

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ  
УКРАЇНИ**

**О.І. Сухарькова, Л.М. Куценко, С.Ю. Назаренко,  
А.Я. Калиновський, Д.І. Савельєв**

# **КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА**

**Навчально-методичний посібник**

Затверджено до друку і використання в навчальному процесі  
методичною радою НУЦЗ України  
(протокол від 04.10.2024 №1)

**Харків 2024**

Авторський колектив:

О.І. Сухарькова

Л.М. Куценко, доктор технічних наук, професор

С.Ю. Назаренко, кандидат технічних наук, доцент

А.Я. Калиновський, кандидат технічних наук, доцент

Д.І. Савельєв, кандидат технічних наук, доцент

**Рецензенти:** доктор технічних наук, професор **О.В. Шоман**, завідувачка кафедри «Геометричне моделювання та комп'ютерна графіка» Національного технічного університету «ХПІ»;

кандидат технічних наук, доцент **А.А. Лісняк**, начальник кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт Національного університету цивільного захисту України

**Комп'ютерна графіка:** Навчально-методичний посібник. О.І. Сухарькова, Л.М. Куценко, С.Ю. Назаренко, А.Я. Калиновський, Д.І. Савельєв. Харків: НУЦЗУ, 2024. – 130 с.

В навчально-методичному посібнику висвітлено основні принципи роботи з програмою SolidWorks. Посібник складається з шести розділів, кожен з яких присвячений певному аспекту роботи з SolidWorks. Від простих основ до більш складних технік моделювання.

Навчально-методичний посібник призначено для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм навчання, які вивчають дисципліну «Інженерна і комп'ютерна графіка» з метою надання методичної допомоги для виконання графічних робіт з комп'ютерної графіки.

Оволодіння процесом моделювання в SolidWorks дозволить здобувачам збагатити свій багаж графічних знань і вмінь, розвинути творче мислення та просторову уяву.

Відповідальна за випуск О.І. Сухарькова

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1. ІНТЕРФЕЙС ПРОГРАМИ SOLIDWORKS .....	8
1.1. Запуск SolidWorks .....	8
1.2. Робоче вікно SolidWorks .....	8
1.3. Склад головного меню .....	9
1.4. Стандартна панель інструментів .....	10
1.5. Дерево конструювання ( <i>Feature Manager</i> ).....	12
1.6. Менеджер властивостей .....	15
1.7. Диспетчер команд .....	16
1.8. Контекстне меню.....	17
1.9. Панель інструментів «Вид» .....	17
1.10. Панель задач .....	22
1.11. Збереження документів .....	23
1.12. Налаштування SolidWorks .....	24
Питання для самостійної перевірки знань.....	27
2. ДВОВИМІРНЕ КРЕСЛЕННЯ, СТВОРЕННЯ ЕСКІЗІВ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS.....	28
2.1. Ескіз.....	28
2.2. Перехід в режим ескізу.....	29
2.3. Створення ескізу .....	30
2.4. Вимоги до ескізу .....	32
2.5. Елементи ескізу .....	33
2.6. Об'єкти побудови плоского ескізу.....	34
2.7. Нанесення розмірів в двомірному ескізі.....	38
2.8. Визначеність ескізу.....	39
2.9. Взаємозв'язки .....	41
2.10. Інструменти ескізу .....	51
2.11. Корисні поради при створенні ескізу.....	60
2.12. Завершення роботи з ескізом.....	61
Питання для самостійної перевірки знань.....	61

3. ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS .....	62
3.1. Створення тривимірного елемента .....	62
3.2. Способи конструювання тривимірних деталей .....	64
3.2.1. Витягнута бобишка/ основа .....	64
3.2.2. Повернута бобишка/основа.....	67
3.2.3. Бобишка/основа по траєкторії .....	69
3.2.4. Витягування елемента по перетинах .....	71
3.3. Керований перегляд .....	74
3.4. Тип відображення моделі .....	75
3.5. Завдання матеріалу деталі .....	76
3.6. Зміна оптичних властивостей об'єктів .....	78
3.7. Редагування ескізу у контексті об'ємної деталі .....	78
3.8. Зміна площини ескізу .....	80
3.9. Корисні поради при створенні моделей деталей .....	80
Питання для самостійної перевірки знань .....	81
4. СТВОРЕННЯ КРЕСЛЕНИКІВ ЗА СТВОРЕНИМИ ТРИВИМІРНИМИ МОДЕЛЯМИ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS .....	82
4.1. Побудова видів .....	82
4.2. Побудова перерізів.....	88
4.3. Побудова розрізів.....	89
Питання для самостійної перевірки знань.....	95
5. МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS.....	96
5.1. Способи виконання збірки .....	96
5.2. Додавання компонентів .....	99
5.3. Завдання умов сполучення.....	102
5.4. Інтерференція і конфлікти між компонентами в SolidWorks .....	109
5.5. Корисні поради при створенні збірки .....	109
Питання для самостійної перевірки знань.....	110
6. ДОДАТКОВІ ПРИЙОМИ РОБОТИ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS ...	111

6.1. Жести миші .....	111
6.2. Гарячі клавіші.....	113
6.3. Пошук команд через S-клавішу.....	113
6.4. Динамічне дзеркальне відображення.....	114
6.5 . Інструмент Instant 3D.....	117
6.6. Перевірка елемента в ескізі.....	119
6.7. Імпорт та експорт документів в SolidWorks.....	121
Питання для самостійної перевірки знань.....	126
Предметний покажчик .....	127
Література .....	129

## ВСТУП

Комп'ютерна графіка відіграє ключову роль у сучасному світі, відкриваючи нові горизонти для інженерії, науки, освіти, мистецтва, розваг та багатьох інших галузей. Вона дозволяє візуалізувати, моделювати, аналізувати та презентувати інформацію в зручному та інтуїтивно зрозумілому вигляді. Комп'ютерна графіка є однією з найважливіших складових сучасної інженерії та проєктування.

На сьогоднішній день тривимірні моделі механізмів і машин використовуються не тільки для отримання конструкторської і технологічної документації, але й для проведення інженерного аналізу за допомогою спеціалізованих програмних продуктів. Від якості геометричних моделей залежить можливість і точність результатів такого аналізу. Таким чином, отримання простих, не переобтяжених зайвими елементами геометричних моделей технічних об'єктів, є актуальним завданням проєктування.

У сучасних умовах професійна підготовка фахівців інженерного профілю вимагає володіння широким спектром знань і навичок, серед яких особливе місце займають технології комп'ютерного моделювання. Програма SolidWorks є одним з найпотужніших інструментів для створення тривимірних моделей, розробки креслеників та симуляції робочих процесів, що дозволяє ефективно проєктувати різноманітні конструкції та обладнання.

Програмний продукт SolidWorks є найпоширенішим інструментом для автоматизованого проєктування (САПР) і 3D моделювання. Програма широко використовується для проєктування як простих деталей, так і складних систем. SolidWorks є інструментом параметричного об'ємного моделювання. Пакет дозволяє створити деталі для майбутнього 3D друку. Це захищає проєктанта від усіляких помилок, які неминуче з'являються в процесі креслення проєкцій виробу вручну.

Програма SolidWorks у процесі роботи використовує звичний і зручний для багатьох користувачів інтерфейс Windows. Користувач може створювати

повністю асоціативні тривимірні твердотільні моделі з обмеженнями або без них разом з використанням автоматичних або визначених користувачем взаємозв'язків, що дозволяють реалізувати задум проєкту. Будь-яка зміна, внесена в модель, призведе до перебудови всіх видів на креслениках, і навпаки, зміни, що внесені до кресленика, призведуть до перебудови моделі.

Проєктування SolidWorks включає створення об'ємних моделей деталей і збірок з можливістю генерувати на їх основі робочі кресленики.

SolidWorks підтримує стандарти ЄСКД в частині оформлення конструкторської документації, також підтримує різні формати файлів, що полегшує інтеграцію з іншими CAD-програмами. Програма містить вбудовану бібліотеку стандартних виробів, що прискорює процес проєктування.

Навчально-методичний посібник дозволить користувачам вивчити основні поняття, інструменти та алгоритми роботи системи автоматизованого проєктування нового покоління SolidWorks, отримати навички роботи у програмі, навчитися використовувати її основні можливості. У процесі вивчення програми зрозуміти технологію конструювання тривимірних моделей деталей та збірок із подальшим, практично автоматичним, отриманням паперової документації. Все це сприятиме розвитку просторового конструкторського мислення та формуванню необхідних навичок для успішної професійної діяльності.

Програмне забезпечення SolidWorks настільки багатofункціональне, що неможливо охопити всі аспекти та особливості автоматизованого проєктування в рамках цього посібника. Тому основний акцент зроблено на базових навичках і ключових поняттях, необхідних здобувачам для успішної роботи з програмним забезпеченням при проєктуванні різних вузлів та деталей.

# 1. ІНТЕРФЕЙС ПРОГРАМИ SOLIDWORKS

## 1.1. Запуск SolidWorks

Запуск SolidWorks в операційній системі Windows здійснюється запуском файлу sldworks.exe з папки SolidWorks, активацією логотипа програми  або викликом будь-якого з графічних файлів SolidWorks [1]. За допомогою робочого вікна програми, що відкрилося, можна або створити файл SolidWorks – кнопка , або відкрити створений раніше – кнопка .

В SolidWorks можна створити три типи документа: деталь, збірка, кресленик (рис. 1.1).

За замовчуванням активна кнопка «Деталь». Почнемо розгляд інтерфейсу SolidWorks саме з деталі.

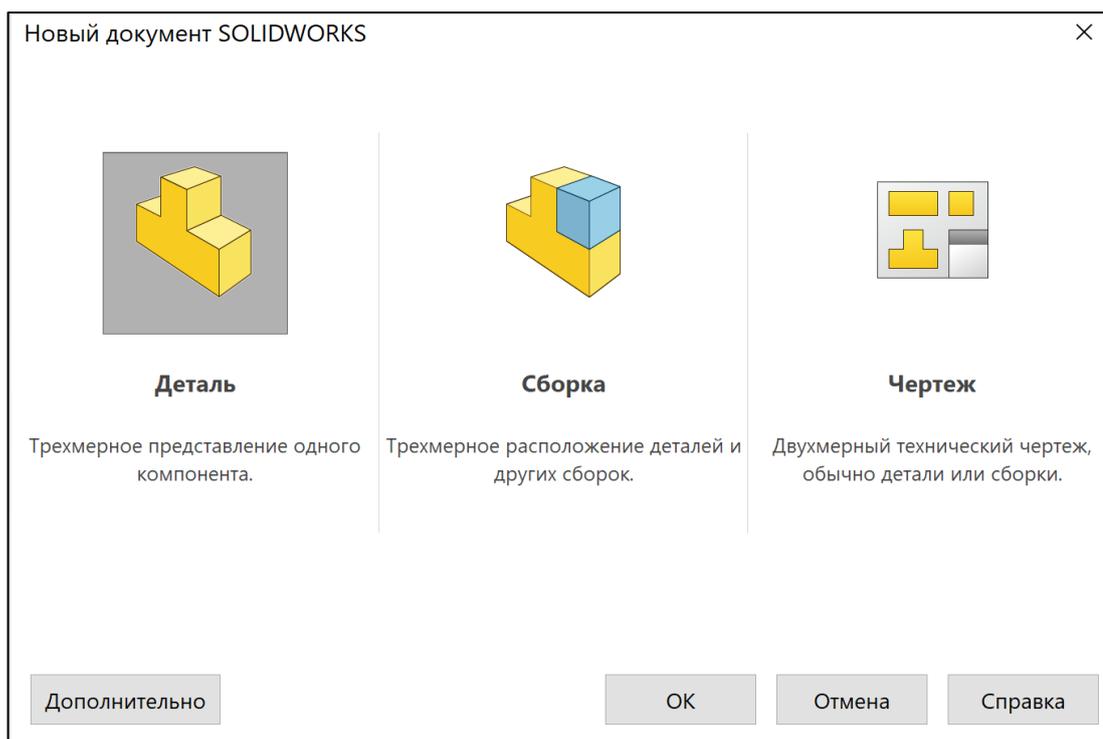


Рисунок 1.1 – Створення нового документа в SolidWorks

## 1.2. Робоче вікно SolidWorks

Робоче вікно SolidWorks наведено на рис. 1.2 і складається з оболонки SolidWorks, яка містить головне меню, панелі інструментів і стрічку стану, і вікна документа, яке розділено на дві частини: графічну область й

інформаційно-керуючу. Графічна область займає основну частина вікна, в якій відображається модель або кресленик. Одночасно може бути відкрито кілька вікон документів. Їх розташування й розміри налаштовуються за допомогою розділу «Вікно» головного меню. Якщо відкрито кілька документів, можна використовувати комбінацію клавіш **Ctrl+Tab** для перемикання між ними.

