

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «**Комп'ютерне конструювання**»
для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»
освітня програма «Технології машинобудування»
усіх форм навчання

Конспект лекцій з дисципліни «Комп'ютерне конструювання» для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. О. Б. Козлова. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024. – 49 с.

Укладачі: Козлова О.Б., к.т.н., доцент кафедри ТМБ

Рецензент: Гончар Н. В., к.т.н., доцент кафедри ТМБ

Відповідальний за випуск: Дядя С.І., к.т.н., доцент, зав. каф. ТМБ

Затверджено на засіданні кафедри

«Технологія машинобудування»

Протокол № 1

від 06 серпня 2024 р.

Рекомендовано до видання

НМК МФ протокол № 1 від 03.09.2024 р.

Конспект лекцій складений з використанням матеріалів підручників та навчальних посібників:

1. Solidworks у завданнях 3D моделювання та інжинірингу технічних систем. Навч. посібник / В.Я. Ворощук, Т.М. Вітенько. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 164 с.

2. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак – Луцьк: Вежа, 2018. – 172 с.

3. Самоучитель (учебник) SOLIDWORKS. Електронний ресурс: <https://autocad-lessons.com/samouchitel-solidworks/>.

4. Козяр М. М. Комп'ютерна графіка: Solid Works / М. М. Козяр, Ю. В. Фещук, О. В. Парфенюк. — Херсон: Олді-Плюс. 2018 – 252 с.

5. Посібник для учнів з вивчення програмного забезпечення SolidWorks. Електронний ресурс: <https://www.solidworks.com/ru/product/students>.

6. Сиротинський О. А. Основи автоматизації проектування машин. – Навчальний посібник. Рівне: УДУВГП, 2004. – 252 с.

7. Сиротинський О. А., Лук'янчук О. П. Основи автоматизації проектування машин. Інтерактивний комплекс. Кредитно-модульна система організації навчального процесу. Затверджено вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування для студентів напряму підготовки 6.050503 – «Машинобудування», Рівне, НУВГП, 2009. - 105 с.: іл. <http://ep3.nuwm.edu.ua/1641/>

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
Лекція 1. Етапи розвитку, класифікація графічних систем та їх місце в інженерній діяльності. Робота с файлами, автоматизація цього процесу в програмі Solid Works	7
1.1 Інтерфейс програми.....	10
Лекція 2. Системи координат Створення графічних примітивів в програмі Solid Works	12
2.1. Основні принципи побудови ескізів	12
2.2 Створення простого ескізу.....	12
2.3 Редагування простого ескізу.....	14
2.4 Тривимірні ескізи.....	18
Лекція 3. Створення 3D об'єктів в програмі Solid Works	19
3.1. Основні способи побудови моделей	19
Лекція 4. Редагування 3D об'єктів	23
Лекція 5. Масиви, різьблення, перетини, створення допоміжної геометрії в програмі Solid Works	25
5.1 Основні засади побудови деталей з листового матеріалу	27
Лекція 6. Компонування креслення та вивід його на друк в програмі Solid Works	31
6.1 Оформлення креслень	31
6.2 Встановлення шрифтів та шаблонів Solid Works.....	32
6.3 Створення нового креслення	32
6.4 Друк креслення	37
6.5 Створення додаткових видів	37
6.5.1 Створення розрізу	37

6.5.2 Створення допоміжного виду	38
6.5.3 Створення місцевого виду	38
6.5.4 Створення обрізаного виду	39
6.5.5 Додавання приміток.....	39
Лекція 7. Створення 3-D збирання в програмі Solid Works	42
7.1. Основні принципи створення складань	42
7.1.1. Побудова складання «знизу вгору»	43
7.1.2 Побудова складання «згори донизу».....	48

ВСТУП

До середини 90 х років багато конструкторів і технологій у всьому світі практично одночасно дійшли однакового висновку: щоб підвищити ефективність своєї праці та якість продукції, що розробляється, необхідно переходити від роботи в змішаному середовищі двовимірної графіки і тривимірного моделювання до використання об'ємних моделей у якості об'єктів проєктування. Тобто забезпечити можливість ефективного твердотільного параметричного моделювання на промисловому рівні.

Вперше пакети твердотільного параметричного моделювання з промисловими можливостями стали доступні користувачам персональних комп'ютерів в 1995 р., який став переломним для світового ринку систем CAD/CAM/CAE. Одне з найкращих рішень рівня запропонувала американська компанія SolidWorks Corporation. Пакет твердотільного параметричного моделювання Solid Works відразу зайняв провідні позиції серед продуктів цього класу, буквально увірвавшись у світову систему CAD/CAM/CAE.

Продукт американської компанії Solid Works Inc. є системою тривимірного твердотільно-параметричного проєктування механічних вузлів та конструкцій, розроблену спеціально для Windows. Система реалізує класичний процес тривимірного параметричного проєктування від ідеї до об'ємної моделі, від моделі до креслення, від креслення до виконання розрахунків та створення анімацій та візуалізації процесу обробки.

Лекція 1.

Етапи розвитку, класифікація графічних систем та їх місце в інженерній діяльності. Робота с файлами, автоматизація цього процесу в програмі Solid Works

Кожен виріб перед безпосереднім процесом побудови, проходить ряд етапів. Охарактеризуємо їх.

Побудова ескізу.

Процес моделювання починається з побудови ескізу, а побудова ескізу починається з вибору конструктивної площини, в якій будуватиметься модель.

Згодом цей ескіз тим чи іншим способом легко перетворити на тверде тіло. Під час створення ескізу доступний повний набір інструментів для геометричних побудов та операцій редагування. Нема ніякої необхідності відразу точно витримувати необхідні розміри, приблизно дотримуватися конфігурації ескізу. Пізніше, конструктор може змінити значення будь-якого розміру і накласти зв'язки, що обмежують взаємне розташування елементів ескізу відрізків, дуг, кіл тощо. Ескіз конструктивного елемента може бути легко відредагований в будь-який момент роботи над моделлю.

Ескізи є основою для створення тривимірних твердотільних моделей деталей. Тому створення будь-якої деталі в Solid Works, простої чи складної, починається з креслення ескізу. Зазвичай користуються двомірним ескізом.

За умовчанням при створенні нової деталі дається три взаємно-ортогональні площини, що проходять через початок координат «О». Далі можна додавати будь яку кількість площин, що мають необхідну орієнтацію в просторі.

Створення об'ємної моделі.

Користувачеві надаються кілька різних засобів створення об'ємних моделей. Основними формотворчими операціями в Solid Works є команди додавання та зняття матеріалу. Система

дозволяє видавлювати контуру з різними кінцевими умовами, у тому числі на задану довжину або до вказаної поверхні, а також обертати контуру навколо заданої вісі. Можливе створення тіла за заданими контурами з використанням кількох утворюючих кривих (так звана операція лофтингу) та видавлюванням контуру вздовж заданої траєкторії, а також по перетинах. Крім того, в Solid Works надзвичайно легко будуються ливарні ухили на обраних поверхнях моделі, порожнини в твердих тілах із завданням різних товщин для різних граней, округлення постійного і змінного радіусу, фаски та отвори складної форми.

При цьому система дозволяє завжди відредагувати якийсь побудований елемент твердотільної моделі.

Значно спрощують роботу численні сервісні можливості, такі як копіювання обраних конструктивних елементів по лінії або по колу (створення масивів), дзеркальне відображення вказаних примітивів чи моделі.

При редагуванні конструктор може повернути модель у стан попереднього створення обраного елемента. Це може знадобитися до виконання будь-яких дій, неможливих в даний момент.

Крім проектування твердотільних моделей, Solid Works підтримується і можливість поверхневого представлення об'єктів. При роботі з поверхнями використовуються ті самі основні способи, що і під час роботи із твердими тілами. Можлива побудова поверхонь, еквідистантних до обраних, а також імпорт поверхонь з інших систем з використанням формату IGES.

При проектуванні деталей, що виробляються литтям, дуже корисною є можливість створення роз'ємних ливарних форм.

Якщо для роботи необхідно використовувати якісь часто повторювані конструктивні елементи, на допомогу приходить здатність системи зберігати примітиви у вигляді бібліотечних елементів.

Важливою характеристикою системи є можливість отримання спроектованих деталей з листового матеріалу. При

необхідності в модель, що знаходиться в розгорнутому стані, можуть бути доданими нові місця згину і різні конструктивні елементи, які будь-яким причин не можна було створити раніше.

Для спрощення роботи з тривимірною моделлю на будь-якому етапі проектування та підвищення її наочності в Solid Works використовується «Feature Manager Design Tree». Воно є своєрідною графічною картою моделі, де послідовно відображаються всі геометричні примітиви, які були використані при створенні деталі, а також конструктивні вісі та допоміжні площини, у яких створювалися двовимірні ескізи. При роботі ж у режимі складання «Feature Manager Design Tree» показує список деталей, що входять у складання. Зазвичай «Feature Manager Design Tree» відображається у лівій частині вікна Solid Works, хоча його положення можна будь-якої миті змінити. «Feature Manager Design Tree» надає потужні засоби редагування структури моделі чи вузла. Воно дозволяє перевизначати порядок слідування окремих конструктивних елементів або цілих деталей, створювати в межах деталі або складання кілька варіантів конфігурації елемента тощо.

