більш високої швидкості руху (об. / Хв.).

Під час дослідження руху балансир втрачає контакт з кулачковим валом.

Двигун працює занадто швидко. Можна змінити пружину для контролю над двигуном.

Не перекривайте еюру під час виконання наступних кроків.

Зміна пружини

1. Натисніть правою кнопкою миші на LinearSpring2 (Лінійна пружина2) (дерево конструювання MotionManager) і виберіть Редагувати елемент.

2. Змініть Коефіцієнт пружності пружини на 10,00 Н / мм.

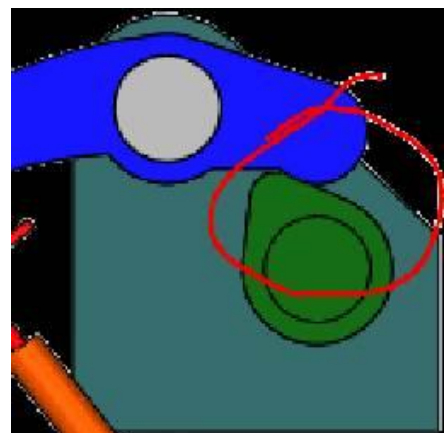
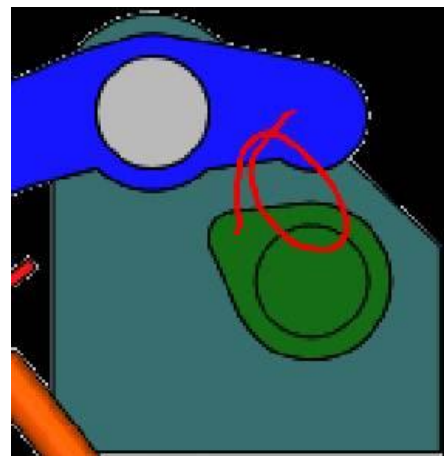
3. Натисніть ОК

4. Натисніть Обчислити.

5. Еюра сил контакту автоматично оновлюється.

Щоб відкрити еюру після її закриття, розгорніть папку Результати (дерево конструювання MotionManager), натисніть правою кнопкою миші на еюру і виберіть Відобразити еюру.

За еюрами швидкості і сили контакту можна визначити, чи контактує балансир з кулачковим валом.



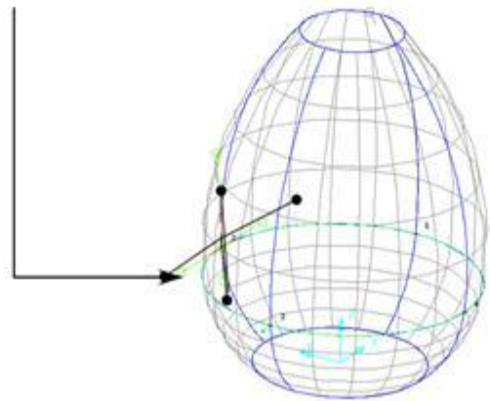
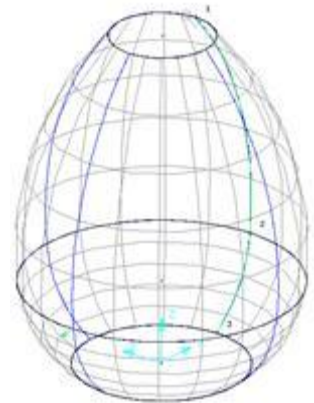
Лабораторна робота №10 «Створення каркасних моделей в PowerSHAPE»

Хід роботи

Основне тіло пляшки буде створено з 3 латералів. Інші частини буде додано пізніше.

Створення головної секції

1. Створіть систему координат у точці 0 0 0 і встановіть ізометричний вигляд.
2. Створіть коло будь-якого радіусу в точці 0 0 0.
3. Редагуйте коло так, щоб радіус став 15 мм, а центр 0 0 100.
4. Створіть друге коло радіусом 40 мм з центром 0 0 25.
5. Створіть третє коло радіусом 25мм з центром на початку координат.
6. Тепер по 3 колах створіть поверхню.
7. Виберіть поверхню, нормаль повинна бути спрямована всередину, якщо це не так - реверсуйте її.
8. Тепер треба, щоб ширина центрального латералу була 60 мм, але тільки в одному напрямку.
9. Двічі клацніть по другому латералі, при цьому з'явиться панель редагування кривої. В панелі повинна бути обрана curve 2. Якщо це не так, то виберіть її зі списку, натиснувши стрілочку вниз. Виберіть точку 2 з випадаючого меню, вона буде підсвічена і з'являться дотичні вектори.
10. Викличте форму завдання позиції.
11. Замініть Workspace на Workplane щоб показати позицію точки 2 щодо активної системи координат.
12. Задайте Y рівним 30 мм і заповніть форму.
13. Координату Y точки 4 цього ж латерала зробіть -30.
14. Пообертайте поверхню щоб переконатися, що з'явилися деякі негладкості. Щоб цього не було, треба згладити дотичні.
15. Виберіть всі латерали (для цього є спеціальна кнопка «Всі криві обраного напрямку» в панелі редагування кривої) і натисніть іконку редагування дотичних (у панелі редагування точки).
16. У формі, що з'явилася треба натиснути кнопки «Звільнити» і для напрямку і для магнітуд спочатку при положенні перемикача «Уздовж кривої», а потім і «Поперек кривої».



17. Заповніть форму, підтвердивши зміни. Модель повинна виглядати як показано.

Верх пляшки

1. З верхнього латерала створіть кришку (як обмежену поверхню).

2. Погасіть (Blank) основну поверхню і виберіть поверхню-кришку. Нормаль у неї повинна бути спрямована по осі Z.

3. Створіть будь-яке коло на початку координат і редагуючи її задайте радіус 7.5 мм і центр 0 0 99.

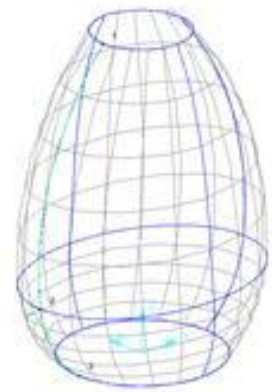
4. Перетворіть коло в композитну криву і створіть поверхню витяжки на 26 мм по осі Z.

5. Конвертуйте її в керовану поверхню. Контролюйте нормаль, вона повинна бути назовні.

6. Створимо скруглення між кришкою і циліндром. Вимкніть шар із дрововими об'єктами і виберіть 2 поверхні.

7. Створіть поверхню скруглення. Задайте радіус 1 мм і заповніть першу і другу форми.

8. Відобразіть (Unblank) поверхні.



Основа

Спочатку на дні створимо кришку, скруглимо її з корпусом і додамо сферичний і циліндричний вирізи зі скругленням.

1. З нижнього латерала тіла пляшки створіть кришку.

2. Спрямуйте нормалі обох поверхонь всередину і створіть скруглення радіусом 6 мм.

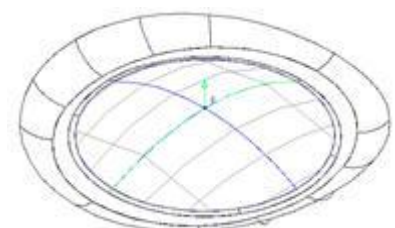
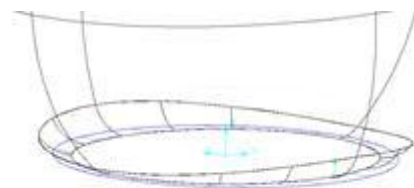
3. Межа на кришці скоріш за все буде кільцевою (як показано на рисунку). Виправимо це.

4. Викличте панель редагування границь з меню «Інструменти». При появі панелі границі на поверхні підсвітяться синім.

5. Перейдіть на редагування п-кривих, виберіть зовнішню криву і видаліть її (з панелі інструментів або просто кнопкою Delete на клавіатурі). Разом з п-кривою зникла і зовнішня межа, тому її можна заново не створювати, а просто реверсувати існуючу.

6. Створіть сферу радіусом 40 мм в точці 0 0 -35.

7. Конвертуйте її, нормаль у неї буде назовні, оскільки поверхня створена з примітиву.



8. Погасіть всі поверхні крім сфери та нижньої кришки і створіть скруглення радіусом 2мм.

9. Якщо сфера обрізалася неправильно, треба через панель редагування реверсувати границю.

10. Далі, створіть циліндр радіусом 4 мм уздовж осі X довжиною 100 мм в точці 0 0 -2.

11. Конвертуйте його.

12. Зараз ми створимо скруглення радіусом 1.5 мм між двома списками поверхонь.

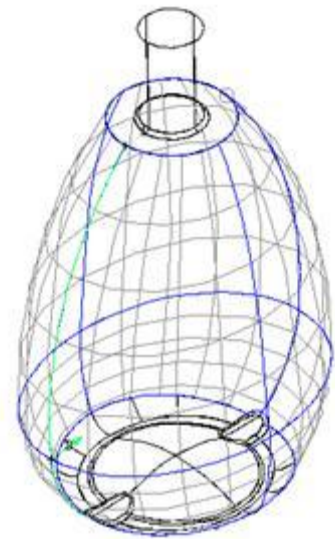
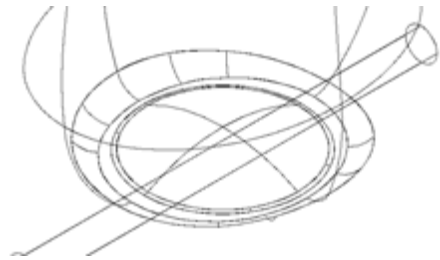
13. Виберіть 3 поверхні, які утворюють дно пляшки (тіло, кришку і скруглення) і викличте форму створення скруглення.

14. Увімкніть прапорець «Другий список» (Secondary) і виберіть циліндр, він підсвітиться рожевим.

15. З'явиться ще одна форма (Fillet Route form) і підсвітяться місця можливого існування заокруглень (направляючі).

16. Виберіть одне з них і натисніть «Виконати», потім друге - і знову «Виконати».

17. Закрийте форму.Наша модель закінчена.



Лабораторна робота №11 «Створення складних поверхонь в PowerSHAPE»

Хід роботи

1. Створіть у центрі ЛСК тор, у якого $R_{\text{мал.}} = 15\text{мм}$, $R_{\text{вел.}} = 185\text{мм}$.