Головне меню програми забезпечує доступ до всіх команд.

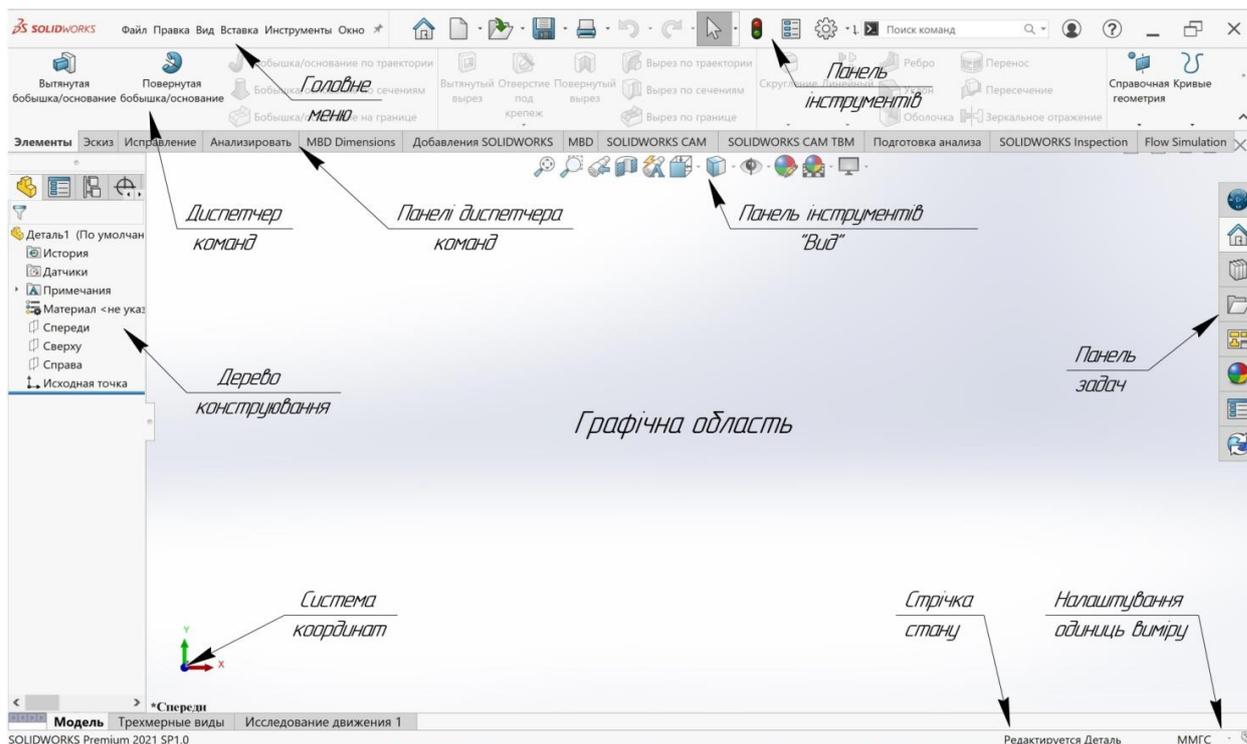


Рисунок 1.2 – Елементи інтерфейсу SolidWorks

### 1.3. Склад головного меню

1. Файл (File) – виконання операцій з файлами.
2. Правка (Edit) – виконання операцій з об'єктами.
3. Вид (View) – зміна способу відображення об'єктів.
4. Вставка (Insert) – вставка об'єктів з інших програм.
5. Інструменти (Tools) – налаштування системи, інструменти для побудови.
6. Вікно (Window) – перехід між вікнами, зміна розташування вікон.

## 1.4. Стандартна панель інструментів



Рисунок 1.3 – Стандартна панель інструментів

Кожна стандартна кнопка інструментів має бічну стрілку вниз, яка відкриває спливаюче меню, що містить допоміжні параметри [1].

 **Новий** (New): допомагає створити новий файл деталі / збірки. Гарячі кнопки: «Ctrl + N».

 **Відкрити** (Open): якщо ви хочете відкрити останній або раніше збережений файл деталі / збірки, використовуйте цю кнопку. Гарячі кнопки: «Ctrl + O».

 **Зберегти** (Save): Щоб зберегти активні файли деталей або збірки на жорсткому диску ПК, натисніть цю кнопку. Вона також містить «Save (Зберегти), Save as (Зберегти як), Save all (Зберегти все) і Publish to eDrawings (Опублікувати файл eDrawings)». Гарячі кнопки: «Ctrl + S».

 **Друк** (Print): для друку активного документа файлу деталі за допомогою цієї кнопки. Гарячі кнопки: «Ctrl + P».

 **Відмінити** (Undo): Використовуючи дерево вниз, ви можете вибрати, який крок вам потрібно скасувати. Гарячі кнопки: «Ctrl + Z».

 **Перебудувати** (Rebuild): перебудовує файл деталі/ збірки/ кресленика. Гарячі кнопки: «Ctrl + B».

 **Вибрати** (Select): для вибору частин моделі або ескізу, таких як ребра, компоненти, вершини і т. д. Бокове меню перетягування містить інші параметри вибору, такі як розширений вибір, вибір прихованого, вибір всього, панель інструментів, внутрішні компоненти і т.д. (рис. 1.4)

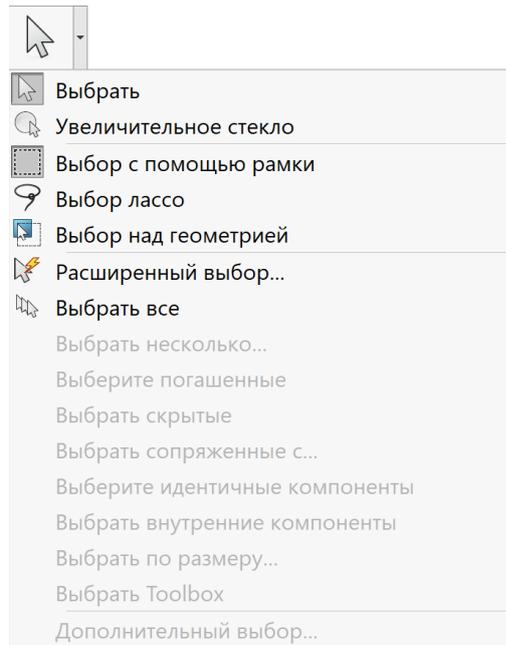


Рисунок 1.4 – Вибрати (Select): розширене меню

 **Свойства файла (File Properties):** тут ви можете побачити повну інформацію про активний файл документа деталі / збірки.

 **Опції (Options):** тут можна змінити налаштування SolidWorks, що містять як системні властивості, так і властивості документів. Розширене меню містить параметри «налаштування» та керування надбудовами (рис. 1.5).

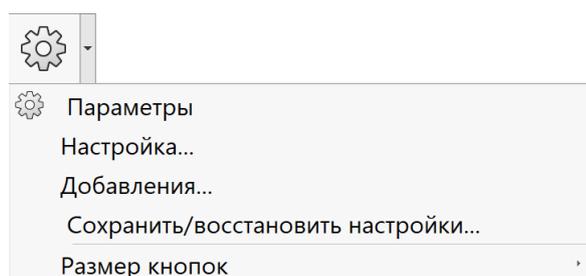


Рисунок 1.5 – Опції

Інформаційно-керуюча область розташована у лівій частині робочої зони та містить кілька вкладок: Дерево конструювання (Feature Manager), Менеджер властивостей (Property Manager), Менеджер конфігурацій (Configuration Manager).

## 1.5. Дерево конструювання (*Feature Manager*).

Для наочного представлення процесу проєктування у SolidWorks існує *Дерево конструювання*. Воно реалізовано в стилі традиційного *Провідника Windows*, зазвичай розташовується в лівій частині робочого вікна SolidWorks і є послідовністю конструктивних елементів, що утворюють деталь, а також додаткові елементи побудови: осі та площини (рис. 1.6). *Дерево конструювання* містить повну інформацію про тривимірний об'єкт та динамічне пов'язане з графічною областю. Це означає, що вибір елементів ескізів та допоміжної геометрії можна здійснювати не тільки в області креслення але й в *Дереві конструювання*. У режимі збірки *Дерево конструювання* відображає список деталей, що входять до збірки, а також необхідні спряження деталей та збірки [2].

Основними функціями *Дерева конструювання* є:

- вибір елементів по імені (по натисканню лівої кнопки миші);
- визначення та зміна послідовності, в якій створюються елементи;
- відображення розмірів елемента, який можна виконати, двічі натиснувши на ім'я елемента;
- відображення та гасіння елементів деталі та компонентів збірки.

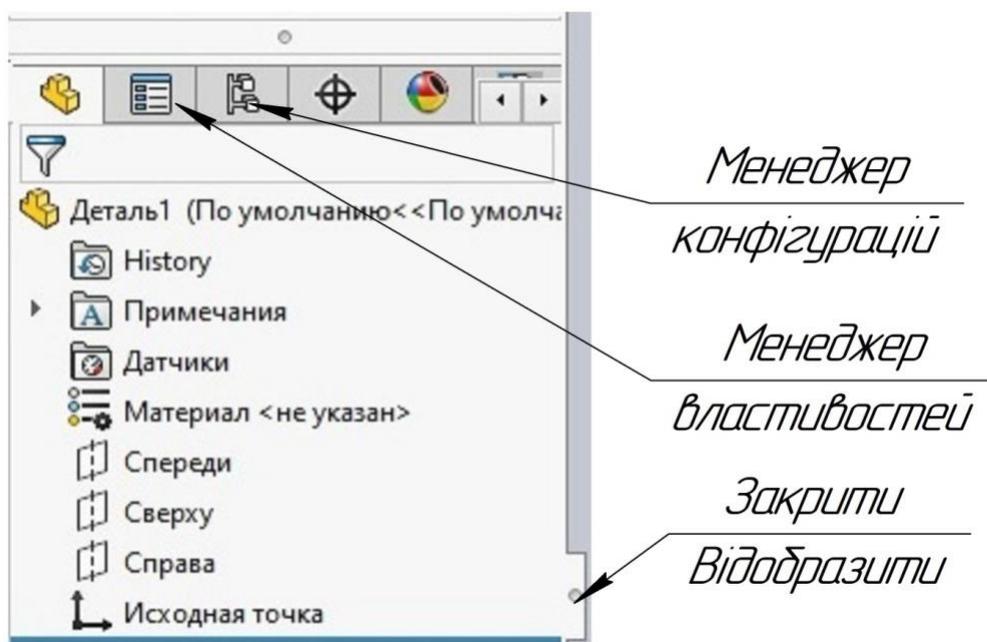


Рисунок 1.6 – Дерево конструювання

При побудові нової тривимірної моделі деталі в *Дереві конструювання* за замовчуванням є такі графічні елементи (рис. 1.6):

- початкова точка з нульовими початковими координатами;
- три взаємно перпендикулярні площини: **Спереду** (Front Plane), **Зверху** (Top Plane), **Справа** (Right Plane).