Створення складань.

Solid Works пропонує конструктору досить розширені можливості створення вузлів та складань. Система підтримує як створення складання способом «знизу вгору», тобто на основі вже наявних деталей, кількість яких може доходити до сотень і тисяч, так і проектування «згори донизу» (від складання до деталі).

Проектування складання починається із завдання взаємного розташування деталей, причому забезпечується попередній огляд просторового зв'язку, що накладається. Для циліндричних поверхонь можуть бути задані зв'язки концентричності, для площин - їх збіг, паралельність, перпендикулярність або рівень взаємного розташування. Працюючи зі складанням, можна при необхідності створювати нові деталі, визначаючи їх розміри і розташування в просторі відносно інших елементів складання.

Накладені зв'язки дозволяють автоматично перебудувувати все складання при зміні параметрів будь-якої з деталей, що входять у вузол.

Створення креслень.

Після того, як буде створена твердотільна модель деталі або складання, конструктор може автоматизовано отримати робочі креслення з зображенням всіх основних видів, проєкцій, перерізів і розрізів, а також з проставленими розмірами. Solid Works підтримує двонаправлений асоціативний зв'язок між кресленнями та твердотільними моделями. Будь-яка зміна внесена в твердотільній моделі спричиняє автоматичну модифікацію відповідних двовимірних креслень.

1.1 Інтерфейс програми

Запустимо програму SolidWorks клацанням миші по значку на робочому столі або вибором команди «Пуск / Програми / Solid Works».

Після запуску програми будуть доступні два значки в лівому верхньому куті екрану:

- відкриття існуючих файлів деталей, складання або креслення;

- створення нових файлів.

У меню «File» сгруповані такі команди як: «New», «Open», «Close», «Save» тощо. Меню «Edit» дозволяє вирізати, копіювати, вставляти і видаляти елементи побудови, а також скасовувати введені команди. Меню «View» об'єднує команди, що задають орієнтацію моделі та виду проєктованої деталі або складання. Меню «Insert» призначено для додавання різних елементів побудови. Меню «Tools» дозволяє настроювати інтерфейс Solid Works, а також застосовувати інструменти для вимірювання, визначення та аналізу характеристик моделей. Через меню «Help»

можна отримати доступ до електронної довідкової системи Solid Works, за допомогою якої досвідчений користувач може швидко освіжити в пам'яті команди, а новачок дізнатися про функціональні можливості програми.

У списку кожного меню є пункт «Customize Menu», який дозволяє налаштувати вигляд списку.

Практично будь-яка команда Solid Works може бути викликана двома або навіть трьома способами:

- з рядка меню;
 - за допомогою команд відповідної панелі інструментів;
 - за допомогою «Менеджера команд»;
 - за допомогою гарячих клавіш.
- в окремих випадках натисканням правої кнопки миші для виклику контекстного меню.

Для створення нового документу необхідно натиснути на команду «New» та обрати необхідний вид файлу, рис. 1.1.

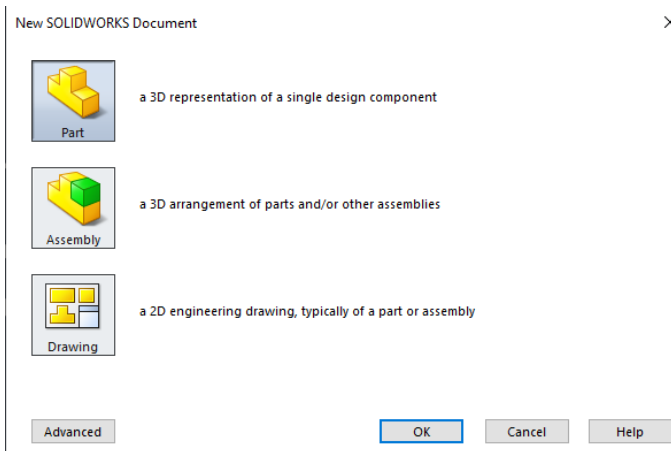


Рисунок 1.1 – Меню створення нового файлу

Лекція 2.

Системи координат Створення графічних примітивів в програмі Solid Works

2.1. Основні принципи побудови ескізів

Всі ескізи, як двовимірні, так і тривимірні, будуються на трьох взаємо-ортогональних площинах «Front», «Top» та «Right».

При побудові ескізу слід стежити, щоб ескіз мав замкнутий контур, і не відбувався перетин елементів ескізу. Solid Works допускає в одному ескізі наявність кількох замкнутих контурів. У цьому випадку при витягуванні ескізу програма попросить вказати розташування матеріалу в контурах.

Якщо ескіз не буде складатися із замкнутого контуру, то при витисканні програма побудує ескіз, як тонкостінний елемент і просить вказати його товщину.

При створенні ескізів можна вирізати та вставляти або копіювати один або більше об'єктів ескізу, як з одного ескізу в інший, так і всередині одного ескізу.

У процесі креслення ескізу з'являються лінії формування, які працюють разом із покажчиками, прив'язками і взаємозв'язками, щоб графічно відобразити, як об'єкти ескізу впливають на інші. Лінії формування це пунктирні лінії, які з'являються у процесі створення ескізу.

2.2 Створення простого ескізу

Розглянемо процес створення простого ескізу. Після

створення нового файлу деталі обираємо команду «Sketch» та переходимо в середовище його побудови. На панелі



інструментів побудови ескізу є інструменти побудови геометричних примітивів. Це – лінія, коло, кут, полілінія тощо, рис. 2.1

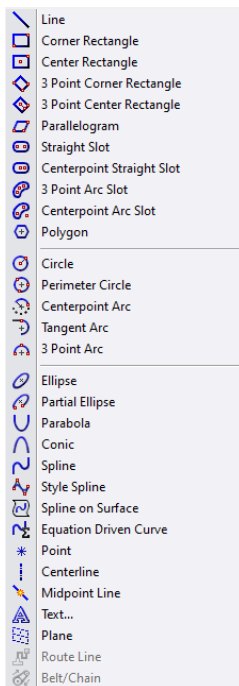



Рисунок 2.1 – Інструменти побудови геометричних примітивів

При обранні будь-якого інструменту необхідно задати параметри цього об'єкту: довжину, радіус тощо. Після цього закріпити об'єкт на робочому столі. Для редагування об'єкту можна обрати будь який шлях. Наприклад, подвійним клацанням натиснути на ньому, або обрати цей крок в «Feature Manager Design Tree». Після редагування натисніть кнопку «ОК».

Після побудови ескізу, для подальшого моделювання вийти з середовища «Ескіз» натисканням відповідної кнопки меню.

Побудова горизонтальної лінії.

Клацнувши значок мишею, виберіть команду креслення лінії  на інструментальній панелі «Sketch».

При цьому в менеджері властивостей виникає вікно «Insert Line».

У вкладці «Orientation» можна задати положення лінії, якщо відомо, що вона повинна бути горизонтальною або вертикальною, або розташовуватися під якимсь певним кутом, або «As sketches».

Потім перемістіть курсор у область креслення. При цьому він набуває вигляду олівця з лінією. Підведіть курсор до початку координат, або то точки де планується розташування початкової точки лінії. Поряд з ним має виникнути символ прив'язки. Натисніть ліву кнопку миші і, утримуючи її, починайте переміщати курсор до кінцевої точки лінії. Зверніть увагу на динамічну лінію, яку програма проводить до курсора.

Як тільки курсор досягне кінцевої точки відрізка, відпустіть кнопку миші. Під час проведення відрізка поточна довжина відображається поруч із курсором. Таким чином, використовуючи команди побудови графічних примітивів, можна побудувати будь який контур. Після його побудови необхідно проконтролювати розміри елементів. Для цього можна скористатися прийомом подвійного клацання на елементі. Після чого у вікні «Line Properties» в полі параметри можна встановити будь яке значення.

Таким же схожим чином будують всі інші елементи ескізу.

2.3 Редагування простого ескізу

Для редагування та створення елементів ескізу в програмі доступні команди редагування, рас. 2.2.

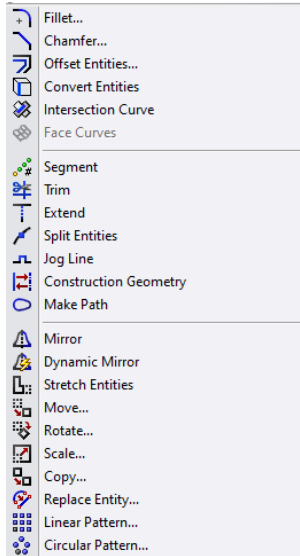


Рисунок 2.2 – Інструменти редагування

Кожна з цих команд доступна, коли ескіз виділений. На панелі інструментів представлено команда обрізання, створення фасок та округлень, дзеркального відображення, масивів тощо. При обранні будь якої команди необхідно задати параметри редагування та натиснути кнопку «ОК». Після цього елемент буде побудовано.