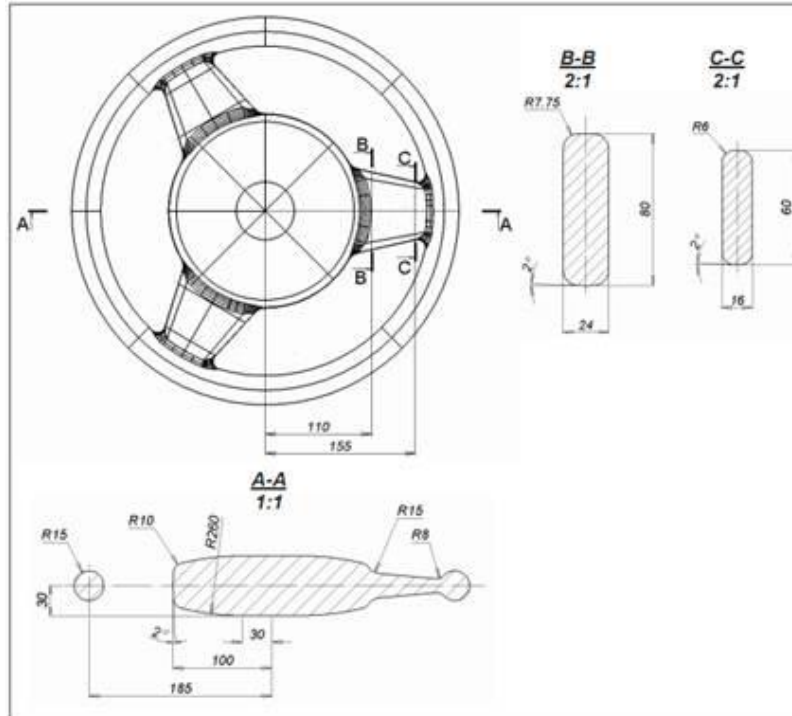


Рисунок 11.1 – Креслення колеса

2. У перерізі A-A побудуйте композитну криву для формування центральної частині рульового колеса методом обертання (рис. 11.2а). У процесі моделювання контуру рекомендуємо використовувати дзеркальне відображення його половини. Будь уважні, в складі даного контура є дуга радіусом 260мм, центр якої фіксується від кінця прямої лінії.

3. Створіть композитні криві по перерізах B-B і C-C. Дані контури будуть утворюючими для побудови поверхні з роздільних кривих (рис. 11.2б).

4. Використовуючи опцію «Обмежити до точки» на загальній панелі редагування, виконайте продовження даної поверхні до повного перетину з тором і центральною частиною рульового колеса.

5. Скопіюйте двічі отриману поверхню навколо осі Z з кутовим кроком 120° , після чого скругліть елементи необхідними радіусами. У результаті ви отримаєте модель відповідну до вихідного креслення (рис. 11.2в).

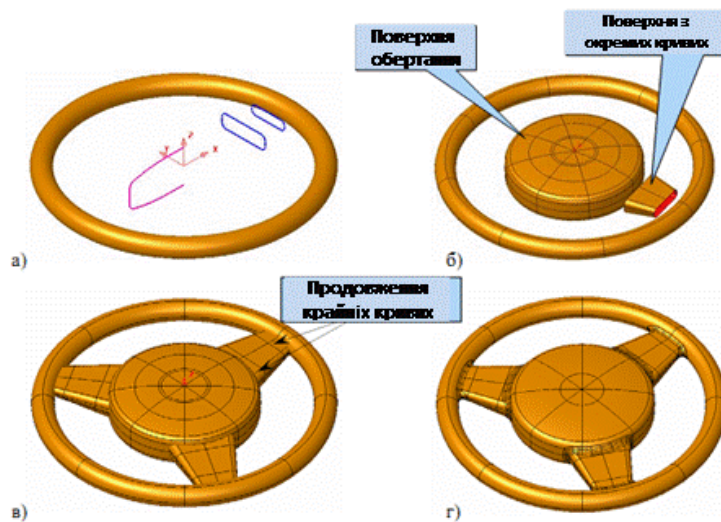


Рисунок 11.2 – Етапи побудови моделі

6. Ускладнимо модель рульового колеса. З практичної точки зору, на його тильній стороні необхідно передбачити гофровані виступи. Для утворення хвилястості скористаємося можливістю системи переміщати опорні точки поверхні.

7. Конвертуйте тор в складну поверхню і, використовуючи опцію «Додати криву» на панелі редагування поверхонь, додайте з рівномірним інтервалом проміжні латерали так, щоб їх загальна кількість становила 32 одиниці (рис. 11.3).

8. Використовуючи опцію «Вибір масиву точок» (рис. 11.3) виділіть всі опорні точки з порядковим номером 4 на кожній другій поперечній кривій і, включивши опцію «Редагувати компонент» на загальній панелі редагування, перемістіть їх на (0 0 -7).

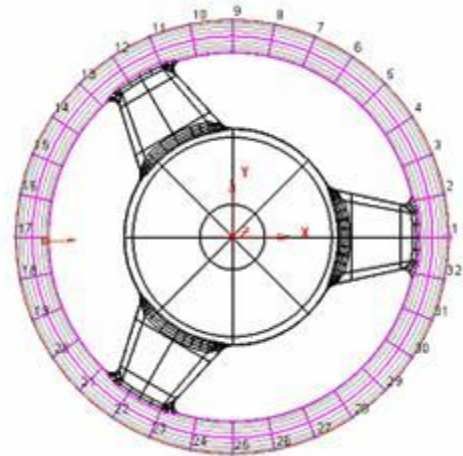


Рисунок 11.3 – Додавання поперечних кривих до поверхні

9. У результаті ми отримали рівномірну хвилястість на тильній поверхні рульового колеса.

10. Однак, після редагування поверхні, на моделі утворені небажані розриви (рис. 11.4а). В ідеальному випадку, зкруглення необхідно було б побудувати на завершальному етапі. Але ми розглядаємо технологію концептуального моделювання, коли дизайнерські й конструкторські ідеї приходять в ході проектування. Ситуація цілком поправна, оскільки система дозволяє не перебудовуючи модель, видалити існуючі кордони і потім розрахувати повному зкруглення поверхонь.

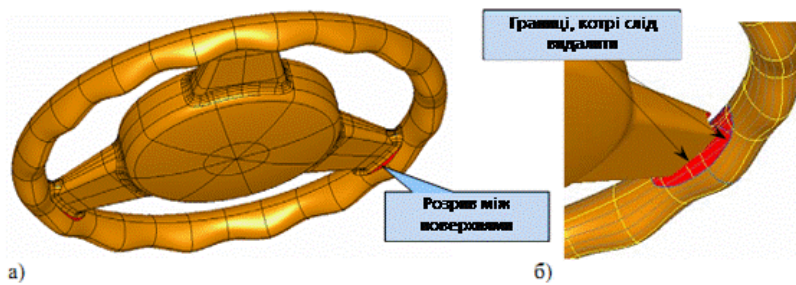
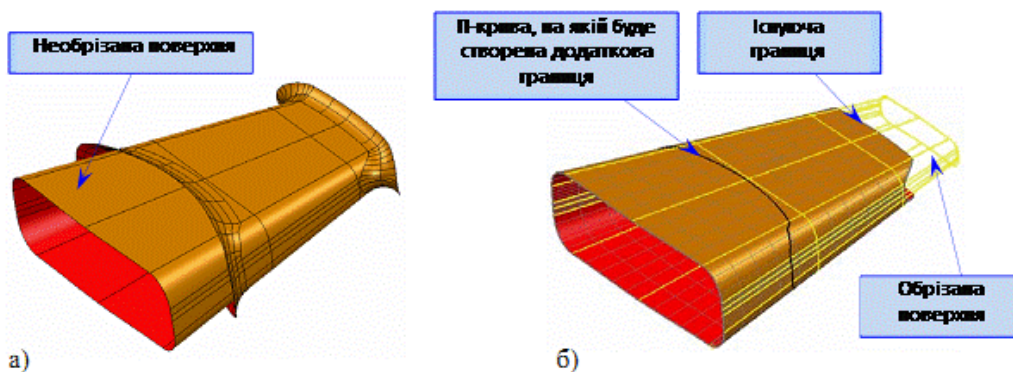


Рисунок 11.4 – Розриви між поверхнями

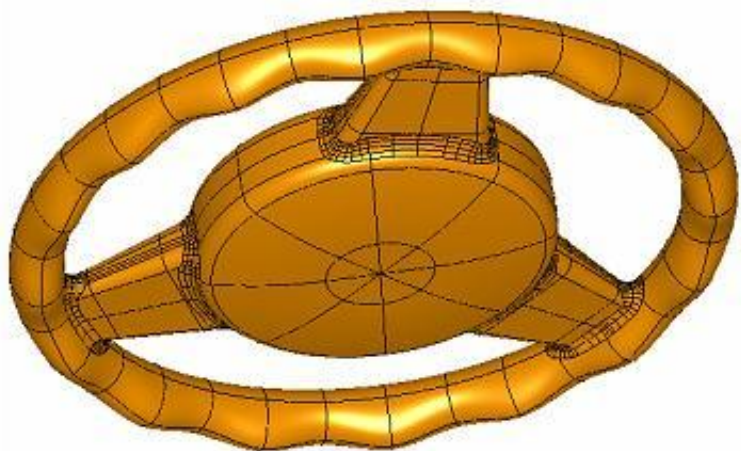
11. Видаліть три поверхні скруглення радіусом 8 мм.
12. Видаліть границю на торовій поверхні і трьох поверхнях витяжки.
13. Розрахуйте по-новому скруглення поверхонь радіусом 8 мм.

14. Приховайте з екрану центральну частину моделі. Ви виявите, що після редагування границь на «поверхнях з роздільних кривих» з'явилися обрізані раніше (а саме після заокруглення радіусом 15 мм) ділянки. Завдяки тому, що система запам'ятовує П-криві, розраховані в процесі округленими, для обрізки непотрібних фрагментів нам достатньо створити в ручному режимі додаткові границі (рис. 11.5а).

15. Створіть додаткові границі за наявними П-кривими (рис. 11.5б) на кожній недопрацьованій поверхні.






16. Модель рульового колеса закінчена (рис. 11.6). Для перевірки правильності сполучення поверхонь можна включити режим динамічного перерізу.



Лабораторна робота №12 «Перетворення поверхонь в тіла в Power SHAPE»

Хід роботи

1. Відкрийте файл з поверхневою моделлю ручки
2. Натисніть Швидкий вибір всіх поверхонь. 
3. Виберіть Solid. 
4. Виберіть Створити тверде тіло з обраних поверхонь або сітки. 
5. Виберіть Так у формі запиту, щоб виправити можливі помилки у твердому тілі




6. Тверде тіло має дві прогалини, як показано в дереві неполадок Твердого тіла.