В *Дереві конструювання* використовуються наступні умовні позначення:

Символ ▶ зліва від назви елемента вказує на наявність вкладених і зв'язаних з ним елементів (наприклад, ескізів). Для розгортання елемента й відображення його змісту достатньо натиснути на знак ▶, при цьому знак ▶ замінюється на знак ▼, на який натискають, щоб повернути початковий вид дереву (рис. 1.7).

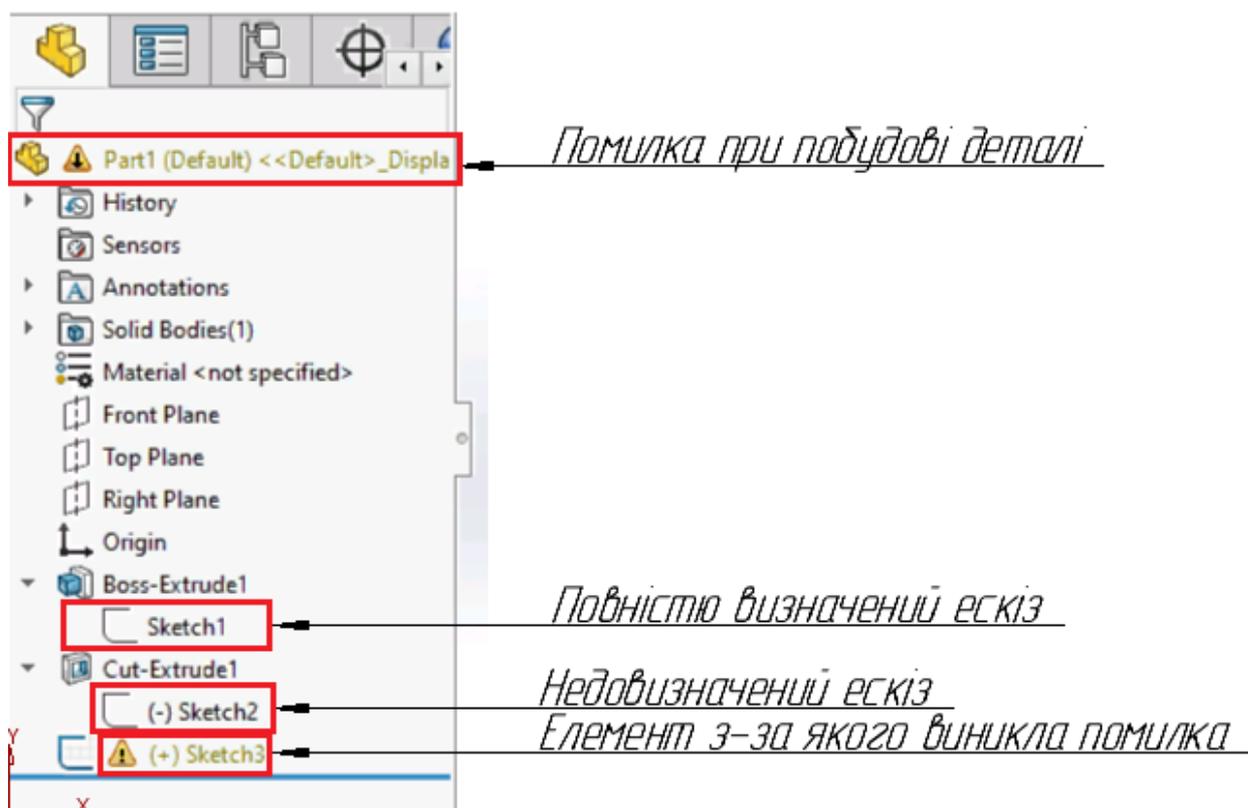


Рисунок 1.7 – Умовні позначення в Дереві конструювання

**Примітка.** Подвійне натискання на назві ескізу виводить на екран всі розміри, пов'язані з цим ескізом. Причому розміри, створені конструктором, відображуються чорним кольором, а розміри, створені програмою, – синім.

Символ «+» зліва від назви ескізу вказує на його перевизначеність, тобто на наявність зайвих розмірів або взаємозв'язків (рис.1.7).

Символ «→» зліва від назви ескізу вказує на його недовизначеність, тобто на нестачу розмірів або взаємозв'язків (рис.1.7).

Символ «?» зліва від назви ескізу вказує на неможливість його визначення.

Символ  зліва від назви деталі або збірки в верхній частині *Дерева конструювання* свідчить про наявність у них помилок, які треба усунути (рис.1.7).

Символ  вказує на елемент, з-за якого виникла помилка (рис.1.7).

Символ  Part2 зліва від назви елемента вказує на необхідність регенерації (перерисовки) моделі, що здійснюється інструментом  стандартної панелі.

Ряд документів і папок у *Дереві конструювання* закриті за замовчуванням. Через команди  **Параметри** (Options) – **Параметри системи** (System Options) – **Дерево конструювання** (Feature Manager) для управління їх видимістю можна вибрати одну з трьох команд: **Автоматично** (Automatic), **Приховати** (Hide), **Відобразити** (Show) (рис.1.8).

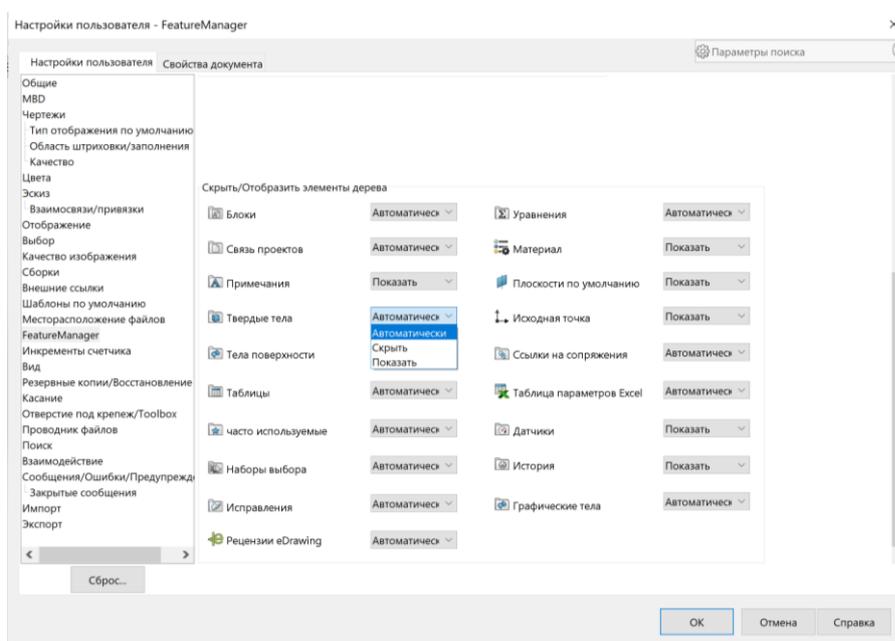


Рисунок 1.8 – Налаштування видимості елементів в Дереві конструювання

## 1.6. Менеджер властивостей

Ряд команд у SolidWorks виконуються за допомогою *Менеджера властивостей (Property Manager)*. Він відповідає за налаштування і редагування властивостей об'єктів, команд та елементів у процесі моделювання. Меню *Менеджера властивостей* займає таке саме положення, як і *Дерево конструювання* (рис. 1.9) і замінює його під час виконання проєкту. Меню *Менеджера властивостей* автоматично з'являється на екрані під час виконання певних операцій або команд і надає користувачу можливість змінювати параметри та властивості, пов'язані з цією операцією.

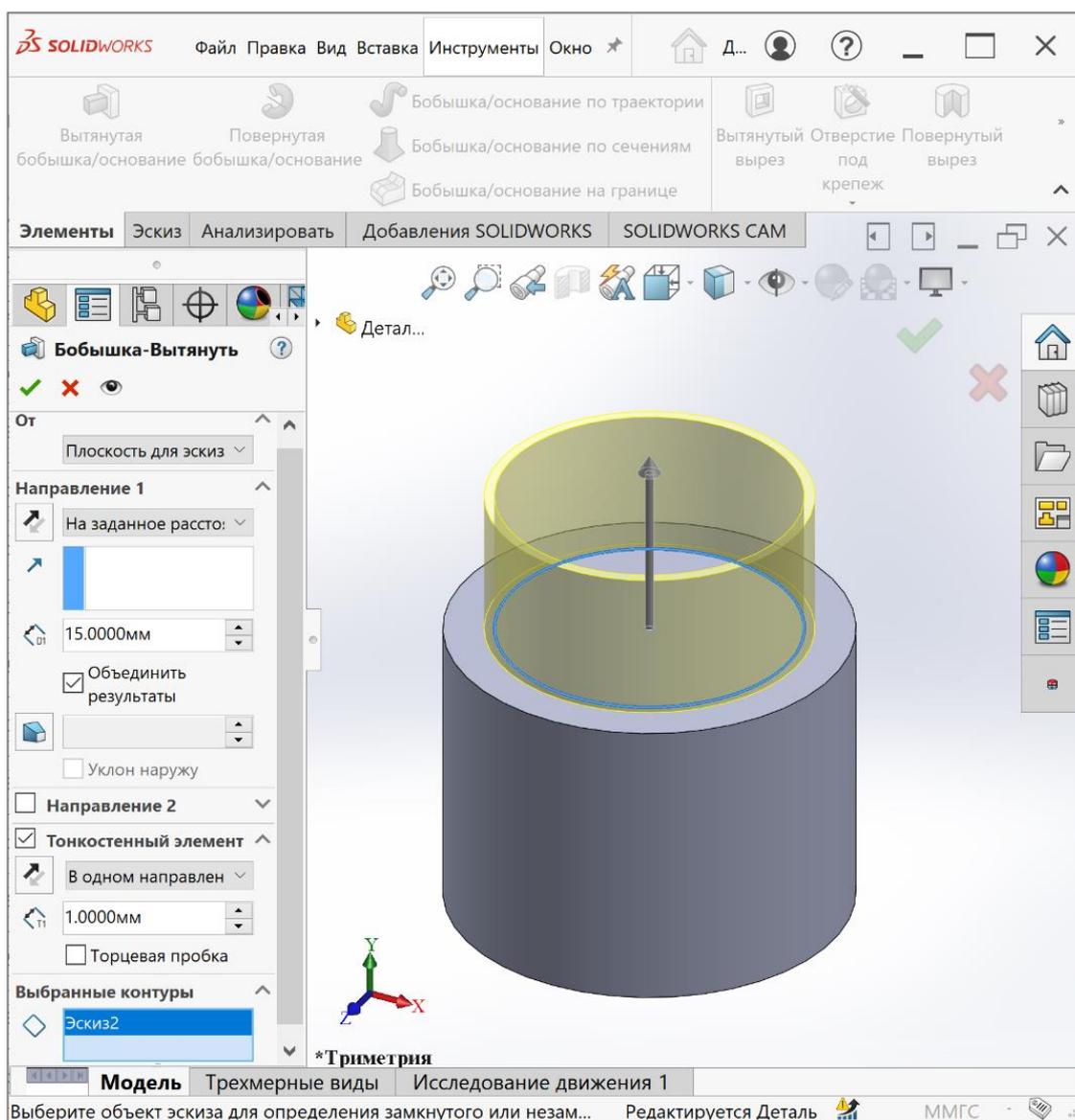


Рисунок 1.9 – Менеджер властивостей

**Панель інструментів** є елементом інтерфейсу, що настраюється. Користувач може встановлювати розташування панелей інструментів, їх відображення в залежності від типу документа.