Використання дзеркального відображення об'єктів.

Команда дзеркального відображення об'єктів буває корисною тоді, коли необхідно намалювати ескіз, що має площину симетрії. Особливо зручно її використовувати, коли симетричний ескіз має велику кількість елементів. У цьому випадку немає необхідності повністю креслити ескіз, накресліть його половину і дзеркально відобразити його. Послідовність застосування цієї команди наступна:

1. Накреслити елементи ескізу.
2. Провести осьову лінію.
3. Здійснити дзеркальне відображення вибраних елементів.

Для швидкого вказання безлічі елементів ескізу можна скористатися виділенням за допомогою прямокутної області вибору елементів рамкою. Для цього виберіть один з вузлів для вказівки прямокутної області, натисніть на ліву кнопку миші і, тримаючи її натиснутою, ведіть другу точку кута прямокутника по діагоналі. Намагайтеся, щоб у область вибору не влучили непотрібні елементи ескізу. Якщо ж це все ж таки сталося, то виберіть і видаліть їх у поле «Entities to Mirror» для дзеркального відображення.

Додавання округлень і фасок.

Натисніть на панелі інструментів кнопку створення



округлення. У «Property Manager» з'явиться діалогове вікно округлення, в якому можна задати радіус округлення. Цей розмір задається в розділі «Fillet Parametries». Задавши розмір, вкажіть два відрізки, між якими ви хочете округити кут.

Додамо до ескізу фаску. Для цього натисніть в інструментальній панелі ескіз кнопку «Chamfer». У «Property Manager» з'явиться вікно «Sketch Chamfer», в якому є вкладка «Chamfer Parametries».

У налаштуваннях можна задати параметри фаски такими способами:

Якщо ви хочете зробити фаску з рівними відстанями, то необхідно може зробити активним режим «Distance» і встановити прапорець «Equal Distance». Катети фаски в цьому разі будуть однаковими.

Якщо ви хочете зробити фаску з нерівними відстанями, то необхідно зробити активним режим «Distance», зняти прапорець «Equal Distance» і нижче у двох вікнах задати відстані по горизонталі та вертикалі відповідно. Катети фаски в цьому випадку будуть не однаковими

Якщо ви хочете задати фаску за допомогою кута, тоді необхідно зробити активним режим «Angle» і нижче у двох вікнах задати розмір одного з катетів та кут нахилу фаски.

Використання команд створення масивів.

Команди створення масивів призначені для швидкого виконання ескізів з багатократними повторюваними елементами будь-якої форми. У Solid Works розрізняють два види масивів:

- лінійний масив ескізу;
- круговий масив ескізу.

Лінійний масив

Лінійні масиви використовуються для створення декількох екземплярів одного або кількох елементів ескізу, які можна розмістити на однаковій відстані вздовж однієї або двох траєкторій.

Натисніть кнопку  Linear Sketch Pattern.

У «Property Manager» з'явиться діалогове вікно «Linear Pattern». Клацніть мишею в полі «Entities to Pattern» і вкажіть всі необхідні елементи. Імена цих ліній мають відобразитися в полі.

Тепер перейдіть у вкладку «Direction1» і задайте значення відстані та кількості копій. Цей параметр вказує, скільки елементів буде встановлено в рядку. Якщо масив складається з двох напрямків перейдіть у вкладку «Direction2» та встановіть всі необхідні параметри.

Натисніть кнопку «ОК», щоб усі зроблені установки набули чинності. При побудові ескізів перед натисканням кнопки «ОК» будьте уважні, так як якщо ви зробили щось неправильно, всі параметри необхідно буде вводити заново. Якщо ви зробили все правильно, то у вас повинен побудуватися ескіз.

Круговий масив застосовується в тих випадках, коли необхідно накреслити кілька однакових елементів ескізу навколо певної точки.

Оберіть команду побудови кругового масиву



Circular Sketch Pattern.

У «Property Manager» з'явиться діалогове вікно. Клацніть мишею в полі «Entities to Pattern» і вкажіть необхідні елементи. Програма може автоматично визначити точку (початок координат), навколо якої будуть розмножатися обрані елементи. Якщо цього не відбулося, зробіть це вручну. Далі

задамо кут, кількість копій, кругову відстань або крок та натиснемо «ОК».

2.4 Тривимірні ескізи

При створенні двовимірного ескізу вся геометрія проектується на площину, і всі точки простору, розташовані за площиною, виявляються поза видимістю. Силуетні кромки стають плоскими об'єктами так що певні кути, округлення і циліндри відображаються як дуги та лінії. Тому для креслення каркасу або звареної деталі з профілів зручно користуватися тривимірними ескізами.

При роботі з тривимірним ескізом можна скористатися графічним інтерфейсом, який допомагає зберегти орієнтацію під час креслення на кількох площинах.

У процесі креслення тривимірного ескізу систему координат можна залишити на місці, заданому за умовчанням, або перетягнути її на нове місце. При перетягуванні системи координат на поверхню або криву її вісі будуть орієнтовані на дану геометрію.

Якщо система координат вас не влаштовує, її можна перенести, при цьому можна скористатися двома способами:

- виберіть на тріаді вісь або площину, клацнувши мишею за стрілкою тріади або по сектору, та перетягніть геометрію. Геометрія при цьому буде переміщатися вздовж вибраної осі або у вибраній площині тріади;

- перетягніть тріаду на точку. При цьому тріада буде прив'язана до цієї точки, і згодом можливо перетягувати цю точку за вісь або площину тріади. Якщо тріада буде зафіксована на місці, геометрію все одно можна буде перетягувати.

На початку креслення виконується щодо системи координат моделі, що використовується за замовчуванням. Щоб перейти в

одну з двох площин за замовчуванням, виберіть потрібний інструмент ескізу та натисніть ті клавішу «Tab». Відобразиться вихідна точка поточної поверхні ескізу. Для створення тривимірних ескізів можна використовувати будь-який з наступних інструментів:

- всі інструменти кола;
- всі інструменти дуг;
- всі інструменти прямокутника;
- лінію;
- сплайни;
- точку.

При кресленні тривимірного ескізу можна створювати об'єкти на робочій площині або у будь-якій довільній точці тривимірного простору.

Основні прийоми побудови ескізів будуть відпрацьовані на практичних роботах.

Лекція 3.

Створення 3D об'єктів в програмі Solid Works

Деталлю в SolidWorks називається окремий тривимірний об'єкт, створений з елементів. Деталь може бути компонентом складання, а також може бути представлена видами на плоскому кресленні. У «Feature Manager Design Tree» можна задати матеріал та оцінювати масові характеристики деталі.

3.1. Основні способи побудови моделей

У Solid Works існують такі способи конструювання тривимірних деталей:

- витискання. Це найпростіший спосіб формування твердого тіла, з якого зазвичай і починається знайомство з Solid Works, заснований на витисканні ескізу в одному або двох



напрямок. Ця команда активізується кнопкою на панелі інструментів «Features». Функція команди полягає у заповненні об'єму, який описаний контуром ескізу при його паралельному прямолінійному переміщенні. Можна здійснювати витискання ескізу під кутом, тобто формувати тверде тіло у вигляді конусу. При витисканні також можна створити тонкостінну деталь, задаючи товщину стінки.

Для виконання даної команди необхідно:

1. Побудувати ескіз основи майбутнього елемента.
2. Обрати команду «Extruded Boss/Base».
3. У «Property Manager» послідовно вказати напрям та глибину витискання. Майбутній елемент з'явиться на робочому полі. Після цього, натиснути кнопку «ОК».
4. Для редагування побудованої моделі необхідно обрати пункт меню «Feature Manager Design Tree», який відповідає виконанню цієї команди, виконати редагування та натиснути «ОК».

- Обертання. Також поширений спосіб побудови твердого



тіла. Ця команда запускається натисканням кнопки, яка розташована на панелі інструментів «Features». При виконанні команди ескіз повертається навколо заданої вісі, заповнюючи матеріалом об'єм твердого тіла. При цьому ескіз деталі формується методом обертання, обов'язково повинен складатися з контуру деталі та вісі обертання. Обертання контуру навколо вісі може здійснюватися на будь-яку бажану величину кута.

Для виконання даної команди необхідно:

1. Побудувати ескіз контуру, який буде обертатися навколо вісі. Контур може бути замкненим та незамкненим. Якщо контур

замкнений, програма побудує твердотільну модель. Якщо незамкнений – поверхню, яка не має товщини.

2. Побудувати вісь обертання. Вона повинна лежати в тій же площині, що і ескіз контуру.

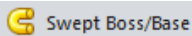
3. Обрати команду «Revolved Boss/Base».

4. У «Property Manager» послідовно вказати контур та вісь обертання. Задати кут обертання. «ОК».

5. Для редагування побудованої моделі необхідно обрати пункт меню «Feature Manager Design Tree», який відповідає виконанню цієї команди, виконати редагування та натиснути «ОК».

Solid Works дозволяє створювати деталі складної конфігурації (на кшталт трубопроводів, пружин, деталей із змінними перерізами. Можливості Solid Works великі та дозволяють спроектувати деталь практично будь-якої складності. Розглянемо перелічені вище методи побудови деталей складної конфігурації докладніше.