7. Виберіть зелену позначку, щоб спробувати автоматичне відновлення.




8. Виберіть Перевірити ще раз тверде тіло на несправності. 

9. Якщо більше немає несправностей у твердому виберіть Готово.



10. Виберіть команду Елемент. 

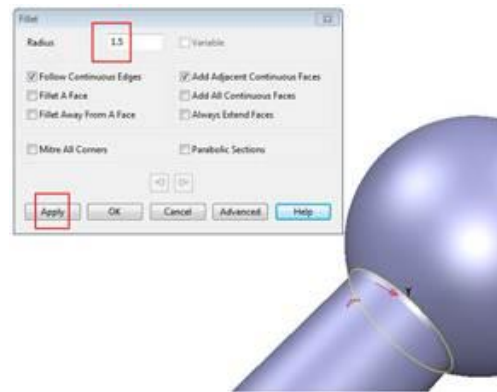
11. Виберіть Створити твердотільне скруглення 

12. Виберіть ребра, що виділені жовтим кольором



13. Введіть радіус скруглення 1,5 мм.

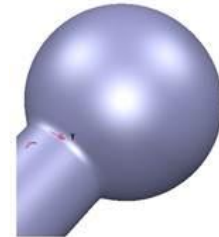
14. Натисніть кнопку Застосувати.



15. Не закривайте форми.

16. Виберіть ребро, як показано на зображенні.

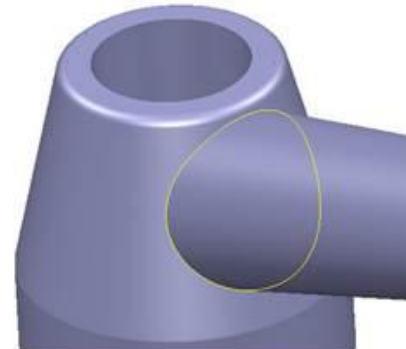
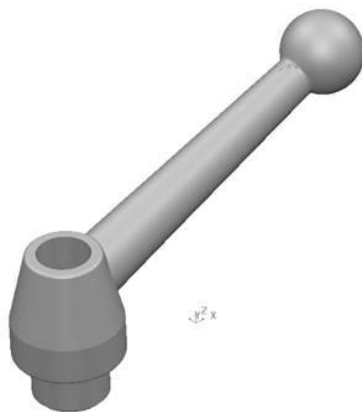
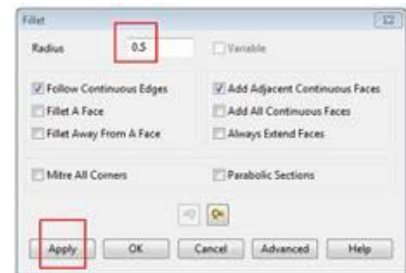
17. Введіть радіус скруглення 0,5 мм.



18. Натисніть кнопку Застосувати, а потім ОК.

19. Виберіть Формат - Матеріали з верхнього меню.

20. Виберіть метал - алюміній, а потім ОК, щоб закрити форму.



Лабораторна робота №13. Робоче середовище та інтерфейс CorelDraw. Побудова та модифікація основних геометричних елементів

Хід роботи

1. Завантажити редактор CorelDRAW.
2. Вивчити призначення кнопок палітри інструментів та їх особливості.
3. Вивчити призначення кнопок панелі атрибутів, екранної палітри кольорів.
4. Пояснити відомості, що виводяться в рядку стану.
5. Отримати зображення чотирьох прямокутників.
6. Отримати зображення прямокутників за допомогою клавіш-модифікаторів.
7. Отримати закруглення одного і декількох кутів прямокутника.
8. Побудувати зображення еліпса.
9. Виконати побудову багатокутників різних типів і їх модифікацій.
10. Побудувати симетричні і логарифмічні спіралі з різною кількістю витків.
11. Вставте в документ CorelDRAW ще одну сторінку і побудуйте на ній спіралі, наведені на рис. 13.2.

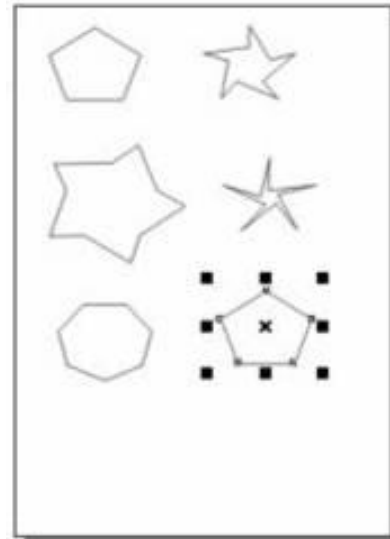


Рисунок 13.1 – Приклад побудови багатокутників

12. Побудуйте сітку. При побудові сітки не змінювати прийнятих за замовчуванням значень керуючих параметрів, і зверніть увагу на повідомлення в рядку стану: (Група з 12 об'єктів на шарі 1). Побудована сітка втратила



Рисунок 13.2 – Приклад побудови спіралей

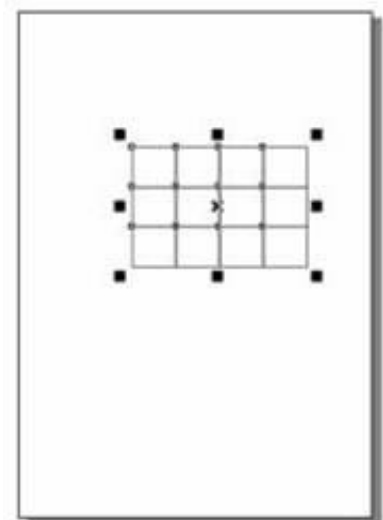


Рисунок 13.3 – Приклад побудови сітки

зв'язок з інструментом Graph Paper (діаграмна сітка), і скористатися ним для її модифікації не вдасться.

13. Побудувати плакат із зразками. Вставте в документ ще одну сторінку альбомної орієнтації, назвіть її Плакат і побудуйте плакат у вигляді таблиці, рядки якої відповідають освоєним інструментам, а в комірках розташовуються зразки об'єктів, які можна з їх допомогою побудувати (рис. 4.4). Сітку для самої таблиці побудуйте за допомогою інструменту Graph Paper (діаграмна сітка) у всю ширину сторінки, залишивши деяке місце нагорі під заголовок.

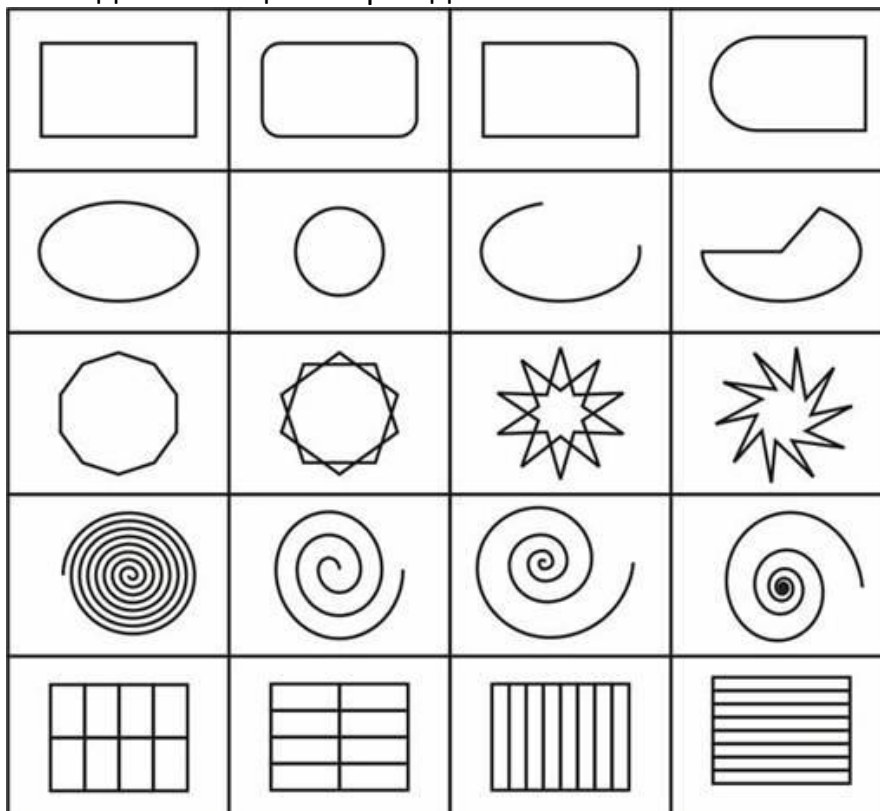


Рисунок 13.4 – Плакат зі зразками

Лабораторна робота №14. Впорядкування об'єктів. Робота з кількома об'єктами. Робота з лініями. Побудова кривих Безьє. Побудова суперлінії

Хід роботи

Побудова покрокових переходів уздовж траєкторії

1. Побудуйте коло діаметром приблизно 10 мм.
2. Призначте намистині градієнтну радіальну заливку, скоригувавши розташування елементів її керуючої схеми таким чином, щоб у лівій нижній частині намистини розташовувався відблиск.
3. Колір для заливки підберіть за своїм розсудом.
4. Тепер побудуємо базовий покроковий перехід. Один з його майбутніх керуючих об'єктів вже є, другий побудуйте як його копію - виділивши намистину інструментом Pick (Вибір), перетягніть її мишею вправо, не забувши натиснути правою кнопкою миші перед звільненням лівої.
5. В якості нитки, на яку ми будемо нанизувати намистини, скористаємося кривою, яку побудуємо інструментом Bezier (Крива Безьє). Досить поставити всього дві крайні точки, розташували їх приблизно на одній горизонталі, а потім відредагувати вузли, намагаючись, щоб крива виглядала симетрично.
6. Тепер прив'яжемо готовий покроковий перехід до траєкторії.
7. Виділивши інструментом Pick (Вибір) будь-який з проміжних об'єктів покрокового переходу (керуючі об'єкти не годяться - вони виділяються індивідуально, а нам зараз потрібен весь складений об'єкт), клацніть на кнопці Path (Направляюча) і виберіть команду New Path (Нова напрямна).
8. Стрілкою, що з'явилася клацніть на кривій, що зображає нитку.
9. Перетягніть керуючі об'єкти на кінці нитки інструментом Pick (Вибір) і простежте, як змінюється відстань між центрами проміжних об'єктів.
10. Клацніть на кнопці режиму розміщення проміжних об'єктів з фіксованим кроком (на ній зображена двоголова горизонтальна стрілка) на панелі атрибутів і встановіть у полі кроку значення 10 мм.