### 1.7. Диспетчер команд

**Диспетчер команд** (*Command Manager*) – це контекстна панель інструментів, яка автоматично оновлюється залежно від панелі інструментів, до якої потрібний доступ. При побудові деталі **Диспетчер команд** за замовчуванням містить панелі інструментів: **Елементи** та **Ескіз**, в режимі Збірки – панелі інструментів **Збірка** та **Ескіз**. Наприклад, якщо натиснути кнопку **Ескіз**, то в **Диспетчері команд** з'являться інструменти ескізу (рис. 1.10).

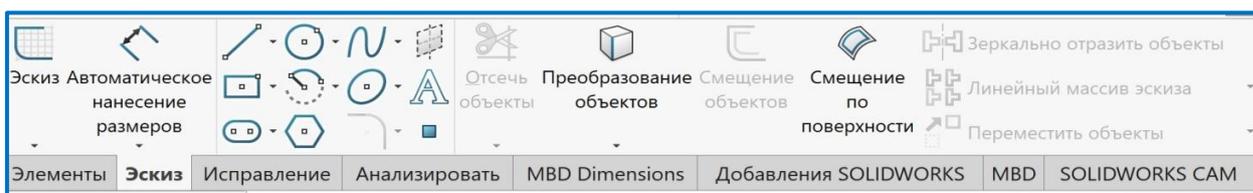


Рисунок 1.10 – Інструменти ескізу в *Диспетчері команд*

Якщо натиснути кнопку **Елементи** (**Features**), то в **Диспетчері команд** з'являться інструменти елементів (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Інструменти елементів в *Диспетчері команд*

Дія маніпулятора миші SolidWorks відповідає стандартним функціям операційних систем сімейства Windows Microsoft.

Кнопки комп'ютерної миші працюють таким чином:

– ліва – дозволяє вибрати елементи меню, об'єкти в графічній області, а також об'єкти в *Дереві конструювання*;

– права – дозволяє відображати контекстні меню;

– скролер – дозволяє обертати, переміщати, змінювати масштаб деталі або збірки, а також переміщатися в кресленику.

### 1.8. Контекстне меню

Контекстне меню надає швидкий доступ до різноманітних функцій та команд. Це вікно з'являється при натисканні правої кнопки миші на об'єкті або області в графічному вікні програми (рис. 1.12).

Контекстне меню – це потужний інструмент для прискорення роботи з програмою, оскільки користувач може швидко отримати доступ до потрібних команд, не витрачаючи час на переміщення покажчика до основних меню або кнопок панелі інструментів.

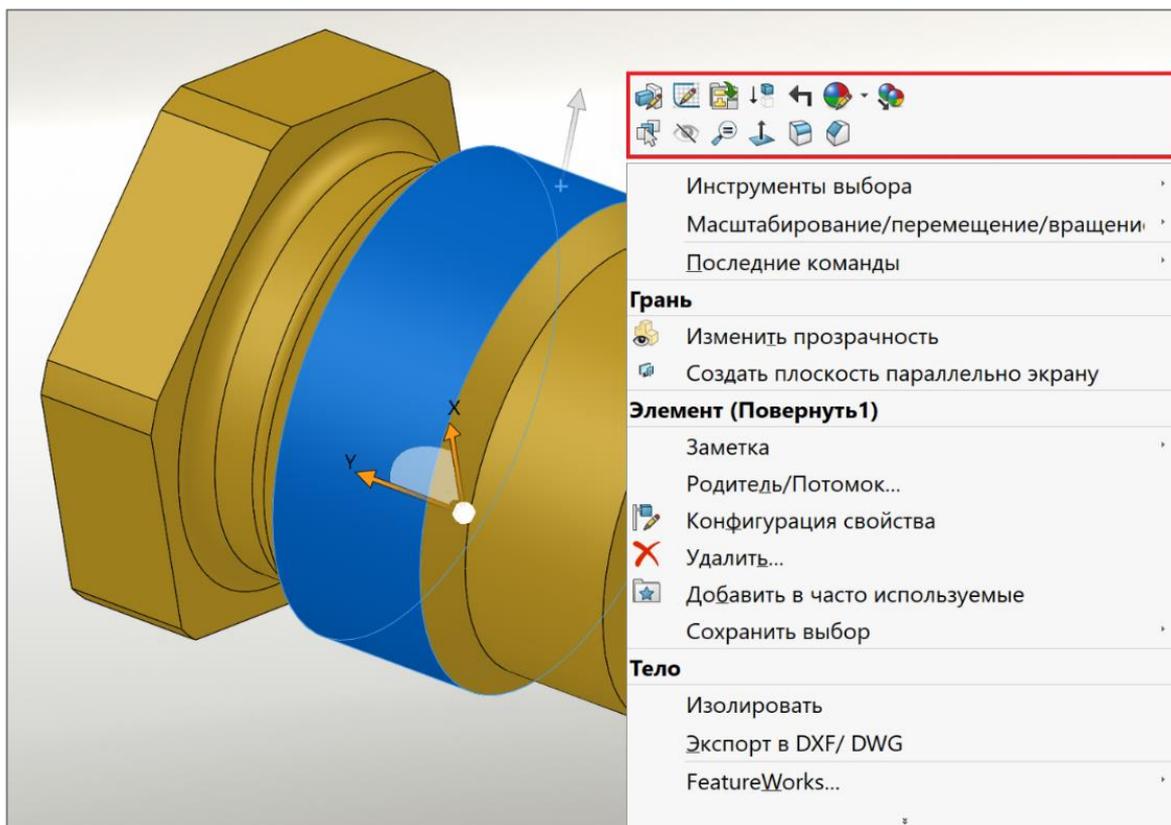


Рисунок 1.12 – Контекстне меню

### 1.9. Панель інструментів «Вид»

При роботі або проектуванні моделей у Solidworks дуже важливий вид моделі. Для цього Solidworks надає користувачам дуже зручне рішення через

панель інструментів для керованого перегляду Heads up View. Вона розташована у верхній центральній частині графічної області Solidworks і містить кнопки швидкого доступу до різних інструментів. Ця панель включає безліч інструментів для маніпуляції видами (рис. 1.13).



Рисунок 1.13 – Панель інструментів для керованого перегляду

 **Масштабувати за розміром (Zoom to Fit).** Сама назва інструменту говорить про його функцію. Якщо ви збільшуєте або зменшуєте масштаб певної деталі і хочете швидко відобразити відповідний вид вікна цієї деталі в графічній області. Просто наведіть курсор на цей інструмент та натисніть на нього.

 **Масштабування області (Zoom to Area).** Масштабування області є дуже корисним інструментом, коли ви хочете переглянути певну область конструкції вашої моделі. Ви можете побачити невеликі частини вашого дизайну у збільшеному вигляді, просто перетягнувши рамку інструменту перегляду «Збільшити до області».

 **Попередній вид (Previous View).** Повертає попередній вид.

 **Вид в розрізі (Section View).** Перегляд у розрізі допомагає легко побачити розріз 3D-моделей. Ця функція має менеджер властивостей, який керує різними видами в розрізі відповідно до ваших потреб. Ви також можете використовувати функції подвійного перерізу за допомогою цього менеджера властивостей. Вигляд у розрізі дає кращий огляд внутрішніх отворів вашого проєкту.

 **Орієнтація виду (View Orientation).** «Орієнтація перегляду» допомагає змінити поточну орієнтацію перегляду розробленої вами моделі або точку перегляду (рис. 1.14). Він містить різні типи орієнтації виду, такі як

вид зверху, ізометрія, триметрія, диметрія, ліворуч, спереду, праворуч, ззаду та знизу.

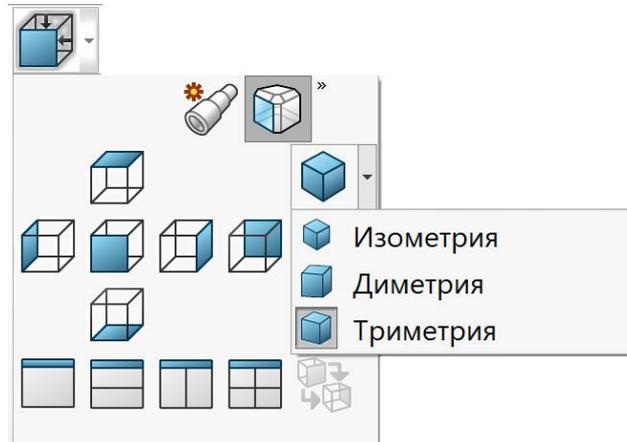


Рисунок 1.14 – Орієнтація виду

 Стиль відображення (**Display style**). Змінює стиль відображення вашої моделі, такий як каркасне зображення, зафарбоване з крайками, зафарбоване, видалення прихованих ліній та відображення прихованих ліній. Ви бачите свою модель у іншому стилі відображення після її проектування (рис. 1.15).

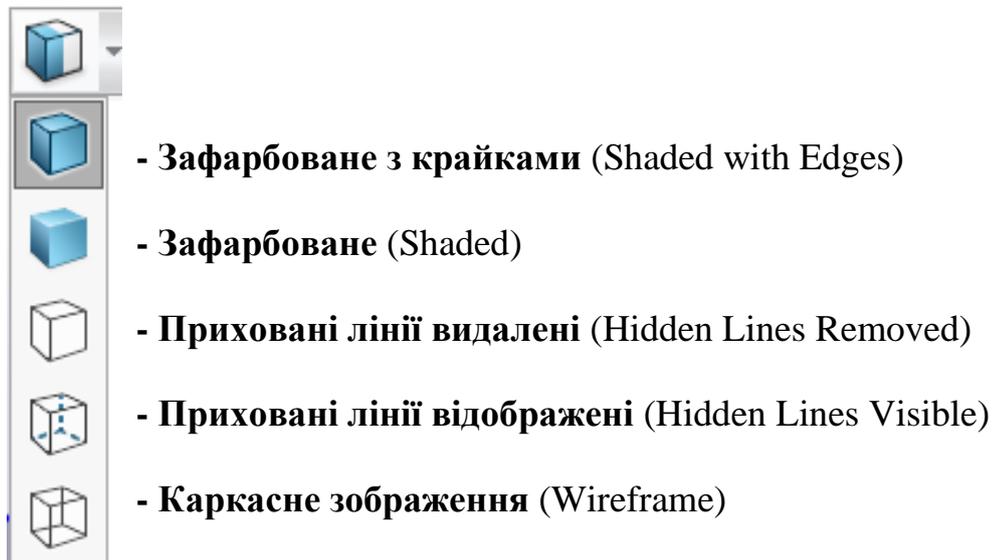


Рисунок 1.15 – Стиль відображення

 **Приховати/показати елементи** (Show all types). Інструменти «Приховати/показати елементи» допомагають змінити видимість елементів у

графічній області (рис.1.16). Елементи означають площину, розміри моделі, осі, криві, площини перерізу виду, камери виду тощо.