- Витискання елемента по траєкторії полягає в тому, що формування твердого тіла відбувається в результаті заповнення матеріалом обсягу, який утворюється при переміщенні профілю за деякою траєкторією. Виконується натисканням кнопки



з панелі інструментів «Features». Для проєктування деталей по траєкторії необхідно створити як мінімум два ескізи: ескіз профілю та ескіз траєкторії. У якості профілю зазвичай використовують контур ескізу, який має бути замкнутим. А траєкторія – це контур ескізу, який може бути і незамкеним. У процесі переміщення профіль може залишатися паралельним самому собі або зберігати незмінним початковий кут з траєкторією. Можна також встановити обертання профілю в процесі його переміщення вздовж траєкторії. Крім того, профіль може змінювати свої розміри та конфігурацію відповідно формі прямої кривої. Спосіб витискання елемента по траєкторії зручно створювати деталі типу пружин, при цьому траєкторією є спіраль. Як і у випадку простого витискання, при формуванні

елемента по траєкторії можна проектувати тонкостінні деталі. Ця можливість широко використовується при конструюванні трубопроводів.

Для виконання даної команди необхідно:

1. Побудувати ескіз контуру, який буде рухатися по траєкторії. Контур може бути замкненим та незамкненим. Якщо контур замкнений, програма побудує твердотільну модель. Якщо незамкнений – поверхню, яка не має товщини.

2. У площині, яка перпендикулярна площині ескізу контуру побудувати шлях (криву) по якій буде рухатися контур.

3. Обрати команду «Lofted».

4. У «Property Manager» послідовно вказати контур та шлях. Задати напрям. «ОК».

5. Для редагування побудованої моделі необхідно обрати пункт меню «Feature Manager Design Tree», який відповідає виконанню цієї команди, виконати редагування та натиснути «ОК».

- Витискання елемента по перерізах активізується кнопкою



Lofted Boss/Base

на панелі інструментів «Features» та дозволяє проектувати деталі шляхом створення плавних переходів між профілями (перетинами). Профілі являють собою ескізи, розташовані в різних площинах. Ці площини можуть розташовуватися як паралельно до іншого, так і під кутом. У Solid Works існує цілий набір прийомів для створення допоміжних площин. При проектуванні деталей за допомогою команди «Boundary Boss/Base» можна також використовувати в якості допоміжного елемента направляючу криву, в цьому випадку плавні переходи між профілями будуть будуватися відповідно формі цієї напрямної.

Для виконання даної команди необхідно:

1. Побудувати ескізи контурів, які будуть об'єднані. Якщо контури замкнені, програма побудує твердотільну модель. Якщо незамкнений – поверхню, яка не має товщини.

2. Обрати команду «Boundary Boss/Base».

3. У «Property Manager» послідовно вказати ескізи перетинів. Задати напрям. «ОК».

4. Для редагування побудованої моделі необхідно обрати пункт меню «Feature Manager Design Tree», який відповідає виконанню цієї команди, виконати редагування та натиснути «ОК».

Для формування вирізів та отворів у Solid Works використовуються ті ж можливості, що і для створення твердого тіла. Кнопки команд для оформлення вирізів розташовуються на панелі інструментів «Features».


Процес створення вирізів відрізняється від процесу формування твердого тіла лише тим, що об'єм, що описується переміщенням контуру, в цьому разі звільняється від матеріалу твердого тіла.

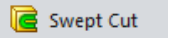
Розрізняють такі основні види вирізів:

- витиснений виріз (Extruded Cut) запускається відповідною

кнопкою  ;

- повернений виріз (Revolved Cut) можна активізувати

відповідною кнопкою 


- виріз по траєкторії (Swept Cut). Її запуск здійснюється відповідною кнопкою  ;


- виріз по перетинах (Lofted Cut). Команда активізується натисканням відповідної кнопки  .


Лекція 4. Редагування 3D об'єктів


У Solid Works існує також безліч додаткових можливостей, що дозволяють формувати окремі елементи деталей: фаски,


округлення, ухили. У розпорядженні користувача є також команди, які значно прискорюють процес побудови деталей: масиви (лінійний, круговий тощо) та дзеркальне відображення:

- округлення (Fillet). Ця команда активізується натисканням однойменної кнопки  Fillet на панелі інструментів «Features» та дозволяє округлити будь-яку виділену кромку (ребро) деталі. Для цього необхідно вказати крайку та задати радіус для її округлення.

- Фаска (Chamfer). Ця команда запускається кнопкою  Chamfer, яка також розташовується на панелі інструментів «Features» та дозволяє зняти фаску із зазначеної кромки деталі. Для побудови фаски необхідно вказати величину фаски та її кут чи розміри фаски у двох напрямках.

- Купол (Dome). команда дає можливість перетворити одну з грань деталі у повернутий або опуклий купол, для чого потрібно активізувати кнопку  Dome... на панелі інструментів «Features» і встановити відстань, на яку має відбутися витягування купола;

- Ухил (Draft). Завдяки цій команді можна змінювати кути між гранями побудованої моделі. Команда запускається натисканням кнопки  Draft на панелі інструментів «Features», потім вказується тип і кут ухилу, а також вибирається грань деталі, положення якої у просторі має змінитися;

- Оболонка (Shell). Ця команда запускається натисканням кнопки  Shell і дозволяє з твердотільної моделі сформувати порожню деталь, при цьому одна або кілька граней можуть бути видалені, а інші перетворюються в тонкостінні. За допомогою цієї команди можна збудувати також замкнуту порожнисту деталь.


Лекція 5.

Масиви, різьблення, перетини, створення допоміжної геометрії в програмі Solid Works

Масиви.


Ці команди значно прискорюють процес конструювання деталей, оскільки дозволяють розмножувати раніше створені елементи деталі. Програма Solid Works має можливості побудови кругових, лінійних та інш. масивів.

Команда «Лінійний масив (Linear Pattern)» широко застосовується при проектуванні елементів, які повторюються. (отвори, виступи, вибірки тощо).

У цьому випадку достатньо побудувати лише один з елементів, інші будуть розмножені по команді «Лінійний масив (Linear Pattern)»  Linear Pattern .

Треба лише вказати кількість елементів, які копіюються і відстань між ним, а також, є можливість створення масиву по двох напрямках: по горизонталі та по вертикалі.

Команда «Круговий масив (Circular Pattern)» широко застосовується при проектуванні таких деталей як зубчасте колесо.


У цьому випадку достатньо побудувати лише один зуб колеса, інші зуби виходять розмноженням створеного за командою «Круговий масив (Circular Pattern)» зуба  Circular Pattern .

Треба лише вказати кількість елементів, які копіюються і вісь масиву. Масив можна використовувати для розмноження раніше створених елементів деталі у двох напрямках, вказавши елемент копіювання та інтервали між елементами у кожному з двох напрямків;

Дзеркальне відображення.

Цю команду зручно використовувати при проектування симетричних деталей. У цьому випадку достатньо по побудувати

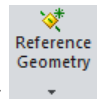
лише половину деталі, друга половина будується як дзеркальне відображення існуючої.

При виборі команди «Дзеркальне відображення (Mirror)»  необхідно лише вказати площину симетрії, яка може бути стандартною, а може бути побудована окремо та елементи, які відображаються.

Усі перелічені прийоми побудови деталей та її окремих елементів можуть бути використані як окремо, так і в сукупності при конструюванні складної деталі.

Розглянемо побудову деталей складної конфігурації. Основний принцип побудови елементів за перерізами полягає у плавному з'єднанні профілів перерізів деталі, які розташовуються на різних площинах. Профіль являє собою замкнутий і непересічний ескіз. Обов'язкова умова: площини з профілями повинні бути розташовані на деякій відстані один від одного, паралельно, під кутом тощо.


У Solid Works існує цілий набір методів побудови допоміжних площин. Для створення нової допоміжної (довідкової) площини необхідно натиснути кнопку «Допоміжна





геометрія (Reference Geometry)» на пані та інструментів.


Після цього на екрані з'явиться вікно «Площина (Plane)».

У цьому вікні необхідно вказати основні параметри допоміжної площини, поставивши дані у розділі «Вибір» та вибрати спосіб її побудови:

- активізувавши кнопку  10.00mm, з метою додавання площини на відстані від обраної;

- побудувати довідкову площину, паралельну вихідній площині  Parallel

- побудувати довідкову площину, перпендикулярну вихідній площині  Perpendicular ;

- якщо мова йде про циліндричну вихідну площину, програма запропонує створення дотичної площини  Tangent .

Після створення будь якої допоміжної площини, далі, можна використовувати їх для побудови ескізу та подальшого створення тримірних елементів деталі.

5.1 Основні засади побудови деталей з листового матеріалу

В Solid Works існує два основних способи створення деталей з листового матеріалу:

- проєктування деталей безпосередньо з листового матеріалу;

- конструювання тривимірної деталі як твердого тіла, а потім перетворення її в деталь з листового матеріалу.

Необхідно активізувати панель інструментів «Листовий метал (Sheet Metal)».