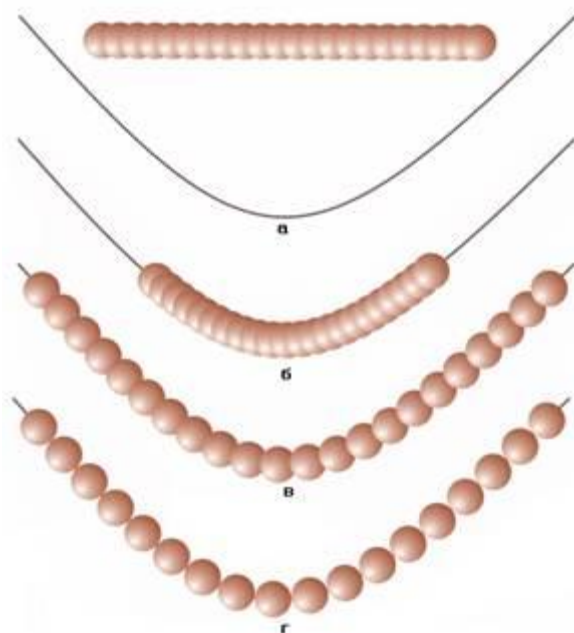


Рисунок 14.1 – Етапи розміщення елементів вздовж траєкторії

Побудова ліній інструментом Bezier

1. Додайте нову сторінку у відкритий документ CorelDRAW і перейменуйте її в Bezier. Виберіть у наборі інструментів інструмент Bezier (Крива Безьє).
2. Почнемо побудова лінії з вузла, що передує лінійному сегменту. Встановіть покажчик в потрібну точку та натисніть кнопку миші. Не відпускаючи кнопку, перемістіть покажчик на деяку відстань вправо так, щоб стало видно «витягнені» з вузла напрямні точки. Щоб дотична до наступного сегменту була строго горизонтальна, натисніть і утримуйте клавішу-модифікатор Ctrl. Відпустіть кнопку миші, а потім і клавішу Ctrl - перший вузол кривої побудований (рис. 5.2). Оскільки поки він є єдиним (і, отже, крайнім) вузлом лінії, після завершення роботи з ним він автоматично стає точкою злам. Після того як лінія буде замкнута в цьому вузлі, його тип зміниться.



Рисунок 14.2 – Початок побудови кривої

3. Переходимо до побудови другого вузла. Оскільки він повинен розташовуватися на одній горизонталі з першим, перед переміщенням покажчика інструменту знову натисніть і утримуйте клавішу Ctrl. Другий вузол будується точно так само, як перший, але після відпускання кнопки миші він стане симетричним (перед ним на лінії вже є вузол, і оскільки процес побудови НЕ закінчений, з'явиться вузол і за ним - отже, він не крайній). Оскільки симетричні вузли цілком відповідають виду споруджуваної кривою, немає необхідності явно вказувати тип цього вузла клавішею-модифікатором (рис. 5.3).



Рисунок 14.3 – Побудова вузлів кривої

4. Третій вузол повинен розташовуватися строго під другим, тому по закінченні роботи з другим вузлом клавішу Ctrl можна навіть не відпускати. Цього разу «витягувати» направляючу точку з вузла варто не вправо, а вліво, не відпускаючи клавішу Ctrl. Щоб закруглення вийшло симетричним, відстань від направляючої точки до вузла має бути приблизно таким же, як у другого вузла (рис. 5.4).

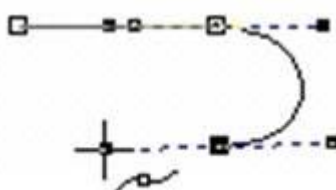


Рисунок 14.4 – Побудова третього вузла кривої

5. Четвертий вузол будується точно так само, як третій (рис. 5.5, а). Тепер криву слід замкнути. Для цього покажчик миші переміщується на початкову точку (до появи в якості покажчика інструменту «стрілочка» замість символічного зображення вузла) і натискається ліва кнопка миші. Залишається тільки перетягнути напрямну точку вправо, утримуючи клавішу Ctrl (щоб ліве закруглення стало симетричним), і замкнута крива буде побудована (рис. 5.5, б).

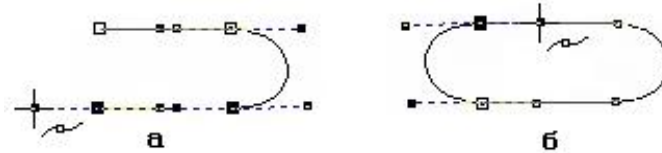


Рисунок 14.5 – Завершення побудови кривої

6. На завершення вправи спробуйте самостійно побудувати за допомогою інструменту Bezier (Крива Безьє) замкнуту криву, що представляє собою рівносторонній трикутник з закругленими вершинами і «пилку» з закругленими зубцями. При роботі з останнім завданням, оскільки крива вийде незамкнута, не забудьте після визначення останнього вузла натиснути клавішу Пропуск.
7. Новий інструмент Реп (Перо) дозволяє будувати криві з допомогою тих же прийомів, що і інструмент Bezier (Крива Безьє). Відмінність полягає в тому, що в процесі переміщення покажчика миші в точку розташування чергового вузла кривої на екрані відображається зовнішній вигляд наступного, ще не збудованого сегмента кривої. Щоб відчути відміну, спробуйте виконати попередню вправу за допомогою інструменту Реп (Перо).

Побудова суперлінії

1. Вставте у відкритий документ CorelDRAW нову сторінку і, користуючись прийомами по-будови лінії, побудуйте в її верхній частині стилізоване зображення змії.
2. Тепер необхідно виділити всі складові частини зображення змії. Найпростіше це робиться інструментом Pick (Вибір).
3. Виберіть у наборі інструментів інструмент Artistic Media (суперлінії) і включіть режим кисті, клацнувши на відповідній кнопці панелі атрибутів. Потім клацніть там же на кнопці з зображенням дискети і задайте ім'я файлу для збереження.
4. Скасуйте виділення зображення, натиснувши клавішу Esc.
5. Перетягніть вказівник інструменту Artistic Media (суперлінії) зліва направо але хвилеподібною траєкторією.
6. Щоб згорнути лінію в клубок, побудуйте за допомогою інструменту Spiral (Спіраль) логарифмічну спіраль на 2-3 витка. Виберіть інструмент Artistic

Media (Суперлінія) і, розкривши список мазків, клацніть на зразку. Якщо клубок виявиться занадто щільним, спробуйте змінити ширину суперлінії або видалити об'єкт і повторити цей крок, збільшивши коефіцієнт розширення спіралі.

7. Щоб згорнути лінію в кільце, використовуйте в якості керуючої лінії еліпс, побудований відповідним інструментом.
8. Щоб «виготовити» оригінальну прямокутну рамку, побудуйте прямокутник, а потім закруглите три його кута - крім верхнього лівого. Це допоможе позбутися від рких зламів суперлінії, в якій побудований прямокутник буде грати роль керуючої лінії.


Лабораторна робота №15. Робота з кольором. Заливки. Перспектива, тіні, екструзія

Хід роботи

Створення перспективи

1. Ви можете створити перспективні види за допомогою команди меню Effects ♦ Add Perspective (Ефекти ♦ Додати перспективу).

2. За допомогою інструменту Pick Tool (Вибір) виділіть об'єкт або групу об'єктів.


3. Виберіть команду меню Effects ♦ Add Perspective (Ефекти ♦ Додати перспективу). Навколо виділеного об'єкта або об'єктів з'явиться штрихова обмежує рамка з чотирма маркерами, а покажчик миші прийме вигляд . Встановіть покажчик миші на одному з маркерів.

4. Натиснувши і утримуючи кнопку миші, переміщайте покажчик і спостерігайте, як змінюється форма об'єкту. Відпустіть кнопку миші, коли досягнете підходящої форми.

5. Якщо при переміщенні маркерів використовувати клавішу CTRL, рух буде обмежено по горизонталі або вертикалі. Якщо при переміщенні маркера утримувати натиснутим поєднання клавіш CTRL + SHIFT, суміжний маркер буде переміщатися на ту ж відстань, але в протилежному напрямку.

6. Команда меню Effects ♦ Copy Effect ♦ Perspective From (Ефекти ♦ Копіювати ефект ♦ Перспективу) дозволяє копіювати перспективу одного об'єкта (джерела) на інший (цільовий)

7. За допомогою інструменту Pick Tool (Вибір) виділіть об'єкт, на який ви хочете скопіювати перспективу (цільовий об'єкт)

8. Виберіть команду меню Effects ♦ Copy Effect ♦ Perspective From (Ефекти ♦ Копіювати ефект ♦ Перспективу). Покажчик миші прийме вигляд 

9. Клацніть мишею на об'єкті, з якого ви хочете скопіювати перспективу. До цільовому об'єкту буде додана скопійована перспектива.

10. Щоб видалити перспективу об'єкта, тобто відновити первинну форму об'єкта, виконайте такі дії.

11. Виділіть об'єкт, до якого застосовувалася перспектива.

12. Виберіть команду меню Effects ♦ Clear Perspective (Ефекти ♦ Видалити перспективу) Перспектива буде видалена.

Багаторазове використання команди Effects ♦ Clear Perspective (Ефекти ♦ Видалити перспективу) послідовно скасовує всі раніше застосовані до об'єкта перспективи

Створення градієнтної заливки

8. Щоб створити градієнтні заливки з використанням діалогу Fountain Fill (Градiєнтна заливка), виконайте такі дії.

9. За допомогою інструменту Pick Tool (Вибір) виділіть об'єкт, який хочете заповнити заливкою

10. Натисніть і утримуйте кнопку Fill (Заливка) на панелі інструментів до появи меню кнопки.