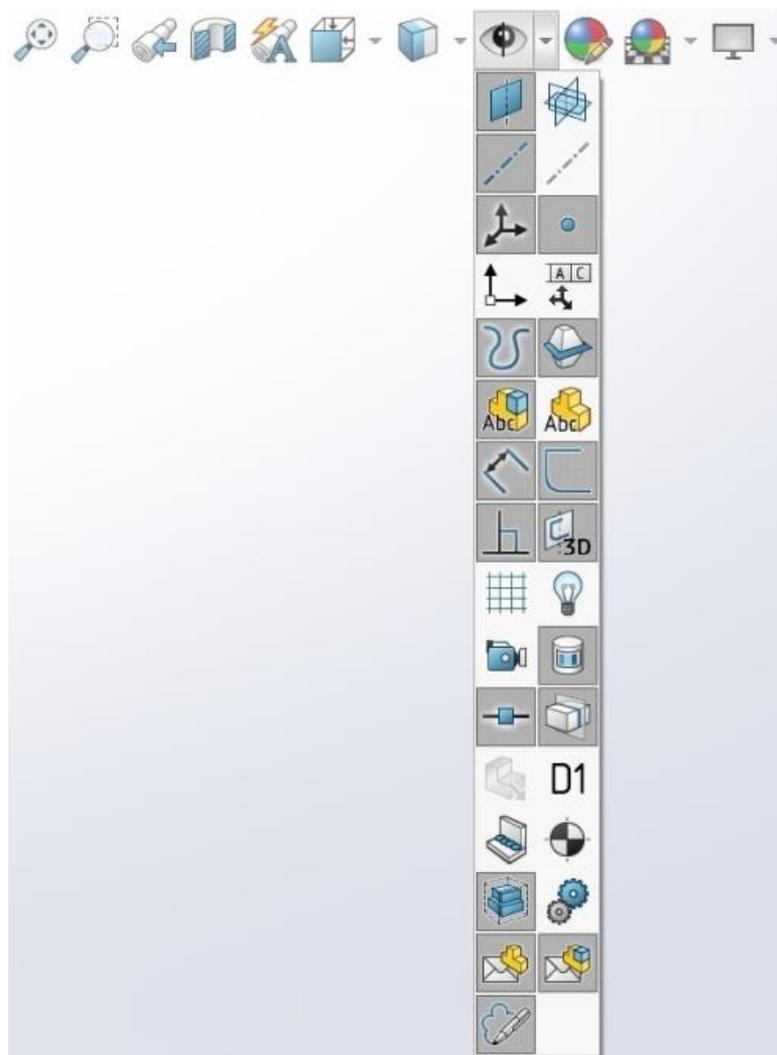


Рисунок 1.16 – Команда «Приховати/показати елементи»

 **Редагування зовнішнього виду моделі (Edit Appearance).** Цей інструмент дозволяє редагувати вигляд моделі. Він має інтерфейс менеджера властивостей кольору, який допомагає вибрати поверхню /площину/ деталь/ елементи/ тіла. Ви можете змінити вигляд моделі, створеної за допомогою цього програмного забезпечення CAD, застосовуючи до них різні кольори. Для кожної частини можна надати різне поєднання кольорів. Він також має розширений розділ зовнішнього вигляду в менеджері властивостей, що дозволяє редагувати освітлення моделей, якість поверхні, колір /зображення та відображення (рис. 1.17).

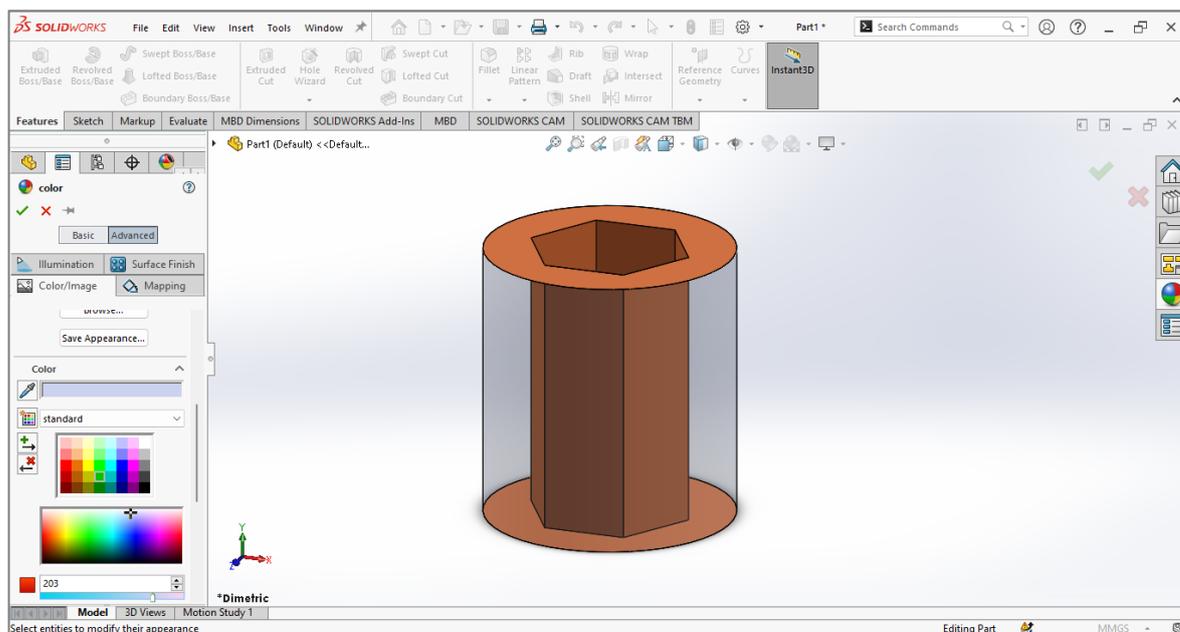


Рисунок 1.17 – Інструмент «Редагування зовнішнього виду моделі»



**Застосувати сцену (Apply Scene).** Використовуючи цей інструмент, ви можете додавати різні сцени до своєї моделі. Коли ви використовуєте інструмент перегляду сцен, він автоматично змінює сцени графічної області відповідно до нього. Ця функція містить багато сцен, і ви можете додати їх на свій розсуд. Це тільки покращує вигляд вашої моделі, змінюючи різні фони (рис. 1.18).

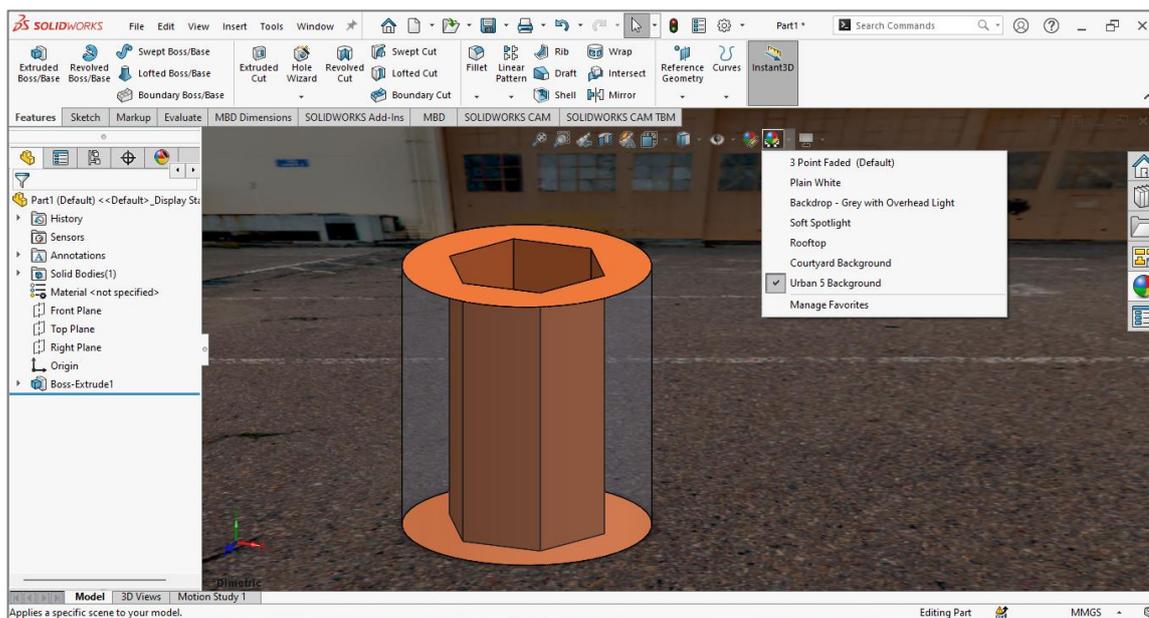


Рисунок 1.18 – Інструмент «Застосувати сцену»



## Налаштування перегляду (View Settings). View Settings

містить в основному чотири параметри перегляду, такі як «Тінь у режимі зафарбувати», «Імітація розсіяного світла», «Динамічне зображення» та «Перспектива» (рис. 1.19).

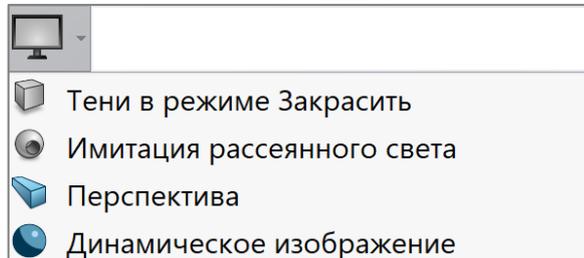


Рисунок 1.19 – Інструмент «Налаштування перегляду»

## 1.10. Панель задач

Вікно *Панель задач* за замовчуванням відображається з правої сторони екрана і може бути відкритим або закритим (рис. 1.20).