Розглянемо основні способи побудови деталей з листового матеріалу. В першому способі основою для побудови деталі є її розгортання, деталь створюється з плоского стану. У другому деталь відразу будується як деталь з листового матеріалу. Розглянемо ці методи по порядку.

Перший спосіб полягає в тому, що спочатку необхідно накреслити ескіз розгортки, на основі якого витискається тверде тіло.

У загальному випадку це тіло має вигляд фігурного тривимірного листа. Потім ця розгортка перетворюється на листовий метал. На наступному етапі побудови на плоскій поверхні твердотільної розгортки створюється ескіз, в якому малюються лінії згину. При виході з ескізу розгортка згинається згідно цим лініям згину. Автоматично всі згини листа здійснюються під кутом 90° , радіус заданий в режимі за

замовчуванням, тому на наступному етапі побудови деталі необхідно відредагувати кути і радіуси для кожного згину.

Такий спосіб створення листового матеріалу зручно використовувати, коли основною є конфігурація розгортки, і саме її розмір найбільш важливі під час конструювання деталі. Розглянемо кроки побудови деталі з листового матеріалу трохи докладніше.

Спочатку створюється ескіз розгортки та витискається на товщину листа. Після того як була створена твердотільна розгортка, необхідно перетворити її в деталь з листового металу, для чого потрібно натиснути кнопку «Згин (Edge-Flang)» на панелі інструментів «Листовий метал (Sheet Metall)».

На екрані з'явиться вікно «Edge-Flang1», в якому необхідно вказати основні параметри згинів.

Другий спосіб полягає в тому, що деталь з листового матеріалу проєктується відразу в зігнутому стані. У цьому випадку розгортку можна створити тільки розгорнувши всі згини готової деталі. Такий спосіб проєктування використовується, коли відомо, як повинна виглядати деталь в зігнутому стані. Розгортка у разі має другорядне значення.

Для побудови деталей з листового металу відразу в зігнутому стані в арсеналі проєктувальника на панелі інструментів «Листовий метал (Sheet Metall)» є кілька спеціальних команд.

Незалежно від зовнішнього вигляду деталі, її побудова починається зі створення ескізу базової кромки. Цей ескіз є контуром, який перетворюється на базову кромку деталі після натискання кнопки «Базова крайка/виступ (Base Flange)». При виконанні цієї команди деталь позначається як деталь з листового металу, при цьому у вікні «Базова крайка/виступ (Base Flange)» задається товщина листа, допуск згину та спосіб зняття напружень.

Базова кромка повинна бути першим елементом при створенні нової деталі, до того ж у деталі з листового металу в

Solid Works може бути тільки один елемент, помічений як «Базова кромка/виступ (Base Flange)».

На основі базової кромки можна побудувати кромки різної форми. Для цього необхідні наступні команди:


- «Ребро-кромка (Edge-Flang)» - це елемент деталі з листового металу. При побудові ребра-кромки за одну операцію об'єднують згин та виступ. При побудові необхідно вказати радіуси згинів, довжину ребер, а також декілька базових кромки деталі від яких будуть побудовані прямолінійні кромки.

- «Кромка під кутом (Hem)». Для її виконання необхідно вказати базову кромку, під кутом до якої повинна бути побудована нова кромка. На відміну від команди «Ребро-кромка», кромка під кутом може мати криволінійну форму. Тому, обов'язково будується ескіз кромки.

- «Облямівка (Jog)» - дозволяє побудувати прямолінійну бокову сторону, яка розташована паралельно основі. Одночасно можна побудувати декілька однакових облямок від різних кромки. Для цього необхідно вказати їх довжину, відстань та зазор між ними.

Для побудови розгортки деталі з листового металу, необхідно в «Дереві побудови» обрати строку «Розгортка 1 (Flat Pattern)», активізувати контекстне меню натисканням правої кнопки миші та клацнути на команді «Висвітити (Hide/Show)». Вся деталі розгорнеться у площину деталі, на якій пунктирною лінією будуть нанесені лінії згину.

В програмі є можливість створення твердотільної деталі, а потім її перетворення у деталь з листового металу.

По-перше необхідно побудувати тверде тіло. Потім цю деталь потрібно перетворити на тонкостінну деталь, використовуючи команду «Оболонка (Shell)»  Shell на панелі інструментів «Features».

Наступний етап створення розрізів за допомогою команди «Розрив (Mitter Flange)». У вікні «Розрив (Mitter Flange)», вказуються ті кромки, вздовж яких необхідно зробити розрізи.

Потім, запустивши команду «Згин (Hem)» на панелі інструментів «Листовий метал (Sheet Metall)», вказують радіус згину та зафіксовану кромку або грань по периметру якої пройдуть лінії згину. В результаті виконання команд призматична твердотільна деталь перетворюється на деталь з листового металу. На цій деталі будуть зображені згини, які можна розгорнути, створивши розгортку. Для отримання повної розгортки деталі потрібно лише натиснути кнопку «Плоский» на панелі «Листовий метал (Sheet Metall)». Команда «Плоский (Fold/Unfold)» дозволяє розгорнути всі елементи, які можна розгорнути в цій деталі. Для повернення деталі до попереднього зігнутого стану досить ще раз натиснути кнопку «Плоский (Fold/Unfold)».

Щоб розірвати лише деякі деталі, слід скористатися кнопкою «Розгорнути (Unfold)», на панелі інструментів «Листовий метал (Sheet Metall)» на екрані з'явиться вікно «Розгорнути (Unfold)», в якому, у полі «Зафіксована грань» слід вказати ту грань, положення якої в просторі залишається незмінним, а в полі «Розгорнути (Unfold)» необхідно вказати ті ребра, які ви збираєтеся розірвати. В результаті ви отримаєте неповну розгортку листової деталі.

Аналогічно, щоб зігнути лише деякі грані, слід скористатися командою «Зігнути (Fold)». У вікні необхідно вказати зафіксовану грань, а також згини, які необхідно зігнути.

Лекція 6.

Компонування креслення та вивід його на друк в програмі Solid Works

6.1 Оформлення креслень

Solid Works дозволяє досить просто регенерувати креслення створених у ньому деталей, вузлів та виробів. Креслення підтримують двосторонню асоціативний зв'язок із тривимірними моделями. При внесенні змін модель її креслення автоматично модифікується відповідно до них. І навпаки, якщо користувач змінює якийсь розмір на кресленні, це відразу ж відображається у тривимірній моделі.

Щоб швидко виконувати креслення, рекомендується встановити в Solid Works шаблони форматів з основними написами від A0 до A4, а також бланки специфікацій.

Всю роботу зі створення та оформлення креслення у Solid Works можна розділити на такі етапи:

1. Вибір креслярського шаблону форматів з основним написом.
2. Створення необхідних видів на кресленні та операції з видами.
3. Нанесення розмірів та налаштування параметрів їх відображення.
4. Додавання приміток інших типів: шорсткостей, відхилень форми, баз тощо.
5. Друк креслення.
6. Оформлення специфікації.

6.2 Встановлення шрифтів та шаблонів Solid Works

Щоб текст на кресленнях за зображенням відповідав стандарту необхідно додати ці шрифти у Solid Works. Для встановлення шрифтів скопіюйте файли шрифтів з каталогу «Fonts» у кореневій папці що прикладається в папку «Fonts» системи Windows. Після копіювання файлів шрифтів перевірте коректність їх встановлення.

Далі, встановіть шаблони стандартних форматів креслень розмірами від А0 до А4 зі штампом основного напису. Користувачі, звичайно можуть створити власні форти і зберегти їх як шаблони. Або можна виправити форматування, що пропонуються в цьому виданні, а також зберегти їх як шаблони.

6.3 Створення нового креслення

Для створення нового креслення запустіть Solid Works та виберіть команду меню «Файл (File) / Новий (New)». Відкриється вікно «Новий документ (New)». Клацніть кнопку «Креслення (Drawing)». Потім натисніть «ОК». Відбудеться завантаження шаблону креслення. Після завантаження файл шаблону з'явиться діалогове вікно «Формат листа/розмір (Sheet Format/Size)». В даному діалоговому вікні користувач може вибрати розмір аркуша та файл основного напису, як формат за замовчуванням. Нижче в полі «Стандартні формати (Standart sheet size)» будуть перераховані шаблони креслень, виконаних за стандартом. Якщо ж у вас нестандартний лист, встановіть перемикач у положення розмір листа і задайте ширину і висоту креслення в міліметрах.

У графічній області з'явиться порожній лист креслення з основним написом. При цьому в «Менеджері властивостей

(Property Manager)» з'явиться діалогове вікно «Вид моделі (model View)».

Якщо вікно «Відкрити документи (Part/Assembly to insert)» порожнє, то натисніть кнопку «Огляд (Browse)» і знайдіть потрібний файл. Вибравши деталь, натисніть кнопку «Відкрити (Open)», щоб вставити модель у креслення.

У вкладці «Орієнтація (Orientation)» натисніть кнопку необхідного виду.