11. В меню оберіть команду Fountain Fill (Градiєнтна заливка)

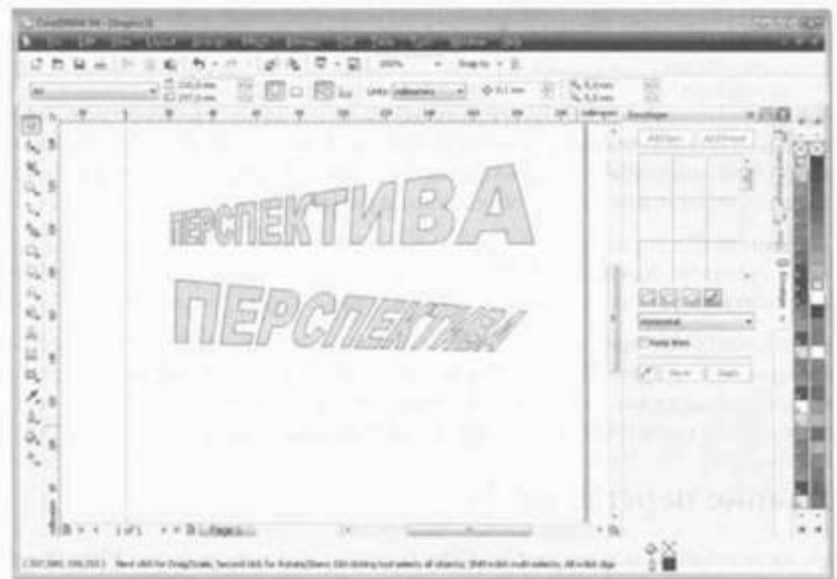


Рисунок 15.1 – Створення перспективи об'єкта

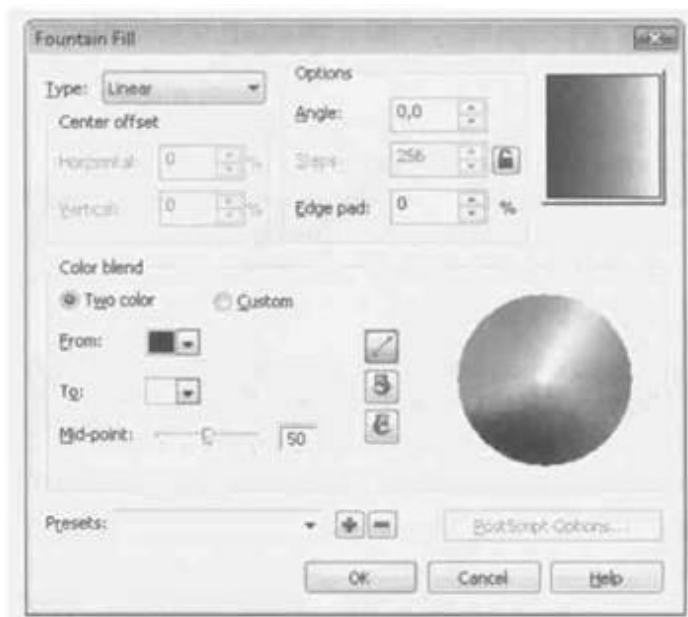


Рисунок 15.2 – Діалог Fountain Fill (Градiєнтна заливка)

На екрані з'явиться однойменний діалог (рис 15.2)

12. У діалозі налаштуйте параметри градієнтної заливки (будуть описані нижче), після чого закрийте діалог кнопкою ОК Градiєнтная заливка буде застосована до виділеного об'єкта.

13. Діалог Fountain Fill (Градiєнтна заливка) містить наступні елементи

управління для створення градієнтних заливок.

14. Color blend (Колірний перехід). Дана група елементів управління призначена для визначення кольорів градієнтної заливки. За умовчанням вибраний режим Two color (Два кольори), і ви можете визначити початковий і кінцевий кольору.

15. Для вибору початкового квітів градієнта слід виконати наступні дії.

16. У списку, що Type (Тип) виберіть тип градієнта.

17. У списку, що From (Від) виберіть початковий колір градієнта. Якщо представленої палітри недостатньо, слід натиснути кнопку Other (Інший), яка також з'являється при відкритті даного списку, і вибрати інший відтінок.

18. У списку виберіть кінцевий колір градієнта. Вид градієнта відобразиться на зразку в правій верхній частині діалогу.

19. Повзунковим регулятором Mid-point (Середня точка) встановіть зміщення градієнта. Коли ви переміщуєте даний ползунковий регулятор, ви змінюєте позицію, де кольори переходять один в одного. Цим повзунковим регулятором встановлюється переважання того або іншого кольору в градієнті.

20. У полі з лічильником Angle (Кут) вкажіть кут градієнта. Для радіальних градієнтів дане поле не активно.

21. У полі Edge rad (Зрушення краю) вкажіть ступінь різкості переходу кольорів. Якщо збільшувати значення в даному полі, по краях градієнта кольори будуть залишатися практично незмінними, а перехід кольорів відбуватиметься на обмеженому відрізку, тобто буде менше плавним.

22. Створений градієнт можна зберегти як власного шаблону, щоб використовувати цей градієнт надалі. Для цього треба виконати наступні дії.

23. У полі Presets (Заготовки) вкажіть ім'я створеного градієнта.

24. Натисніть кнопку праворуч від поля Presets (Заготовки).

25. Тепер, щоб завантажити раніше створений градієнт, треба просто вибрати ім'я цього градієнта в списку, що Presets (Заготовки). Якщо потрібно видалити градієнт зі списку, треба вибрати ім'я цього градієнта в списку, що Presets (Заготовки), а потім натиснути кнопку

26. При створенні радіальних, конічних і квадратних градієнтів стають активними поля групи Center Offset (Зсув центру). У цих полях вказується зміщення центру градієнта по горизонталі і вертикалі відносно центральної точки об'єкта у відсотках Типово центр градієнта знаходиться в центрі об'єкта.



Рисунок 15.3 – Типи градієнтних заливок

Створення ефекту тіні

1. Виберіть в панелі інтерактивних інструментів інструмент Interactive Drop Shadow (Інтерактивна тінь).

2. Виберіть тип перспективи для побудови тіні (рис. 15.4), встановивши покажчик інструменту на наступну точку об'єкту:

- в середину рамки виділення, тип перспективи Flat (Плоска);
- на нижній середній маркер рамки, тип перспективи Bottom (Знизу);
- на верхній середній маркер рамки, тип перспективи Top (Зверху);
- на лівий середній маркер рамки виділення, тип перспективи Left (Зліва);
- на правий середній маркер рамки виділення, тип перспективи Right (Праворуч).

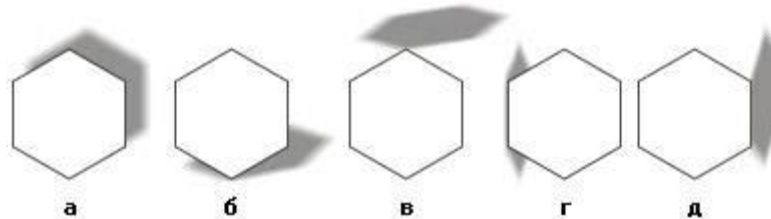


Рисунок 15.4 – Типи перспективи при побудові тіні: плоский (а), знизу (б), зверху (в), ліворуч (г), праворуч (д)

3. Натиснувши кнопку миші, перетягніть її покажчик у напрямку поширення уявних світлових променів, що формують тінь, що відкидається об'єктом. Якщо керуючий об'єкт тіні не має заливки, побудовану тінь буде неможливо побачити.

4. Після того як тінь побудована або після виділення керуючого об'єкта інструментом Interactive Drop Shadow (Інтерактивна тінь) стає видно керуючу схему ефекту (рис. 15.5).



Рисунок 15.5 – Об'єкт із тінню, керуюча схема ефекту тіні, панель інтерактивних інструментів з обраним інструментом Interactive Drop Shadow і відповідні йому покажчик і панель атрибутів

5. Центр ефекту позначається білим квадратом. Його перетягування дозволяє змінювати тип перспективи тіні. На протилежному від центру кінці осі керуючої схеми розташований квадрат з кольоровою заливкою. Перетягуючи

на цей квадрат зразки кольору з екранної палітри, можна змінювати колір тіні. Перетягуючи сам квадрат, можна змінювати положення найбільш віддаленої від центру точки тіні (рис. 15.6). Для всіх типів перспективи тіні, крім Flat (Плоска), того ж ефекту можна домогтися, змінюючи значення лічильника Drop Shadow Anchortere (Кут повороту) на панелі атрибутів. Для типу перспективи Flat (Плоска) становище квадрата керуючої схеми із заливкою визначається значеннями пари лічильників зміщення тіні.

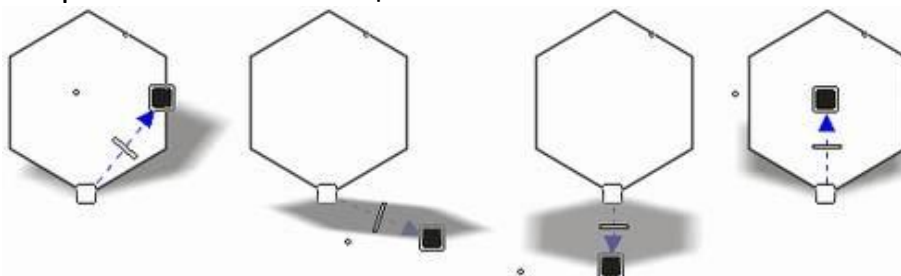


Рисунок 15.6 – Вплив переміщення квадрата керуючої схеми із заливкою на вигляд тіні

Положення повзунка на лінії керуючої схеми визначає щільність тіні. Ця характеристика вимірюється у відсотках і за замовчуванням дорівнює 50%. Справа в тому, що фактичний колір тіні не збігається з тим кольором, зразок якого перетягується на квадрат керуючої схеми із заливкою - у загальному випадку береться його відтінок. Чим далі повзунок від центру ефекту, тим вище насиченість відтінку і тим щільніше тінь.

Лабораторна робота №16. Створення, форматування та редагування фігурного тексту

Хід роботи

Введення, редагування та форматування фігурного тексту

1. Почніть із створення нового документа CorelDRAW. Виберіть у наборі інструментів інструмент Text (Текст) і клацніть мишею в лівому верхньому кутку сторінки. У місці клацання з'явиться вертикальна риска - текстовий курсор. На панелі атрибутів виберіть гарнітуру, що містить символи кирилиці (наприклад, Arial), встановіть кегль 48 і введіть з клавіатури текст, розділяючи рядки натисканням клавіші Enter:

2. На панелі атрибутів клацніть на кнопці режиму відображення недрукованих символів і зверніть увагу на те, що замість пробілів виводяться маленькі гуртки на середині висоти рядка, а на кінцях рядків з'явилися символи кінця абзацу. Перетягнувши по другому рядку покажчик інструменту Text (Текст), виділіть всі її символи, крім двокрапки, скопіюйте виділений текст в буфер обміну, потім клацанням миші встановіть текстовий курсор в кінець

останнього рядка. Для переходу на новий рядок натисніть клавішу Enter, а потім вставте вміст буфера обміну. Як бачите, операції введення і копіювання тексту не відрізняються від застосовуються при роботі з текстовим процесором.