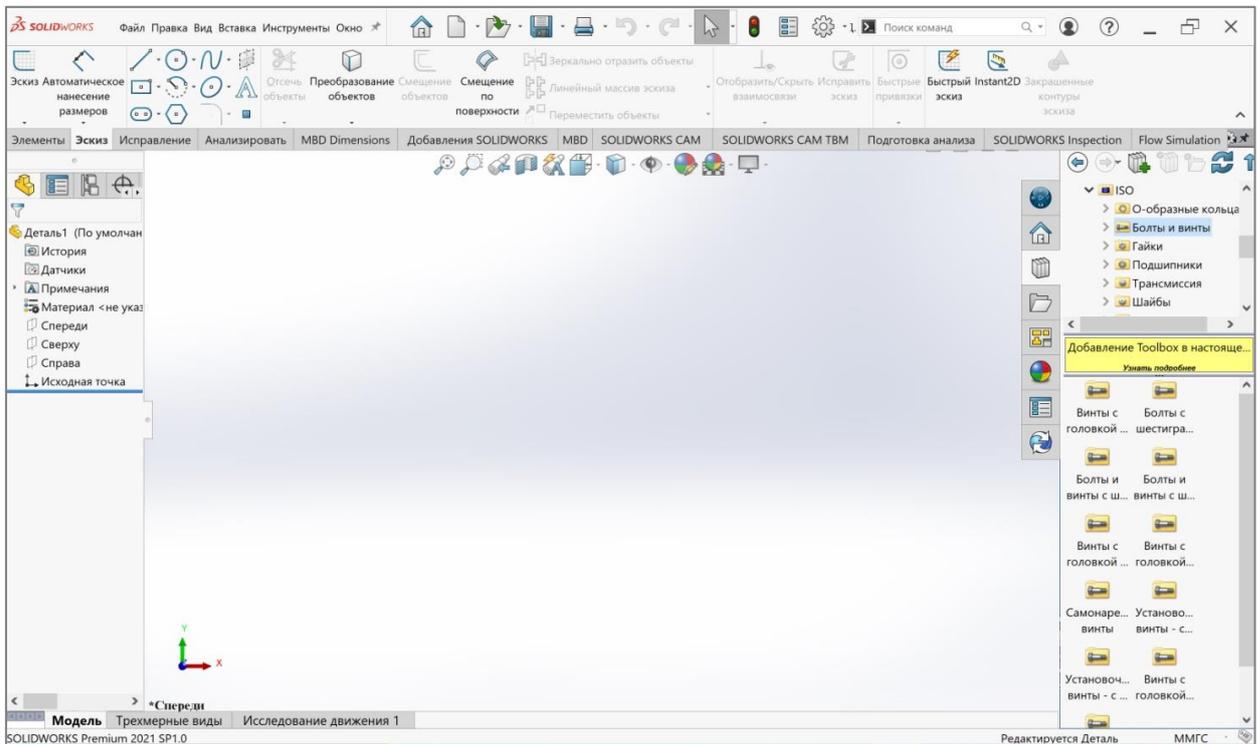


Рисунок 1.20 – Панель задач

У вікні *Панель задач* користувач може отримати доступ до таких можливостей програми:

–  **Ресурси SolidWorks** (SolidWorks Resources). Містить посилання на навчальні матеріали, довідку, онлайн-ресурси, а також інформацію про оновлення програмного забезпечення та інші корисні інструменти.

–  **Бібліотека проєктування** (Design Library). Надає доступ до бібліотеки стандартних компонентів, кріпильних елементів, готових ескізів, тривимірних моделей та інших ресурсів, які можна легко перетягувати в графічну область.

–  **Провідник файлів** (File Explorer). Дублює Провідник файлів на компютері та містить папку Відкрити в SolidWorks.

–  **Палітра видів** (View Palette). Зображення стандартних видів для перетягування на кресленик.

–  **Зовнішні види** (Appearance, Scence, Decals). Бібліотека зовнішніх видів, сцен та написів.

–  **Властивості користувача** (Custom Properties). У налаштованому інтерфейсі, який можна створити за допомогою Property Tab Builder, можна задати властивості, що настроюються у файлах SolidWorks.

У *Стрічці стану* в нижній частині вікна SolidWorks (рис. 1.21) представлена інформація, пов'язана з функцією, що виконується.

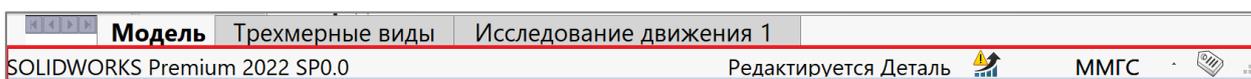


Рисунок 1.21 – Стрічка стану

## 1.11. Збереження документів

Збереження документів у SolidWorks – це важливий процес, який дозволяє зберегти вашу роботу у вигляді файлів, доступних для подальшого редагування, обміну та використання в інших проєктах.

**Файл > Зберегти як... (File > Save As...):** Використовується для першого збереження нового документа або для збереження документа під новим іменем чи в новому місці. Після вибору цієї опції, користувач має вказати ім'я файлу та його розташування на комп'ютері або в мережі.

При збереженні документів файлам буде присвоєно розширення в залежності від їх типу (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Розширення файлів в залежності від типу документа

Тип документа	Розширення файлу
Деталь (Part)	.SLDPRT
Збірка (Assembly)	.SLDASM
Кресленик (Drawing)	.SLDDRW

## 1.12. Налаштування SolidWorks

Після першого запуску програми, як правило, приступають до її індивідуального налаштування. Більшість параметрів за замовчуванням підходять для багатьох користувачів. Однак деякі з них часто потрібно встановити «під себе». Для того, щоб перейти до налаштувань SolidWorks, необхідно в меню натиснути на знак шестерні  (рис. 1.22).

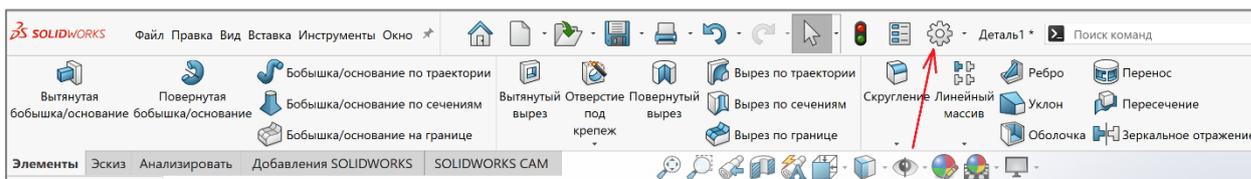


Рисунок 1.22 – Налаштування SolidWorks

Після натискання  перед користувачем з'явиться діалогове вікно з безліччю налаштувань. Для прискорення побудови ескізу в налаштуваннях користувача обрати > Ескіз > Цифрове введення на екрані при створенні елементів > Створювати розміри тільки коли введено значення (рис. 1.23).

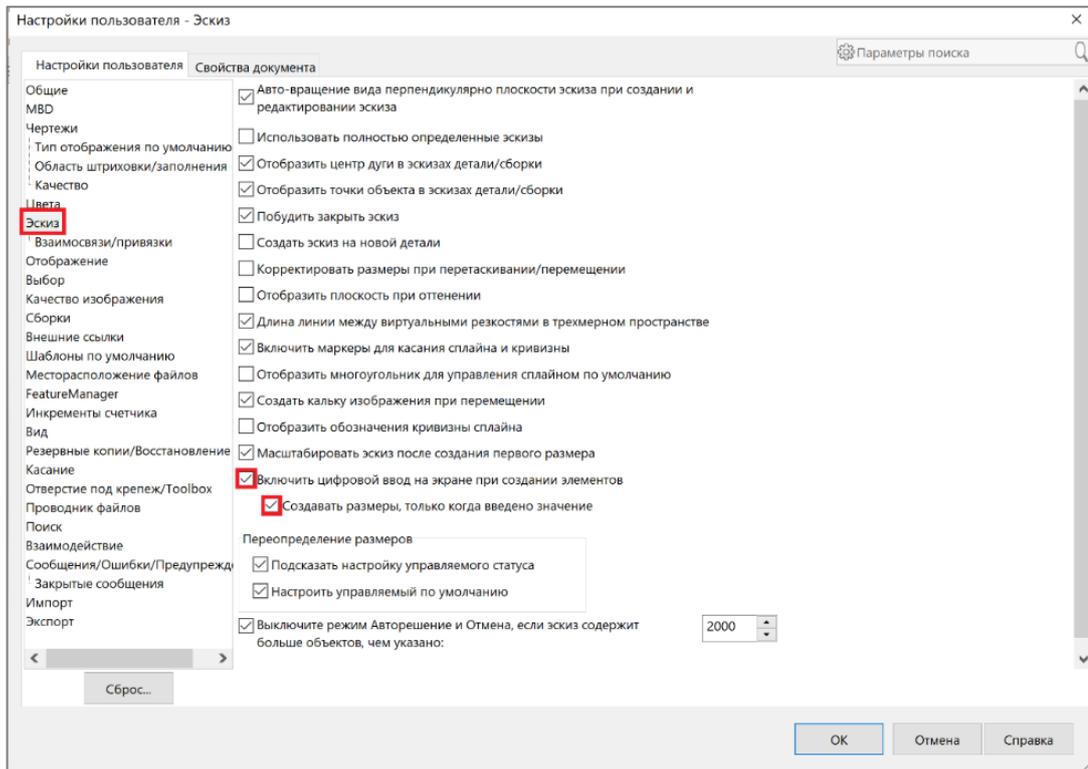


Рисунок 1.23 – Налаштування ескізу

Рекомендується також налаштувати *Резервні копії та відновлення файлів (Backup/Recover)*. Для цього треба перейти до пункту «Резервні копії / Відновлення» та зробити відповідні налаштування.