У вкладці «Якість зображення (Display Style)» оберіть режим «Сховати невидимі лінії». У вкладці «Масштаб (Scale)» залиште «Використовувати масштаб аркуша (Use Sheet Scale)», щоб при створенні вставленого креслярського виду програма Solid Works сама підбрала оптимальний масштаб для видів, які будуть розповсюджені на цьому аркуші.

Відразу автоматично запуститься команда створення проєкційних видів і в «Менеджері властивостей (Property Manager)» з'явиться вікно в якому можна виконувати налаштування параметрів створюваних видів.

Зверніть увагу, що при побудові проєкційних видів, поки ви не натиснули ліву кнопку миші, попереднє відображення виду переміщається суворо по лінії. Якщо вам потрібне розташування виду не на лінії проєкції, щоб відчепити проєкційний вигляд, натисніть клавішу «Ctrl» і, утримуючи її, переміщайте вигляд у потрібне місце. Потім натисніть ліву кнопку миші.

Після побудови проєкційних видів натисніть кнопку «ОК».






Якщо клацнути мишею на виді у графічній області, цей вид активізується, і в «Менеджері властивостей (Property Manager)» з'явиться вікно з властивостями, які можна редагувати незалежно від інших видів.

Будь-який створений вид можна переміщати. Для цього підведіть покажчик миші до виду, який потрібно перемістити. При влученні вказівника на межу виду або кромку моделі поруч із покажчиком виникне значок переміщення. Натисніть ліву кнопку миші. захопивши вигляд та перемістіть його на місце.

Якщо проєкційний вигляд має прив'язку до головного виду, то він переміщатиметься по вертикалі або горизонталі. Якщо переміщати головний вид, то залежні проєкційні види будуть переміщатися разом з ним.

Щоб розірвати проєкційний взаємозв'язок (умови вирівнювання) між видами, клацніть правою кнопкою миші на імені виду в «Менеджері властивостей (Property Manager)» та у випадіючому контекстному меню виберіть «Вирівняти». Тепер вид можна перемістити в будь-яке місце в графічній області. Для того щоб відновити розірваний проєкційний зв'язок з виглядом батьком, клацніть правою кнопкою миші на вигляді в «Менеджері властивостей (Property Manager)» та у випадіючому контекстному меню виберіть команду «Вирівняти (Reset Sketch Visibility)».

Для зміни режиму відображення виду клацніть мишею цей вид і в діалоговому вікні «Менеджера властивостей (Property Manager)» даного виду натисніть одну з кнопок у розділі «Тип відображення (Display Style)»:

- каркасне представлення  ;
- невидимі лінії відображаються  ;
- приховати невидимі лінії  ;
- зафарбувати з кромками  ;
- зафарбувати  .

У Solid Works кожному креслярському вигляду можна задати свій масштаб. Для зміни масштабу виду клацніть мишею по цьому виду і у вікні «Менеджера властивостей (Property Manager)», що відкрилося у вкладці «Масштаб (Scale)» встановіть відповідний прапорець:

- використовувати масштаб батьківського виду - буде прийнятий масштаб батьківського виду;

- використовувати масштаб листа - буде прийнятий масштаб який призначила система при створенні першого батьківського виду на креслярському аркуші;

- використовувати масштаб користувача - можливе завдання будь-якого про довільного масштабу з випадуючого списку. При цьому масштаби видів можуть відрізнятися від масштабу батьківського виду.

Всі розміри в Solid Works можна розділити на дві групи:

- керуючі розміри, або розміри, за якими була побудована модель деталі. Керуючі розміри можна змінювати, як перебуваючи в документі моделі, так і безпосередньо з креслення. Для додавання до креслення необхідно натиснути кнопку «Вставка (Insert)» на інструментальній панелі «Примітки (Annotation)»;

- довідкові, або керовані розміри, що не дозволяють керувати змінами геометрії моделі. Для перерахунку довідкових розмірів необхідно змінити керуючі. Причому можна встановити величину розміру, не пов'язану із реальним розміром моделі. Для додавання довідки або керованих розмірів у креслення необхідно натиснути кнопку «Автоматичне нанесення розмірів (Model Items)» на панелі інструментів «Розміри (Dimension)».

Усі розміри, які ви проставляли під час побудови моделі, можна відобразити на всіх креслярських видах. Для цього оберіть меню «Вставка (Insert) / Елементи моделі (Model Items)» Ця команда здійснює імпорт розмірів, приміток та довідкової геометрії з моделі в вид. У «Менеджері властивостей (Property Manager)» з'явиться вікно «Елементи моделі (Model Items)», в якому можна вибрати, які типи розмірів, приміток і довідкової геометрії потрібно імпортувати з моделі.

У вкладці «Джерело / Призначення (Source / Destination)» у вікні «Джерело (Source)» оберіть пункт «Entire model» для імпортування всіх розмірів моделі. Установіть прапорець «Імпортувати елементи у всі види (Import items into all views)». У вкладці «Розміри (Dimensions)» натисніть кнопки позначені для

креслення для вставки тільки тих розмірів, які позначені в деталях як для креслень.

Установіть прапорець «Виключити повторювання (Eliminated duplicates)», щоб у кресленні була створена тільки одна копія кожного розміру моделі. На видах з'являться розміри, які можуть перекривати інші. З допомогою миші розтягніть розміри по графічній області. Якщо якийсь розмір вам не потрібен, то клацніть по ньому мишею і натисніть «Delete». Розмір зникне з вигляду.

Після того як розміри будуть додані в креслення, їх можна переміщати як усередині одного виду, так і між видами, а також копіювати. Причому, переміщати або копіювати розмір можна тільки в той вид, орієнтація якого відповідає цьому розміру.

Переміщувати або копіювати розміри можна такими способами:

- для переміщення розміру всередині виду розмір захопіть мишею і перепомістіть в нове положення, після чого відпустіть кнопку миші;

- для переміщення розміру з виду на вигляд натисніть клавішу «Shift», оберіть розмір і перемістіть його всередину сторінок іншого виду, після чого відпустіть кнопку миші та «Shift»;

Для копіювання розміру з одного виду в інший натисніть під час перетягання розміру клавішу «Ctrl»;

- для переміщення або копіювання відразу кілька розмірів виберіть їх. Для вибору декількох розмірів натисніть та утримуйте клавішу «Ctrl» у момент вибору. Вибір можна також здійснити «рамкою».

Оскільки розміри моделі і креслення мають асоціативний зв'язок, то при зміні розміру моделі у виді креслення відбувається автоматичне оновлення самої моделі, що відображає дану зміну, і навпаки, при зміні розміру моделі відбувається автоматичне оновлення розміру на кресленні.

6.4 Друк креслення

Для друку креслення деталі виберіть у меню «Файл (File)/ Друк (Print)». З'явиться діалогове вікно «Друк (Print)», в якому необхідно вибрати принтер для друку документів. Далі натисніть кнопку «Товщина лінії (Line Thickness)». Відкриється діалогове вікно «Властивості документа (Document Properties)», в якому можна задати до 8 різних градацій ліній по товщині. Для оформлення креслення, як правило, достатньо трьох: тонкої (0,3 мм), основної (0,6 мм) і потовщеної (0,8 мм). Тонкими лініями, наприклад, відображаються розмірні і виносні лінії, основними лінії видимого контуру, потовщеними - лінії перерізів.


Далі в розділі «Сторінки (Page Setup)» встановити принтер та, якщо необхідно, здійснити попередній перегляд креслення, яке друкується.

6.5 Створення додаткових видів

Іноді для повного уявлення про конфігурацію деталей створених видів недостатньо.

6.5.1 Створення розрізу


Для цього нам знадобиться інструментальна панель «Креслення (Drawing View)».

Команда «Розріз (Section)»  **Section** дозволяє створити простий або ступінчастий розріз або переріз за допомогою набору розташованих паралельно січних площин. Ця команда додає розріз шляхом розсічення батьківського виду за допомогою лінії


перерізу. Намалюйте лінію перерізу. Відразу виникне новий вид, що динамічно переміщається. Він буде переміщатися тільки перпендикулярно до лінії розрізу. Щоб відчепити вигляд натисніть та утримуйте клавішу «Ctrl», перемістіть вид у потрібне місце. Виникне нове діалогове вікно «Розріз А-А». Якщо ви додаватимете нові розрізи, то буква, яка позначає розріз, буде змінюватися автоматично (латинська). Встановіть інші параметри та натисніть «ОК».

6.5.2 Створення допоміжного виду

При створенні креслень іноді зручно показати вид на деталь з якого то певного ракурсу. Для цього в Solid Works є засіб створення допоміжних видів.

На інструментальній панелі «Креслення (Drawing View)» натисніть кнопку «Додатковий вид (Projected)»  Projected . Ця команда створює вид шляхом використання кромки або іншого лінійного об'єкта. Відразу автоматично створюється вид, перпендикулярний кромці, а також створюються стрілка та мітка виду. Натисніть клавішу «Ctrl» для розриву проекційного зв'язку між видами та для розміщення виду поруч із вихідним виглядом, клацнувши мишею в графічній області.