3. Тепер вставимо в текст спеціальний символ. Встановіть текстовий курсор в точку, де має з'явитися символ, і відкрийте діалогове вікно Insert Character (Вставка символу) командою Text> Insert Character (Текст> Вставити символу). У списку, діалогового вікна виберіть назву гарнітури - Webdings, а в розташованій нижче палітрі знайдіть зображення потрібного символу - в даному випадку, кішки (рис. 16.1). Вставте це зображення мишею в межі прямокутної рамки виділення, навколишнього блок фігурного тексту. Після відпускання кнопки миші кішка займе своє місце в тексті. Щоб чорна заливка зображення не дисонували із текстом, виділіть вставлений символ і клацніть мишею на зразку екранної палітри з сірим кольором.

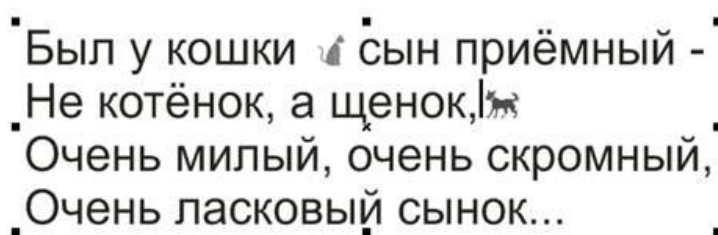


Рисунок 16.1 – Вставка символів у фігурний текст

4. Так само вставте в кінець наступного рядка зображення собаки, виділіть його і клацніть на сірому зразку екранної палітри - собака стане сіра.

5. Перейдіть у вікно редагування тексту клацанням на відповідній кнопці панелі атрибутів. Вибравши команду Options> Replace Text (Установки> Замінити текст), відкрийте діалогове вікно контекстної заміни і замініть всі слова «дуже» словом «просто», ввівши відповідні значення в поля діалогового вікна і клацнувши на кнопці Replace All (Замінити все).

6. Виділяючи окремі, довільно вибрані частини інструментом Text (Текст), змініть їх кеглі та гарнітури. Перевірте, який вплив роблять на фігурний текст кнопки режимів вирівнювання. Скористайтеся діалоговим вікном форматування для установки значення міжрядкового інтервалу 120% від кегля.

7. Роз'єднайте блок фігурного тексту. Зверніть увагу на розташування маркерів рамки виділення (вони розташовуються по краях блоку фігурного тексту) і на текст у рядку стану. Виберіть команду Arrange> Break Apart (Вирівнювання> Розбити текст). Тепер маркери рамки виділення охоплюють тільки перший рядок колишнього блоку фігурного тексту. Повторіть операцію роз'єднання ще два рази, розбиваючи рядок на слова, а потім - слово на окремі символи. При цьому кожен раз в результаті роз'єднання виходять блоки фігурного тексту.

Розміщення тексту вздовж розімкнутої кривої і його відділення від траєкторії

Щоб розмістити знову вводиться з клавіатури текст на заздалегідь побудованій траєкторії, слід виконати наступні кроки.

1. Виділіть майбутню траєкторію інструментом Pick (Вибір).
2. Виберіть команду Text> Fit Text To Path (Текст> Текст уздовж кривої).
3. Введіть текст з клавіатури.

Те ж саме можна зробити і без вибору команди меню - достатньо навести вказівник інструменту Text (Текст) на будь-яку точку майбутньої траєкторії - так, щоб покажчик інструменту змінив свою форму (рис. 16.1, ліворуч) - і клацнути мишею. Після цього вводиться з клавіатури текст буде розміщуватися на траєкторії (рис. 16.1, праворуч).

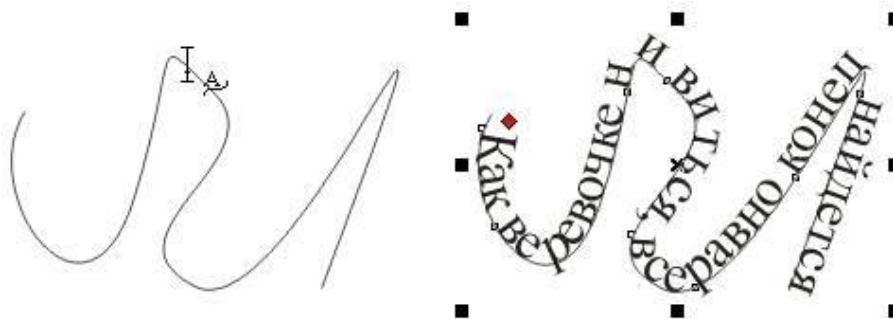


Рисунок 16.2 – Розміщення тексту на траєкторії

Щоб відредагувати текст, розміщений на траєкторії, досить виконати на ньому подвійне клацання при обраному інструменті Text (Текст). У тексті з'явиться курсор, після чого текст редагують звичайними прийомами.

Тлумачна термінологія

2D Graphics (2D графіка) - Зорове уявлення сцен і об'єктів, описуваних координатами по двох осях x і y , наприклад, висотою і шириною

3D Graphics (3D графіка) - Зорове уявлення сцен і об'єктів, описуваних координатами 3-мірного простору, по осях x , y і z , наприклад, висотою, шириною і глибиною

3D Pipeline (3D конвеєр) - послідовний процес обробки 3D графіки, умовно розділяється на три стадії - тесселяцію (tessellation), тобто, створення структурованої моделі об'єкта, геометричну стадію, і процес рендеринга. На стадії тесселяції створюється опис моделі об'єкта, яке потім конвертується в певний набір полігонів (polygons, тобто, багатокутників). Геометрична стадія має на увазі численні настройки, умови перетворення, освітлення і пр. На стадії рендеринга - найбільш важливого і критичного щодо якості фінального результату, 3D зображення, сформоване з полігонів на геометричній стадії, перетворюється на двомірне зображення для виведення екран дисплея.

AGP - Accelerated Graphics Port, прискорений графічний порт - спеціальна 32-бітна шина, розроблена для підключення відеокарт. Сучасні відеокарти найчастіше випускаються під слот PCI-Express, однак AGP-карти до цих пір широко поширені в силу величезної кількості раніше випущених платформ під цей тип інтерфейсу. У свій час шина AGP замінила собою шину PCI, оскільки швидкість обміну даними з центральним процесором по шині AGP (66 МГц) удвічі перевищує PCI (33 МГц). На практиці версія шини AGP 1x швидко поступилася місцем AGP 2x через недостатню пропускну здатність; потім дебютіровані версії AGP 4x і AGP 8x - з пропускну здатністю до 2 Гб / с процесі вдосконалення шини AGP 4x був змінений рівень напруги харчування - замість 3,3 В почали з'являтися 1,5 В карти AGP 4x, а надалі і AGP 8x.

Accelerator (Акселератор) - у загальному випадку карта або плата, що розширює можливості комп'ютера, не обов'язково графічна - бувають, наприклад, акселератор криптообробки, звукові, декодуючі. Зазвичай акселератор є апаратним рішенням, самостійно обробляють яку інформацію, що дозволяє більш оперативно обробити дані і розвантажити ресурси центрального процесора. Найбільш популярними нині можна вважати 2D/3D

відеоакселератори, тому вживання терміну "акселератор" у більшості випадків за замовчуванням увазі що йдеться про відеокарту, якщо не обумовлено інше.

Algorithmic Procedure Texturing (Алгоритмічне процедурне текстурирование) - спосіб рендеринга зображень з віртуально нескінченної деталізацією. Слово "процедурне" означає послідовність дій; текстурирование - це в загальному сенсі створення зображення з численними властивостями.

Alpha-Blending (Альфа-змішування) - технологія створення прозорих або напівпрозорих об'єктів або шарів зображення, що на практиці означає додання зображенню або окремому пікселю спеціального атрибута, визначального його фінальний вигляд: суцільний (що не пропускає світло), невидимий (прозорий) або напівпрозорий. Текстура, що наноситься на об'єкт, може містити крім інформації про колір (Red, Green, Blue), інформацію про прозорість (Alpha). Залежно від величини коефіцієнта Alpha різні частини об'єкта набувають різну ступінь прозорості, що на практиці означає різну ступінь змішування кольору переднього плану з кольором фону.

Ambient Light (Розсіяне світло) - загальний рівень штучного освітлення, що забезпечує видимість всіх поверхонь, навіть без прямого освітлення, така функція подання нескінченно безмежно розсіяних відображень всіх поверхонь в межах видимої сцени

Animation (Анімація) - технологія створення ілюзії руху з використанням послідовності (рендеринга) статичних зображень

Anisotropic Filtering (Анізотропна фільтрація) - процес фільтрації (чи змішування) текстури, при якому усереднення параметрів об'єкта здійснюється з урахуванням даних кожного конкретного полігона, з урахуванням всіх трьох вимірів об'єкта. Інші способи фільтрації як правило усереднюють колір виведеного пікселя, беручи до уваги колір вихідних пікселів, що часто робить картинку надмірно розмитою або різкою.

Anti-aliasing (антиаліасинг, буквально "анти-ступінчастість") - технологія згладжування шляхом інтерполяції на субпіксельному рівні, що дозволяє позбавитися від характерних "кутових сходинок" і представити зображення в більш високому дозволі. При апаратної промальовуванню 3D сцени згладжування може замінюватися або доповнюватися билинейної і трилинейної фільтрацією, оскільки ці технології реалізують подобу згладжування.

API, Application Programming Interface - стандартизований програмний інтерфейс програми, що дозволяє розробникам писати програми без специфічних знань апаратної реалізації платформи. API присутній у будь-якій операційній системі і застосовується як типовий код, щоб не дублювати кожен раз стандартні процедури.

Atmospheric Effect - атмосферні ефекти на зразок туману, що додають сцені додаткову реалістичність

Bilinear Filtering - білінійна фільтрація, метод текстуровання з антиаліазінгом, при цьому виходить графіка з менш помітною пікселізацією і менш блокової структурою. Застосовується для отримання більш згладжених текстур. У процесі білінійної фільтрації проводиться обробка чотирьох сусідніх пікселів (текселя), в результаті чого виходить піксель з усередненим шляхом апроксимації кольором. Застосування білінійної фільтрації може призвести до втрати об'єктом "віртуальної" глибини і навіть природного вигляду, особливо в процесі повільного обертання або пересування полігонів. На допомогу може прийти інші види фільтрації - трілінійної або ще більш просунутою анізотропної.