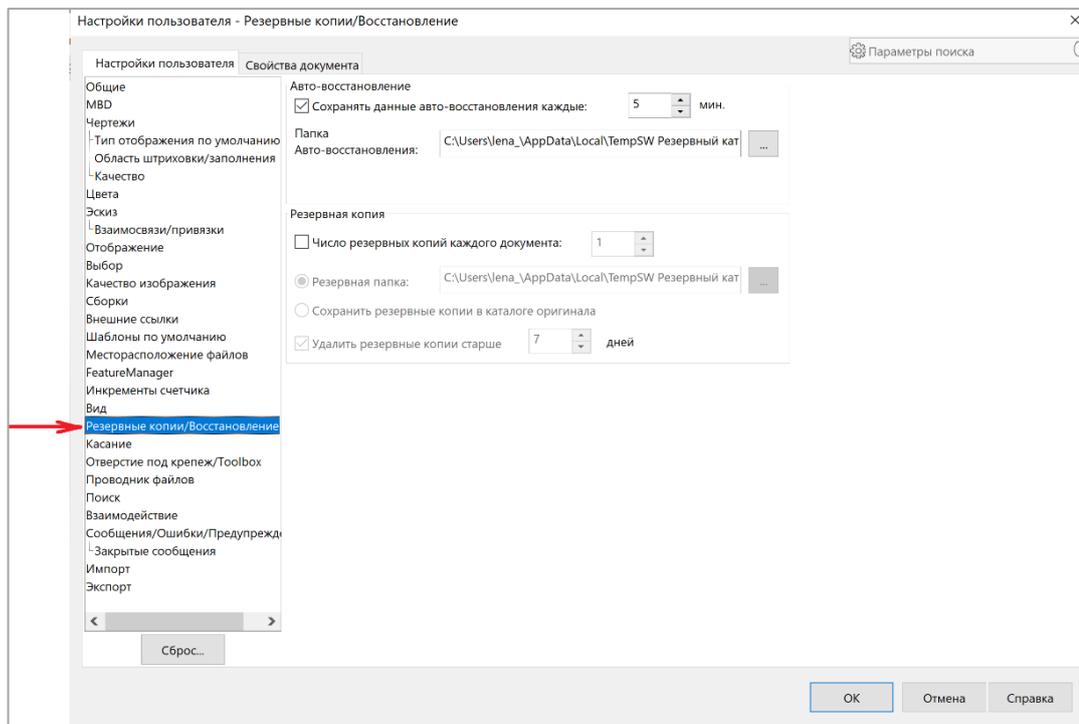


Рисунок 1.24 – Вікно налаштувань

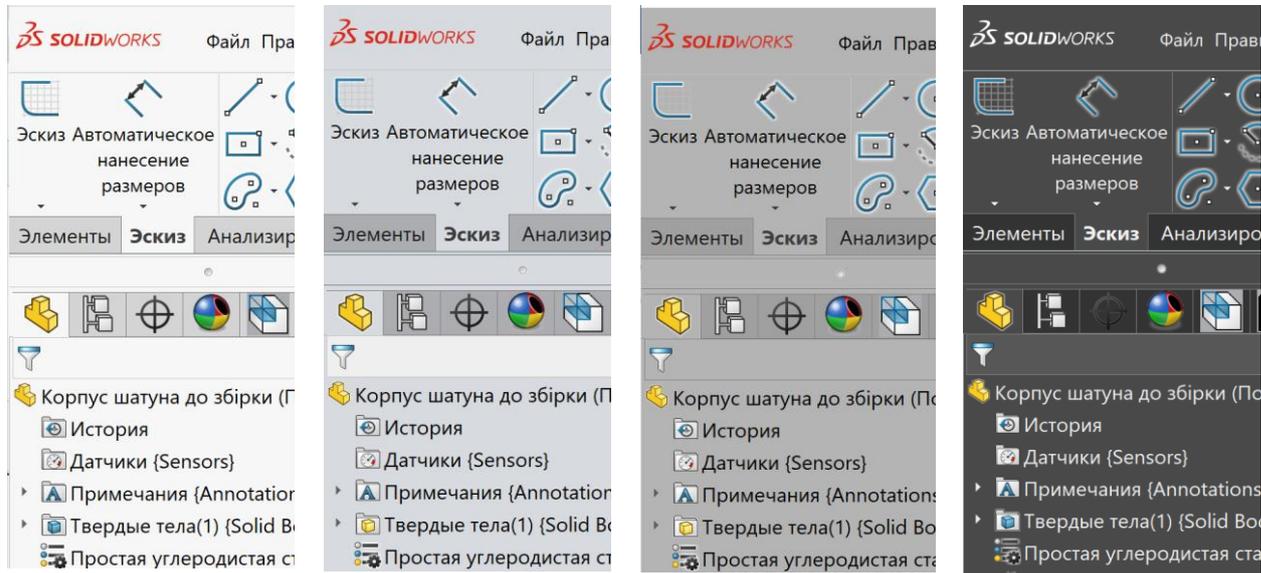
У інтерфейсі SolidWorks користувач може змінювати яскравість фону.

Колір фону впливає на інтерфейс навколо графічної області, але не торкається самої графічної області. Щоб змінити фон, треба виконати наведені нижче дії:

1. Натисніть Параметри.
2. Виберіть Налаштування користувача > Кольори.
3. Для параметра Фон треба вибрати один із наведених нижче варіантів:

- Світлий (за замовчуванням) (рис. 1.25 а);
- Середньо-світлий (рис. 1.25 б);
- Середній (рис. 1.25 в);
- Темний (рис. 1.25 г).

Колір тексту на екрані автоматично налаштовується на новий фон. За необхідності можна вибрати колір тексту у Дереві конструювання (FeatureManager).



а

б

в

г

Рисунок 1.25 – Зміна кольору фону

Користувач може зробити реверс зміни масштабу за допомогою колеса миші. Розробники за замовчуванням зробили його навпаки звичним.

Щоб це зробити, треба перейти до «Вид» і включити чекбокс «Реверс зміни масштабу за допомогою колеса миші» (рис. 1.26).

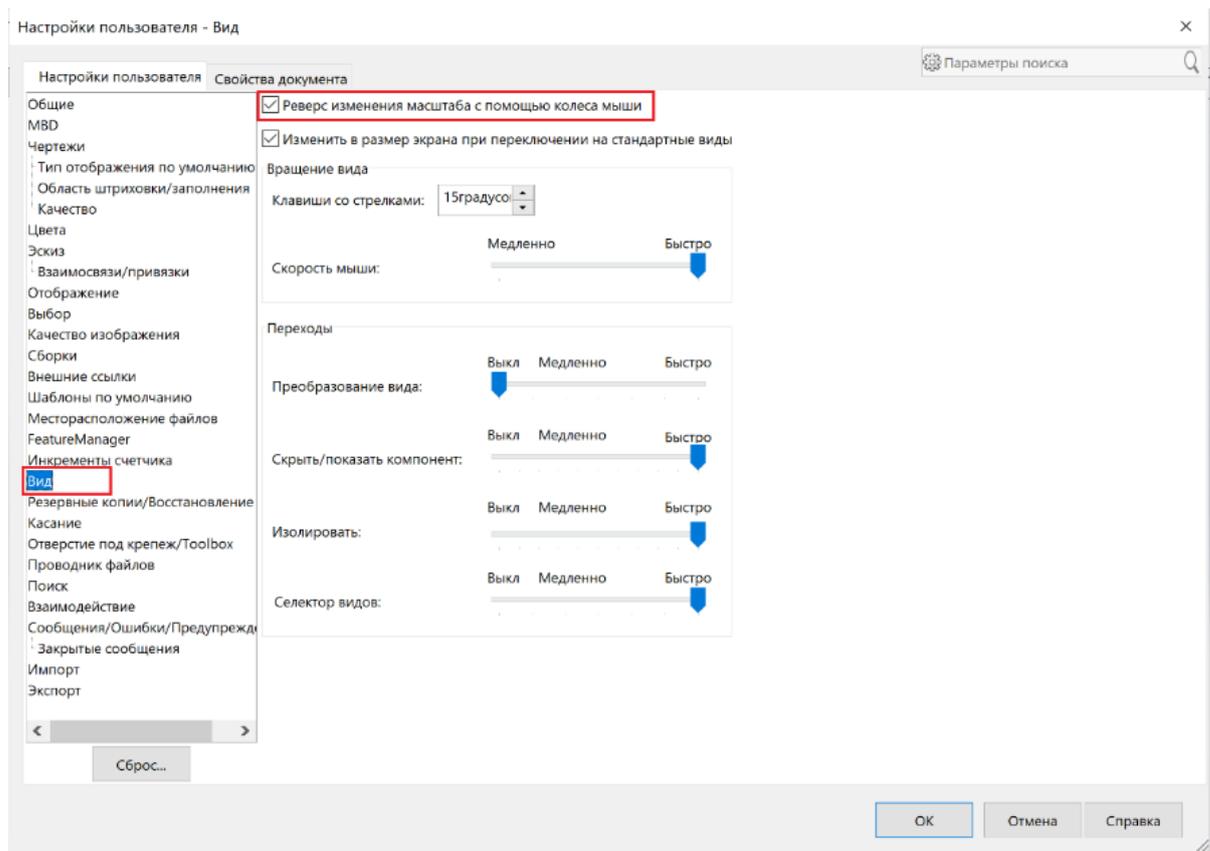


Рисунок 1.26 – Реверс зміни масштабу за допомогою колеса миші

### Питання для самостійної перевірки знань

1. Як відбувається запуск програми SolidWorks?
2. Які основні елементи містить інтерфейс SolidWorks?
3. Які типи документів можна створити в SolidWorks?
4. Яка панель інтерфейсу забезпечує доступ до всіх команд програми?
5. Що таке *Дерево конструювання* і яку роль воно відіграє в процесі моделювання?
6. Що таке контекстне меню та як його викликати?
7. Як включити або виключити різні панелі інструментів у SolidWorks?
8. Як налаштувати інтерфейс SolidWorks під свої потреби?
9. Як здійснюється пошук команд та інструментів у SolidWorks?
10. Як змінити колір фону інтерфейсу SolidWorks?

## 2. ДВОВИМІРНЕ КРЕСЛЕННЯ, СТВОРЕННЯ ЕСКІЗІВ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

### 2.1. Ескіз

Ескізи є основою для створення тривимірних твердотільних моделей деталей. Тому створення будь-якої деталі в SolidWorks, якою би простою або складною вона не була, починається з креслення ескізу.

В SolidWorks ескізи креслять на площині. За замовчуванням при створенні нової деталі дається три взаємно ортогональні площини, що проходять через початок координат. Далі можна додавати будь-яку кількість площин, що мають необхідну орієнтацію в просторі. Але в деяких випадках зручно використовувати тривимірний ескіз (у просторі), коли необхідно побудувати довгомірну деталь, наприклад, трубу, що міняє свій напрямок у просторі, або зварену конструкцію, що полягає із профілів певного перетину.

Усі ескізи, як двовимірні, так і тривимірні, будуються на трьох взаємно ортогональних площинах. Для створення ескізу необхідно обрати площину, у якій він буде будуватися **Спереду**, **Зверху** або **Справа** (рис. 2.1). Первісний вибір тієї або іншої площини не має істотного значення. Ескіз також можна створити на плоскій поверхні або на грані твердотільного об'єкту.

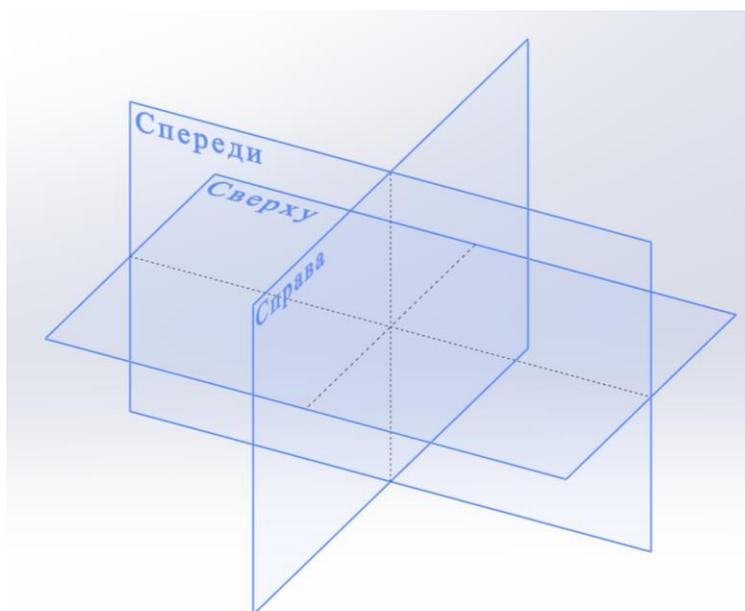


Рисунок 2.1 – Ортогональні площини для створення ескізу

При наведенні курсору на кожну з площин вони підсвічуються, сигналізуючи про те, що можна починати створення Ескізу у вибраній площині.

## 2.2. Перехід в режим ескізу

В режим ескізу можна перейти кількома способами:

1. Натиснути на панелі інструментів «Ескіз» кнопку .
2. Натиснути пункт головного меню «Вставка – Ескіз».
3. Натиснувши лівою кнопкою миші на одну з площин в Дереві конструювання, та вибравши піктограму нового ескізу (рис. 2.2).

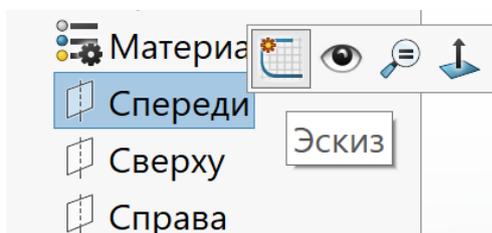


Рисунок 2.2 – Перехід в режим ескізу з Древа конструювання

Після вибору робочої площини за допомогою кнопки  переходять в режим двовимірного ескізу, у якому виконують креслення контуру об'єкта.

Про встановлення режиму ескізу можна судити за кількома ознаками:

- у правому верхньому куті графічної області з'являється знак ;
- у **Дереві конструювання** (*FeatureManager*) прописується новий об'єкт:  (-) Эскиз1;

- активується панель «Інструменти ескізу»;
- у графічній області відображається «Початкова точка ескізу»



– точка с координатами ( $X = 0, Y = 0, Z = 0$ ).