6.5.3 Створення місцевого виду

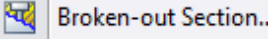
Для цього в панелі інструментів «Креслення (Drawing View)» натисніть кнопку «Місцевий вигляд (Auxiliary)»  Auxiliary . Ця команда додає місцевий вигляд для відображення частини виду зазвичай у збільшеному масштабі.

Система автоматично перейде у режим редагування ескізу. Після редагування натисніть кнопку «ОК».

6.5.4 Створення обрізаного виду

Для цього в панелі інструментів «Ескіз (Scetch)» натисніть кнопку «Сплайн (Splin)» і намалюйте на виді замкнений сплайн.

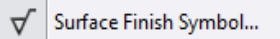
Потім на панелі інструментів «Креслення» натисніть кнопку «Обрізаний вид» (Broken-out Section)».

. Ця команда проводить обрізання існуючого виду для відображення тільки частини виду. Після відпрацювання команди залишиться тільки та частина виду, яка була поміщена в сплайн. Видаліть розміри, що залишилися непотрібними.




6.5.5 Додавання приміток

Крім розмірів, всі позначення, що застосовуються на кресленнях позначення шорсткості, баз, відхилень форми в Solid Works відносяться до приміток, і кнопки для додавання цих позначень розташовуються в панелі інструментів «Примітки (Annotations)».


Для додавання позначення шорсткості поверхні в панелі інструментів «Примітки (Annotations)» натисніть кнопку «Шорсткість поверхні (Surface Finish Symbol)»



В «Менеджері властивостей (Property Manager)» відкриється діалогове вікно «Шорсткість поверхні (Surface Finish)», в якому можна задати налаштування для даного позначення. У вкладці «Позначення (Symbol)» виберіть один із таких видів обробки поверхні:


-  - просте позначення шорсткості поверхні, вид обробки якої конструктором не встановлюється;
-  - обробка, коли необхідно позначення шорсткості поверхні, яка повинна бути утворена видаленням шару матеріалу, наприклад, точінням, фрезеруванням тощо;
-  обробка відсутня, позначення шорсткості поверхні, яка повинна бути утворена без видалення шару матеріалу (наприклад, литтям, куванням, штампуванням, прокатом, волочінням), а також поверхні, що не обробляються за цим кресленням.

Далі необхідно заповнити поля позначення шорсткості та розташувати позначення шорсткості на кресленні до тієї поверхні, яка оброблюється.

Для призначення грані деталі як бази з позначення необхідно обрати в панелі інструментів «Примітки (Annotations)» кнопку «Базова поверхня (Datum Feature Symbol)»  Datum Feature Symbol..., команда додає в креслення позначення базової поверхні. У «Менеджері властивостей (Property Manager)» відкриється діалогове вікно «Базова поверхня (Datum Feature)», а якщо перевести вказівник миші в графічну область, то поруч із курсором з'явиться відповідне позначення. У вкладці «Datum Feature» в полі «Мітка (Leader)» вкажіть позначку базової поверхні, в якості значка виберіть зафарбований трикутник.

Далі на виді підведіть курсор миші до кромки, що позначає поверхню деталі, клацніть ліву кнопку миші, потім перемістіть покажчик у те місце, де необхідно розмістити позначення і знову клацніть мишею. Лінію продовження (виноски) буде додано автоматично.

Якщо ви поспіль встановлюватимете кілька баз, починаючи з літери А, то найменування міток автоматично змінюватимуться, щоправда, в латинських літерах. Щоб завершити команду, натисніть кнопку «ОК».

Для створення позначення відхилення форми або розташування поверхонь на кресленні в панелі інструментів «Примітки (Annotations)» натисніть кнопку «Відхилення форми (Geometric Tolerance)»  Geometric Tolerance... . Відкриється діалогове вікно «Відхилення форми (Geometric Tolerance)» де будуть представлені можливі у Solid Works значки.

Додамо позначення відхилення, у полі «Допуск1 (Tolerancel)» введемо значення допуску, у полі «Первинний (Primary)» введіть позначення бази. Якщо ви переведете вказівник миші у графічне вікно, то побачите попереднє зображення позначення. При цьому у вікні «Відхилення форми» можна встановити різні типи виносков. Щоб завершити команду, натисніть кнопку «ОК». Якщо позначення встановлено невдало, то його можна зачепити мишею і переміщати в нове місце. При цьому точка на кромці (місце, куди вказує стрілка позначення) не змінить свого положення. Якщо потрібно змінити місце вказівки позначення, то необхідно клацнути по стрілці позначення «Маркер (Leader)», що з'явився, перемістити стрілку на нову кромку.

На одній виносці може бути розташовано кілька вимог відхилення форми та розташування поверхонь.

Технічні вимоги створюють за допомогою команди «Нотатки (Note)». Для цього натисніть відповідну кнопку в панелі інструментів «Примітки (Annotations)». Далі клацніть мишею в графічній області над основним написом. Відобразиться вікно редагування, в якому введіть текст. При необхідності редагування відступів, маркерів та нумерації списку натисніть під час створення нотатки праву кнопку миші, в контекстному меню виберіть відповідну команду.

Якщо клацнути мишею на будь-який розмір на кресленні, висвітляться зеленим кольором всі елементи, що відносяться до цього розміру, а саме:

- текст розміру;
- розмірна лінія;

- виносні лінії;
- різні маркери: маркери нахилу виносних ліній (ліній подовження), маркери стрілок, маркери прив'язки виносних ліній, маркер обертання (з'являється тільки на діаметральному розмірі, відображеному у лінійному вигляді).

Лекція 7.

Створення 3-D збирання в програмі Solid Works

Solid Works дозволяє створювати складання з безлічі різних компонентів. Компонентами у складанні є окремі деталі або інші складання, які ще називають вузлами. Розглянемо основні види складань та принципи їх побудови.

7.1. Основні принципи створення складань

В Solid Works можна побудувати складання двох типів: складання «знизу вгору» та складання «зверху вниз».

Складання «знизу вгору» являє собою складання конструкції з готових деталей. Для побудови такого збирання деталі повинні бути заздалегідь спроектовані та збережені в окремих файлах. Конструкція або вузол збирають з цих деталей аналогічно реальній збірці. У процесі складання необхідно готові деталі помістити в тривимірний складальний простір і вказати умови їх поєднання один з одним.

При проектуванні складання «згори донизу» спочатку створюється компоувальний ескіз складання, а вже на його основі будуються окремі деталі. Ці деталі одночасно є вбудованими у загальне складання. Такий тип складання є зручний тим, що при зміні компоувального ескізу складання

автоматично змінюються розміри та конфігурації складових її деталей.

Розглянемо принципи побудови перерахованих вище складань докладніше.

Для створення складання запусимо програму Solid Works і оберемо команду меню «Файл (File) / Новий (New)». На екрані з'явиться вікно Solid Works зі списком шаблонів: Деталь, Складання, Креслення.

Оберемо шаблон «Складання (Assembly)» та натиснемо кнопку «ОК».

Ми опинимося у віртуальному просторі, де можна розмістити компоненти складання, деталі чи складальні одиниці. Шаблон «Складання (Assembly)» відрізняється від шаблону «Деталь (Model)» присутністю в «Дереві конструювання» рядка група сполучення.

7.1.1. Побудова складання «знизу вгору»

Такий спосіб побудови передбачає існування тривимірних моделей деталей, з яких буде створено складання. Після того як відкрито тривимірний простір у шаблоні «Складання (Assembly)», налаштована «Панель інструментів», необхідно ввести в складальний простір деталі складання.

У розділі цього вікна, використовуючи кнопку «Огляд (Browse)», знайти файл з потрібною деталлю для розміщення у складанні.

Після того як вибраний файл деталі, натисніть кнопку «Відкрити (Open)». В результаті цих дій ми автоматично повернемося у складальний простір, де позначимо місце розміщення вихідної точки деталі складання. За бажанням можна поєднати вихідну точку складального простору з вихідною

точкою цієї деталі. Аналогічним чином у складальний простір поміщаються всі деталі, необхідні для побудови складання.

При створенні складання Solid Works можна зафіксувати деталі, тобто зробити їх нерухомими у просторі. Зафіксовано деталь чи ні можна дізнатися з її імені у «Дереві конструювання». Якщо навпроти позначення деталі стоїть префікс (ф(f)), то вона зафіксована, і її неможливо перемістити. Якщо префікс має вигляд (-), то деталь не зафіксована, та її положення у просторі не визначено. Перша деталь складання автоматично є зафіксованою. Зафіксувати або звільнити деталь можна, якщо клацнути правою кнопкою миші за назвою деталі в «Дереві конструювання» та на панелі, що з'явилася в розділі «Компонент (Component)» відзначити «Зафіксовано (Fix)» або «Звільнити (Float)».

Незафіксовані деталі в складальному просторі можна легко перемістити, повернути. Щоб зібрати деталі у єдину конструкцію, потрібно задати умови поєднання. Для цього на панелі інструментів «Складання (Assembly)» необхідно активізувати





кнопку «Умови сполучення (Mate)». З'явиться вікно де у розділі «Вибір сполучення (Mate Selection)» слід вказати поверхні, що сполучуються (поверхні, кромки, вісі, грани) і тип сполучення. Об'єкти виділяються за допомогою лівої кнопки миші.