Bitmap - бітове зображення, бітова (растрова) карта, практично будь-яке зображення, видиме на екрані, що складається з масиву точок, упорядкованих у вертикальні і горизонтальні ряди. Кожна точка (піксель) має кольоровий атрибут, сукупність точок формує зображення. Чим більше бітів виділяється під атрибут кольору, тим більше глибина кольору, тим більше природно буде виглядати зображення.

Buffer - буфер, пам'ять, виділена для специфічної функції або набору функцій

Bump-Mapping - візуальний прийом, використовуваний для додання поверхням об'єкта характерних специфічних нерівностей. Для цього розробники прив'язують по дві текстури до кожного полігону, одна з яких звичайна, базова, друга - текстура зміщення, що описує нерівності об'єкта. У разі застосування bump-mapping відображення світла від нерівностей змінюється залежно від кута зору, як в реальному світі.

Chroma Keying - управління кольором, при якому видаляється колір об'єкта і "проявляється" колір іншого, розташованого "позаду", а віддалений колір як би стає прозорим

Clock Cycle, такт мікропроцесора. Сучасні процесори, (в тому числі і графічні, виконують кілька сотень або тисяч мільйонів тактів в секунду).

Clock Frequency - тактова частота, параметр, що показує швидкість виконання цілочислових операцій. Тактова частота графічних процесорів виражається в МГц (млн. тактів в секунду).

Collision Detection - виявлення "зіткнень". Можливість 3D об'єктів взаємодіяти з іншими 3D об'єктами природним чином. Коли ви в 3D грі бачите коробку на підлозі, то коробка "знає", що їй не слід провалюватися крізь підлогу. Ці "знання" є результатом роботи з виявлення зіткнень. Процес виявлення зіткнень постійно вдосконалюється.

Colored Lighting - кольорове освітлення. Для відкидання тіней може використовуватися не тільки білий світ, а й кольоровий. Compression - стиснення, можливість зменшення розміру файлу без втрати значних графічних деталей. 3D прискорювач швидше працює зі стисненими текстурами.

Dedicated Frame Buffer - виділений кадровий буфер, деяка кількість пам'яті, що використовується для зберігання даних кадрового та / або Z-буфера. Така архітектура пам'яті називається роздільної (split memory architecture). Direct3D - графічна частина Microsoft DirectX API.

Displacement Mapping - структурування зміщенням, друга текстурна карта, використовувана при відображенні шорсткостей поверхні (див. Bump-Mapping). Карта показує, яким чином на оригінальній текстурі відкидаються тіні від нерівностей.

Dithering - згладжування переходів між кольорами, зоровий артефакт, супроводжуючий зменшення кількості використовуваних кольорів (зменшення глибини кольору). Наприклад, в результаті згладжування переходів текстура втрачає свою чіткість, на ній буде помітна пікселизація

Driver - драйвер, програма-посередник між різними апаратними пристроями, операційною системою і іншими програмами. Без драйверів обладнання використовувати неможливо. D3D (Direct3D) - див Microsoft Direct3D API.

Engine - "двигок", комплекс функцій з виконання певного завдання. Стосовно до ігор, двигок - робоча основа ігри, створювана програмістами.

Залежно від якості програмування і використовуваних можливостей, движок може реалізовувати різні ефекти і графіку

Fill Rate - швидкість заповнення, швидкість промальовування пікселів на екрані монітора.

Filtering - фільтрація, за допомогою якої відеокарта згладжує текстури, усереднюючи колір пікселя з оточуючими пікселями.

Floating-Point (FP) - десяткові дробки, числа з плаваючою комою (поросійськи - саме з плаваючою комою, оскільки в Росії традиційно мантиса відділяється від цілого коми; в англійських країнах - крапкою). Процесор, добре виконує операції з плаваючою точкою, зможе забезпечити кращу ігрову продуктивність.

FPS (Frames per Second) - кількість кадрів, промальовує за одну секунду. Чим продуктивніше відеокарта, тим швидше вона малює кожен кадр і переходить до наступного. Як правило, чим вище встановлено дозвіл монітора, тим менше кількість кадрів в секунду встигає обробити відеокарта.

Gamma Correction, гамма-корекція. Можливість керувати червоною, зеленою або синьою колірної складової пікселя або текстури для визначення необхідної яскравості

Gouraud Shading - алгоритм затінення, названий по імені його винахідника, француза Генрі Гуро (Henri Gouraud). Метод Гуро, або колірна інтерполяція, Дозволяє отримати на поверхні об'єкту плавне затінення. При цьому у всіх вершинах об'єкта будуються вектори нормалей; і, залежно від кута між нормалями і напрямом на джерело світла, визначається колір пікселів, відповідних вершин полігонів; кольору пікселів інтерполуються (між вершинами) по поверхнях полігонів. Відблиски виглядають не дуже реалістично

Graphics Controller, Graphics Processor, Graphics Processing Unit (GPU) - 2D та / або 3D процесор, який об'єднує в собі всі функції графічного конвеєра. Спочатку розроблений для розвантаження центрального процесора, сучасний GPU перетворився на найпотужніший компонент ПК, який об'єднує в собі, крім обробки 2D/3D відео, ряд суміжних функцій, наприклад, декодування DVD і / або HD відео, введення / виведення відеосигналу і пр.

Integer - цілий, цілочисельний. Цілими числами називається ряд 0, 1, 2 ..., а також їх негативні значення.

Internal Rendering - внутрішній рендеринг, глибина кольору при внутрішній обробці зображення відео картою

Interpolation - інтерполяція, математичний спосіб відновлення втраченої або відсутньої інформації. Наприклад, при масштабуванні 100x100 піксельного растра в 200x200 піксельний необхідні пікселі інтерполюються як середнє значення сусідніх пікселів.

Jaggies - "сходинки" (драбинки), сленгове позначення ступеневої растрового ефекту, помітного на растровій графіці, при збільшенні кривих або растрового тексту. Частково або повністю згладжується за допомогою антїаліазінга

Layer - шар, рівень зображення, який може бути відредагований і змінений незалежно і без зміни решти параметрів сумарного зображення.

Level of Detail - рівень деталізації. Залежить від розміру текстури. Наприклад, 256x256 і т.д. Низький рівень деталізації означає маленький розмір текстур, а не візуальна якість картинки. Зате при низькому рівні деталізації частота зміни кадрів збільшується.

Lighting Effects - ефекти освітлення, симулюють світло в 3D графіці. Реалізується за допомогою підсвічування текстур і пікселів поблизу віртуального джерела світла. Освітлення є однією з найкрасивіших можливостей відеокарти, значно покращуючи сприйняття графіки

Mip-Mapping (лат. "Multum In Parvum") - мип-текстурування, або мип-меппінг. Відповідно до визначення Multum In Parvum - "багато чого в одному", процес являє собою перетворення зображення або текстури в менші за розміром зображення. Алгоритм використовує текстуру з різним дозволом (256x256, 128x128, 64x64 і т.д.) для різних частин об'єкта, залежно від відстані між спостерігачем і поверхнею і від кута під яким знаходиться поверхню. Побічний негативний ефект мип-текстурування - так званий бендінг (banding) - розриви між тір-рівнями, тобто, текстурами з різним дозволом, а також у деяких випадках - зниження різкості текстур

Multitexturing - мультитекстурування, процес додавання безлічі текстур до об'єкта при програмуванні 3D гри. Мультитекстури можуть накладатися один на одного для відображення шорсткостей поверхні (див. Bump-Mapping) або використовуватися один з одним для створення однієї великої 3D моделі.

При цьому кольори текселей цих текстур змішуються за певним законом: add (додавання), modulate (множення), subtractive (віднімання) і ін.

PCI (Peripheral Component Interface) - шина периферійних компонентів, промисловий стандарт шини розширення комп'ютера для підключення різних пристроїв - мережевих карт, контролерів і т.д.; раніше - навіть відеокарт

PCI Express (PCI-E) - нове покоління комп'ютерних шин з послідовною архітектурою, що забезпечує в першому поколінні продуктивність більше 4 Гб / с в обох напрямках. Послідовна архітектура шини PCI Express дозволяє об'єднувати так звані PCI Express "лінії" (lanes) для збільшення максимальної продуктивності сумарною шини. На відміну від шини AGP, стандарт PCI Express не передбачає ексклюзивного використання PCI-E для роботи з 3D графікою, хоча, слоти PCI Express x16 в переважній більшості випадків використовуються спільно з графічними прискорювачами

Per-Pixel Mip-Mapping, - попіксельне MIP-текстурування, найбільш точна версія MIP-текстурування. Для збільшення продуктивності, мип-меппінг може застосовуватися не тільки до пікселя, а й до полігону, але тільки за попіксельно MIP-текстуруванні тіні виходять такими ж детальними, як і відкидають їх об'єкти Perspective Correction - виправлення перспективи, полягає в можливості правильно відображати текстуру під будь-яким кутом

Phong shading - Затінювання Фонга, один з найбільш якісних типів затінення, що відрізняється від алгоритму затінення за методом Гуро (Gouraud Shading) тим, що вектори нормалей будуються для кожної точки зображення, і, відповідно, потрібно безліч обчислень.

Pixel - піксель, мінімальний об'єкт на екрані монітора (див. Bitmap).

Pixelation - пикселізація, візуально помітний растр текстури в грі при близькому наближенні або при грі на моніторі з великою роздільною здатністю з установками порядку 640x480. Polygon - полігон, багатокутник, замкнута двовимірний фігура. Полігони комбінуються з сотнями інших для створення цілісної моделі в 3D движках

Projection - проекція, процес перетворення тривимірного зображення в двомірну картинку для виведення на дисплей

Raytrace - метод променевої трасування, або "променя, що біжить". При цьому методі прораховується віртуальний промінь світла від джерела через всі

відображають поверхні до того об'єкта, на який падає світло. Метод створює дуже реалістичні ефекти, а також прозорі поверхні.

Realtime - в реальному часі. Дія, вироблене комп'ютером з тією ж самою швидкістю, що і в реальному житті.

Reflective Mapping - відображення відображають поверхонь, дозволяє створювати текстури з правдоподібним реалістичним відображенням навколишніх об'єктів.

Refresh Rate - частота оновлення. Частота, з якою монітор виводить послідовність статичних зображень. Вимірюється в Герцах (Гц), наприклад, частота оновлення 100 Гц означає зміну кадру 100 разів на секунду.

Resolution - дозвіл, представляється у вигляді кількості пікселів по горизонтальній осі на кількість пікселів по вертикальній осі, наприклад 1920 x 1200 - отаке твір, що дає в результаті сумарне число пікселів, що відображаються монітором

ROP (Raster Operation) - параметр функції BitBlt, точно визначає комбінацію (взаємозв'язок) вихідних бітів і фінальних бітів. Оскільки растр - це всього лише масив параметрів бітів, ROP являє собою тривіальне логічне рівняння, що оперує бітами

SIMD (Single Instruction Multiple Data) - один потік команд і багато потоків даних. Спрощено кажучи, SIMD-інструкція дозволяє процесору виконувати однакову операцію над декількома потоками даних, що звільняє процесор від повторного введення однакових інструкцій для збільшення продуктивності

Software Rendering - реліктовий спосіб програмного рендеринга, що не використовує 3D відеокарту, повільний і не дуже красивий, головна причина винаходу 3D відео карт

Specular highlight - відблиски (відображає підсвічування), імітація прямого відображення джерела світла.

Stencil buffer - Stencil-буфер, буфер шаблону, розділ графічної пам'яті, що має розмір виведеного кадру і зберігає шаблонні дані, які можуть використовуватися для приховування або відображення того чи іншого пікселя в самих різних випадках, наприклад, для "штрихування" ліній, створення простих тіней, відображень, плавних переходів і пр.

T & L, Transform and Lighting - Трансформування і Освітлення. Два окремих апаратних модуля-движка контролера дисплея, відповідальних за процес рендеринга. Продуктивність модуля Transform визначає ступінь складності виведених об'єктів без зниження частоти кадрів; модуль Lighting відповідає за додання сцені реалізму за рахунок зміни параметрів джерел освітлення

Texel (TEXture ELeмент) - тексель, елемент текстури. Зазвичай тексель називають піксель стосовно до 3D.Texture - текстура, графічна картинка (растр), "натяганий" на полігональні каркаси в 3D. За допомогою текстур ми отримуємо той самий прекрасний тривимірний світ, який ми спостерігаємо в іграх.

Texture Compression - стиснення текстур, функція відеокарти для зменшення розмірів зображення шляхом стиснення повторюваних рядків і зменшуючи глибини кольорової палітри текстури. Стиснення текстур може радикально підвищити частоту зміни кадрів, проте якість при цьому може знизитися

Texture Mapping - текстурування, текстурне відображення: процес "натягування" текстури (растра) на полігональний 3D скелет

Transparency - прозорість, властивості об'єктів, через які можна повністю або частково бачити інші об'єкти

Triangles per second - трикутників в секунду, швидкість обробки трикутників графічним контролером, стандартний загальноприйнятий індустріальний показник, що описує продуктивність. Чим більше число трикутників, оброблюваних за секунду, тим вища продуктивність

Trilinear Filtering, - трилінійна фільтрація, процес застосування білінійної фільтрації до кожної сторони текстури. Покращує чіткість зображення і прибирає пікселізацію. При цьому типі фільтрації фільтруються не тільки тексель, а й MIP-рівні, тобто спочатку обчислюються кольори двох пікселів у двох (сусідніх) MIP-рівнях, потім ці два значення змішуються. Єдиний недолік трилінійної фільтрації - втрата різкості текстур.

Vertex - вершина, точка в 3D просторі з певними координатами; зазвичай описується координатами x, y і z. Вершина - одна з фундаментальних структур у полігональному моделюванні: дві вершини можуть бути використані для визначення лінії; три - для визначення трикутника тощо

Volumetric Lighting - просторове освітлення, ефект проходження світла через тривимірну перешкоду, наприклад туман, хмара пилу, дим, пара і т.д.

Volumetric Fogging - просторовий, або "віртуальний" туман, що приховує непромальованим текстурі на деякій відстані для збільшення продуктивності.

Z-Buffer - Z-буфер, частина пам'яті 3D прискорювача, виділена під зберігання координати Z точок у 3-вимірному просторі з осями X, Y і Z. Використання Z-буфера дозволяє відеокарті не промальовувати текстурі, завідомо приховані позаду інших текстур. Наприклад, якщо ви заходите в грі за стіну, то за нею ви не можете бачити інші об'єкти, а за допомогою Z-буфера карта не буде їх відмальовувати зайвий раз. Z-буфер дозволяє значно збільшувати продуктивність. Також при його використанні точність позиціонування по осі Z поліпшується.

ФОРМИ КОНТРОЛЮ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

При вивченні курсу «Системи 3D моделювання» передбачаються такі види контролю: поточний, модульний та підсумковий.

1. Поточний контроль здійснюється у вигляді усної відповіді на контрольні запитання під час захисту виконаних лабораторних робіт. Також поточний контроль застосовується стосовно виконання самостійної роботи у вигляді усної або письмової відповіді на контрольні запитання з даної теми на самостійне опрацювання. За поточну роботу протягом семестру студент може набрати максимум 40 балів.

2. Модульний контроль здійснюється стосовно теоретичного (лекційного) курсу у вигляді модульної контрольної роботи шляхом письмової відповіді на контрольні питання по модулю. За модульну контрольну роботу студент може набрати максимум 60 балів.

Оцінка з предмета виставляється як арифметична сума балів набраних за поточну роботу та модульну контрольну роботу. Протягом семестру студент може набрати максимум 100 балів. Якщо студента задовольняє отримана сума балів то процедура підсумкового контролю полягає лише у сумуванні цих балів.

3. Підсумковий контроль у вигляді заліку проводиться за умови

проходження студентом усіх етапів поточного та модульного контролю у випадку, коли студент не набрав необхідної для зарахування дисципліни кількості балів (менше 60), або при претендуванні ним на вищу кількість балів. Під час складання заліку студенту надається можливість дати письмову відповідь на контрольні питання з усієї дисципліни.

Розподіл балів між видами контролю при модульно-рейтинговій системі оцінювання за 100-бальною шкалою приведено в табл. 1, відповідність шкали оцінювання ECTS з національною системою оцінювання приведено в табл. 2.

Таблиця К.1 – Зміст модулів навчальної дисципліни, їх оцінювання в балах,
форми і терміни поточного і модульного контролю

Номер модуля	Кількість балів	Форма контролю	Тиждень контролю
1	60	Модульний контроль	9
	40	Поточний контроль	1-9
2	60	Модульний контроль	18
	40	Поточний контроль	9-18

Таблиця К.2 – Таблиця відповідності шкали оцінювання ECTS з національною системою оцінювання

Оцінка за шкалою ECTS	За національною шкалою	За шкалою ЛуцькогоНТУ
A	5 (відмінно)	90 – 100
B	4 (добре)	82 – 89
C	4 (добре)	74 – 81
D	3 (задовільно)	64 – 73
E	3 (задовільно)	60 – 63
FX	2 (незадовільно) з можливістю повторного складання екзамену або заліку після доопрацювання	35 – 59
F	2 (незадовільно) з наступним відрахуванням після основної екзаменаційної відомості	0 – 34

ПЕРЕЛІК КОНТРОЛЬНИХ ПИТАНЬ

1. Історія розвитку комп'ютерної графіки
2. Сфери застосування комп'ютерної графіки
3. Способи представлення, формати збереження, введення та виведення графічної і текстової інформації
4. Загальні принципи створення твердотільних об'єктів
5. Трьохвимірний простір моделі
6. Глобальна та локальні системи координат
7. Вимоги до побудови ескізів
8. Використання прив'язок
9. Параметризація моделей
10. Плоскі та просторові криві. Побудова та редагування
11. Апроксимація та інтерполяція кривих
12. Елементи каркасної моделі
13. Способи створення тривимірних поверхонь
14. Інтерфейс та основні можливості CorelDraw
15. Створення, редагування об'єктів в CorelDraw
16. Растрова комп'ютерна графіка
17. Векторна комп'ютерна графіка
18. Фрактальна комп'ютерна графіка
19. Тривимірна комп'ютерна графіка
20. Математичні основи комп'ютерної графіки
21. Основні растрові алгоритми
22. Методи та алгоритми тривимірної графіки
23. Освітлення. Види джерел світла
24. Моделі освітлення і затінення
25. Створення параметризованих поверхонь в PowerSHAPE
26. Створення складних поверхонь в PowerSHAPE
27. Лінзові перетворення в CorelDraw
28. Прозорість та фігурне обрізання зображень
29. Обробка растрових зображень в CorelDraw
30. Векторизація зображень
31. Створення спецефектів в CorelDraw

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основные элементы SolidWorks 2010. – Concord: DS SolidWorks, 2009. – 550с.
2. Расширенное моделирование деталей. SolidWorks 2010. – Concord: DSSolidWorks, 2009. – 341с.
3. Ф.В. Медведев, И.В. Нагаев. Автоматизированное проектирование и производство деталей сложной геометрии на базе программного комплекса Power Solution: Учеб. пособие / Под общ. ред. А.Г. Громашева. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005 – 167 с.
4. А. Потемкин Трехмерное твердотельное моделирование (Компас). – М.: Компьютер Пресс, 2002, - 296 с.
5. Басов К.А. САТIAV5. Геометрическое моделирование. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 269с.
6. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики: Пер. с англ. — М.: Мир, 2001. —604с.
7. Никулин. Е.А. Компьютерная геометрия и алгоритмы машинной графики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003, - 560с.
8. Миронов Д.Ф. CorelDraw X3. Учебный курс. – СПб.: Питер, 2006. – 397с.
9. Эффективная работа CorelDraw 12 / С. Бэйн, Н. Уилкинсон - СПб.: Питер, 2006. – 736с.
10. Пальчевський Б.О., Крестьянполь О.А., Валецький Б.П., Бондарчук Д.В., Рак В.С. Основи САПР пакувального обладнання: Навчальний посібник /За ред. проф. Б.О. Пальчевського/ - Луцьк.: РВВ ЛНТУ, 2008р. – 160с.

Системи 3D моделювання: Навчальний посібник/ Пальчевський Б.О.,
Валецький, Б.П., Вараніцький Т.Л. / Луцьк:, 2016 – 176с.

Комп'ютерний набір та верстка: Б.П. Валецький

Редактор: Б.П. Валецький

Підп.до друку 21.06.2016р
Формат 60×84/16 Папір офс. Гарн. Calibri.
Ум. друк. арк. . Обл.-вид. арк. ,
Тираж 300 прим. Зам.

Інформаційно-видавничий відділ
Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – ІВВ Луцького НТУ