Тип сполучення об'єктів вибирається в одному з трьох розділів вікна «Сполучення»:


- Стандартні сполучення (Standard Mates);
- Додаткові сполучення (Advanced Mates);
- Механічні сполучення (Mechanical Mates).


В загальному випадку для створення складання можна використовувати такі види сполучень, які розташовуються в розділі «Стандартні сполучення (Standard Mates)»:


- «Збіг (Coincident)»  Coincident - елементи деталей (вісі, кромки, поверхні, грани) збігаються на нескінченності.


- «Паралельність (Parallel)»  Parallel - вказує на паралельне розташування граней, поверхонь, кромок або вісей деталей.


- «Перпендикулярність (Perpendicular)»  Perpendicular - вибрані елементи розташовуються під кутом 90°.

- «Дотичність (Tangent)»  Tangent - вказує на дотичність. зазначених поверхонь, при цьому хоча б одна поверхня повинна бути сферичної, циліндричної або конічної.

- «Концентричність (Concentric)»  Concentric - забезпечує концентричне розташування циліндричних, конічних, сферичних поверхонь та кромок;

- «Заблокувати (Lock)»  Lock - дозволяє прив'язати два компоненти складання один до одного, зберігаючи їх взаємне розташування та орієнтацію;

- «Відстань»  1.00mm - виділені поверхні, вісі, кромки розташовуються на вказаній відстані;

- «Кут»  30.00deg - виділені елементи розташовуються під деяким кутом.

У вікні «Сполучення (Mate)» є розділ «Додаткові сполучення (Advanced Mates)». У цьому розділі є шість типів сполучення: «Симетричність (Symmetric)», «Ширина (Wight)», «Сполучення шляху (Path Mate)», «Лінійний/Лінійна муфта (Linear/Linear Coupler)», «Відстань», «Кут»:

- сполучення «Симетричність (Mate)» дозволяє розташувати два схожих елемента симетрично щодо площини або плоскої рани. Використати це сполучення можна для наступних об'єктів: точки, лінії, площини, плоскі грані, сфери з рівними радіусами, циліндричні з рівними радіусами;

- за допомогою сполучення «Ширина (Wight)» можна центрувати виступ деякої деталі по ширині канавки іншої деталі, що сполучається;

- «Сполучення шляху (Path Mate)» обмежує обрану точку на компоненті (зазвичай якусь вершину) по відношенню до шляху, тобто не яка точка об'єкта може переміщатися в складання тільки за певним шляхом, що складається з кромки, кривих чи елементів ескізу.

- сполучення «Лінійний/Лінейная муфта (Linear/Linear Coupler)» встановлює взаємозв'язок між переміщенням одного компонента і переміщенням іншого компонента;

- сполучення «Відстань» дозволяє створити сполучення, при якому деякий компонент складання може переміщатися в певному діапазоні відстаней від іншого компонента. Мінімальна та максимальна відстань вказується в спеціальних межах;

- сполучення «Кут» дозволяє створити сполучення, при якому деякий компонент складання може переміщатися у певному діапазоні кутів від іншого компонента. Мінімальне та максимальне значення вказується у спеціальних межах.

Два останніх сполучення дозволяють фіксувати відстань і кут між компонентами складання в певних межах при їх переміщенні відносно один одного.

Розглянемо сполучення, які розташовуються у розділі «Механічні сполучення (Mechanical Mates)»:

- сполучення «Кулачок (Cam)» дозволяє встановити дотичне розташування або збіг поверхонь якоїсь деталі з поверхнею кулачка;

- «Шарнір (Slot)» забезпечує обертання одного компонента складання навколо вісі другого компонента, тобто моделюється робота з'єднання типу шарнір. Сполучення Шарнір тотожно одночасному завданню двох сполучень «Концентричність» і «Співпадіння» (при цьому виключається переміщення вздовж вісі);

- сполучення «Редуктор (Gear)» дозволяє здійснювати у складанні обертання двох компонентів (наприклад, зубчастих коліс) щодо іншого, навколо обраної вісі. Для такого сполучення

необхідно вказати вісі обертання та передатне відношення у розділі «Пропорція»;

- сполучення «Шестерня-рейка (Rack Pinion)» організує таке взаємне сполучення між компонентами складання, при якому лінійне переміщення однієї деталі (рейки) призводить до обертання іншої деталі (шестірні), і навпаки;

- сполучення «Гвинт (Skrew)» моделює відносне переміщення двох концентрично розташованих компонентів складання аналогічно різьбовому з'єднанню, тобто при обертанні однієї деталі відбувається лінійне переміщення іншої деталі з урахуванням заданої кроку;

- «Універсальний шарнір (Universal Joint)» - це сполучення, при якому обертання одного компонента складання (вхідного валу) навколо своєї вісі призведе до обертання іншого компонента (вихідного валу) навколо своєї вісі.

Всі задані сполучення складання вказуються в «Дереві конструювання», у групі сполучення. Найменування кожного сполучення включає імена, які беруть участь у ньому компонентів. За потреби сполучення можна видалити або редагувати, використовуючи можливості «Дерева конструювання».

Після того як задані всі необхідні сполучення між деталями та зафіксовані деталі, які у реальному складанні залишаються нерухомими складання вважається зібраним.

Показником правильно виконаного складання є відсутність конфлікту сполучень у «Дереві конструювання (Feature Manager Design Tree)» та можливість безперешкодного переміщення деталей, подібно до руху в реальному об'єкті.

7.1.2 Побудова складання «згори донизу»

Для проектування складання методом «згори донизу» необхідно відкрити тривимірний простір Solid Works та вибрати режим роботи програми зі складаннями, виконавши команду «Файл (File) / Новий (New) / Складання (Asambly)». Потім у «Дереві конструювання (Feature Manager Design Tree)» оберемо площину, наприклад «Спереду (Front)», увійдемо в ескіз і побудуємо компоновальний ескіз складання. Під час креслення ескізу обов'язково потрібно задати взаємозв'язки між елементами (лініями, колами, дугами тощо). Загалом компоновальний ескіз складання повинен бути визначено. Коли закінчите створення ескізу, вийдіть з нього, при цьому у «Дереві конструювання (Feature Manager Design Tree)», над рядком група сполучень, з'явиться рядок ескіз1 (Sketch1) – це і є компоновальний ескіз складання.

Тепер можна зберегти складання та почати проектування окремих деталей складання.

Для проектування деталей на основі компоновального ескізу необхідно обрати команду меню: Вставка (Insert) / Компонент (Component) / Нова деталь (New Part).

В результаті в «Дереві конструювання (Feature Manager Design Tree)» над рядком група сполучень з'явиться нова гілка з ім'ям деталі.

Тепер можна розпочати побудову деталі. При цьому компоновальний ескіз складання залишається на екрані як допоміжний об'єкт. Побудова деталі в режимі складання «згори вниз» аналогічно конструюванню деталі у шаблоні «Деталь», але спочатку потрібно вийти зі складання та увійти в режим редагування деталі. Для цього виділіть рядок з ім'ям деталі в «Дереві конструювання (Feature Manager Design Tree)» курсором миші та у спливаючому меню активуйте команду , редагування деталі. В результаті ви опинитеся у режимі редагування деталі,

при цьому рядок з ім'ям деталі у «Дереві конструювання (Feature Manager Design Tree)» буде виділено синім кольором.

Тепер відкріємо «Дерево конструювання» нової деталі, натиснувши на відповідний значок навпроти імені деталі, і виберемо площину для створення ескізу першого елемента цієї деталі. Накреслимо ескіз: потім на його основі проєктується деталь, оформляються кола, фаски, округлення, вирізи та інші елементи.

При створенні ескізів деталей складання необхідно використовувати взаємозв'язки між компоувальним ескізом складання та ескізом деталі.

Щоб розпочати створення другої деталі, необхідно відредагувати складання, тобто вийти з режиму редагування деталі. Для переходу в режим редагування складання потрібно клацнути правою кнопкою миші на ім'я деталі і вибрати в контекстному меню команду «Редагувати складання». В результаті складання буде перебудовано, а ви отримаєте можливість сконструювати інші деталі складання.

При побудові складання методом «згори донизу», під час проєктування деталей на основі компоувального ескізу, у файлі деталі автоматично створюються віртуальні файли деталей, що проєктуються. За потреби ці віртуальні файли можна зберегти як реальні, вказавши їх ім'я та папку.

Основна перевага складання «згори донизу» полягає в тому, що при редагуванні компоувального ескізу збірки відбувається автоматичне вимірювання всього складання та деталей, що входять до неї. Для зміни ескізу складання необхідно в «Дереві конструювання (Feature Manager Design Tree)» клацнути правою кнопкою миші на рядку ескізу «Ескіз1 (Sketch1)» і вибрати у спливаючому меню «Редагувати ескіз (Edit Sketch1)».

Увійдемо в компоувальний ескіз складання, поміняємо розміри і конфігурацію, потім вийдемо з ескізу. В результаті зміни зазнає не тільки складання, а й тривимірні моделі складових її деталей.