У кожному ескізі є своя початкова точка, тому в деталі звичайно буває кілька початкових точок. Коли ескіз відкритий, то не можна відключати відображення його початкової точки. Початкова точка відображається червоним кольором у відкритому ескізі й допомагає визначити координати

точок ескізу. Креслення будь-якого ескізу рекомендується починати із цієї точки, тоді елементи ескізу автоматично здійснюють прив'язку до неї, і не потрібно додаткових взаємозв'язків для повного визначення ескізів.

Для орієнтації площини ескізу в просторі на екрані в графічній області завжди присутній значок тріади (системи координат).

### 2.3. Створення ескізу

Перший створений тривимірний елемент будь-якої деталі в SolidWorks називається «Основою» (Base) і є заготовкою, до якої в процесі конструювання послідовно додаються нові елементи: виступи, вирізи, округлення, фаски, згини, ребра жорсткості і т.п. Матеріал можна видаляти з заготівлі, а можна нарощувати новий.

На початковому етапі створення основи виконують його ескіз – двовимірне зображення характерного перерізу, з якого надалі формуватиметься об'єм.

Основними елементами ескізу є: точка, лінія, прямокутник, багатокутник, дуга, та ін.

Ескіз виконується за допомогою кнопок панелі «Інструментів ескізу» (рис. 2.3 а). Біля більшості інструментів є «прапорець», натиснувши на який, можна побачити додаткові менш часто використовувані інструменти (2.3 б).

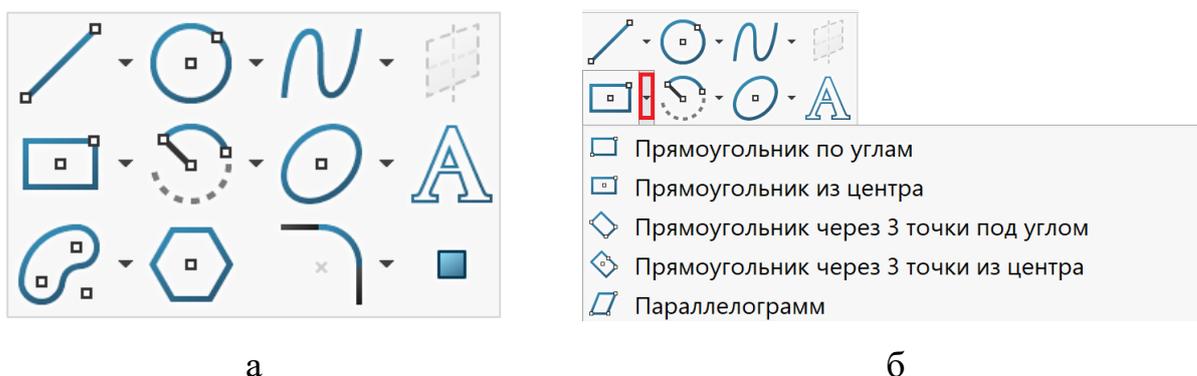


Рисунок 2.3 – Кнопки панелі «Інструментів ескізу»

Важливою особливістю побудови об'єктів у SolidWorks є те, що не обов'язково відразу вводити точні розміри. Це можна зробити пізніше.

У багатьох випадках можна отримати один і той же результат як при створенні витягнутого елемента за допомогою складного профілю, так і при створенні витягнутого елемента за допомогою більш простого профілю та деяких додаткових елементів.

Наприклад, в деталі потрібно, щоб кромки були заокруглені. Для цього можна побудувати простий ескіз (рис. 2.4), а потім додати заокруглення в якості окремих елементів. Або побудувати складний ескіз (рис. 2.5), який вже містить заокруглення [2].

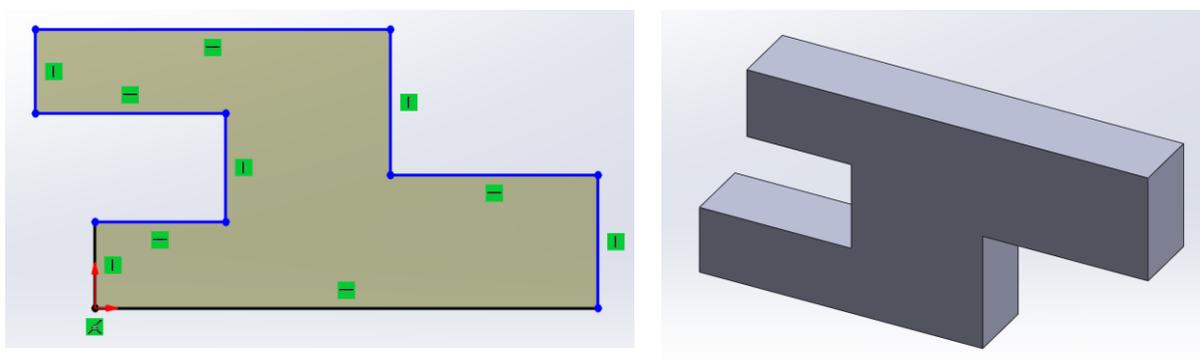


Рисунок 2.4 – Простий ескіз

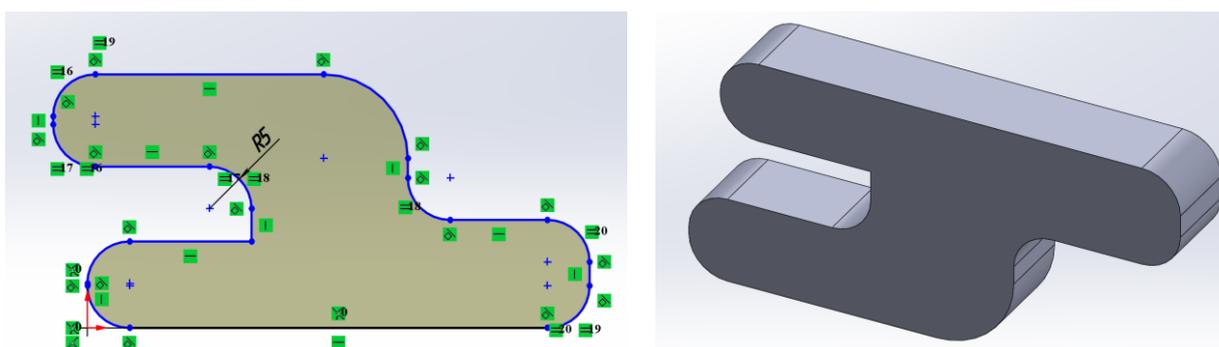


Рисунок 2.5 – Складний ескіз

Не слід прагнути одразу виконати складний ескіз, оскільки це ускладнить роботу з його редагування. Додаткові елементи раціональніше додати або видалити під час роботи з об'ємним зображенням.

## 2.4. Вимоги до ескізу

Вимоги до ескізу в SolidWorks є ключовими для успішного створення тривимірних моделей:

1. При побудові ескізу необхідно стежити, щоб ескіз мав замкнений контур (рис. 2.6, а), не відбувалося перетинання елементів ескізу (рис. 2.6, б) і не повинно бути елементів, що перекриваються (тобто накреслених поверх інших (рис. 2.6, в)).

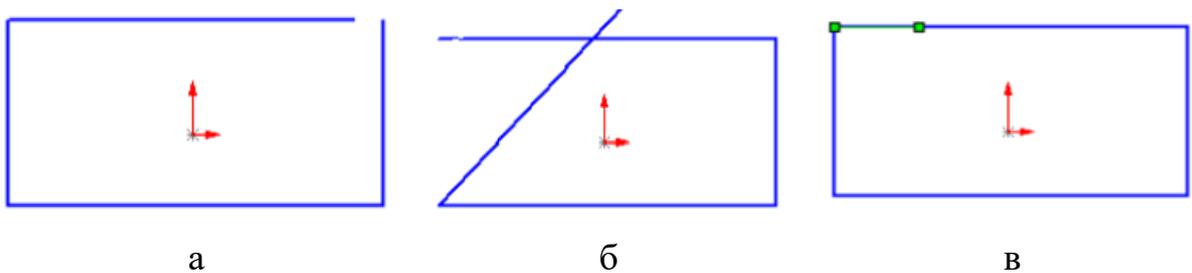


Рисунок 2.6 – Вимоги до ескізу

2. SolidWorks допускає в одному ескізі наявність декількох замкнених контурів, при цьому формується багатотільна деталь. У цьому випадку при витягуванні ескізу програма попросить указати розташування матеріалу в контурах.

3. Якщо ескіз не буде складатися із замкненого контуру, то при витягуванні програма буде інтерпретувати ескіз як тонкостінний елемент і попросить вказати його товщину.

4. При створенні ескізів можна вирізати й вставляти, або копіювати й вставляти один чи більше об'єктів ескізу, як з одного ескізу в іншій, так і всередині одного ескізу.

5. Для точного визначення геометрії ескізу використовуються взаємозв'язки, такі як паралельність, перпендикулярність, рівність тощо. Це допомагає забезпечити правильну геометрію та пропорції елементів.

6. Двовимірні ескізи можна створювати тільки в площинах або на існуючих гранях деталі, а тривимірні ескізи — у тривимірному просторі.

## 2.5. Елементи ескізу

При побудові плоских об'єктів ескізу (ліній, дуг, багатокутників і т.п.) використовуються так звані **Елементи формування**: лінії формування, покажчики, прив'язки ескізу і взаємозв'язкі. **Елементи формування** динамічно показують, як елементи ескізу впливають один на одного.

**Лінії формування** – це пунктирні лінії, які з'являються по мірі створення ескізу. Коли покажчик наближається до міток, що підсвічуються (вершин, середніх точок і т.п.), лінії формування використовуються в якості орієнтира в залежності від існуючих об'єктів ескізу (рис. 2.7).

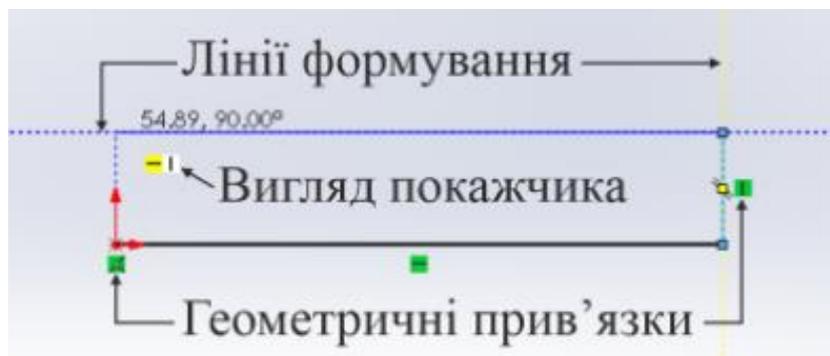


Рисунок 2.7 – Елементи формування об'єктів ескізу

При побудові об'єктів **Вигляд покажчика** змінюється в залежності від обраного інструменту малювання (дуга, коло, лінія), а також в разі, якщо покажчик знаходиться на геометричному взаємозв'язку (перетини, точки) або на розмірі. Якщо при побудові покажчик відображає взаємозв'язок, вона автоматично додається до об'єкта.

**Прив'язки** ескізу існують за замовчуванням. Під час проєктування відображаються значки прив'язок ескізів.

Крім **Прив'язок** ескізу можна відобразити значки, які представляють **Взаємозв'язки** між об'єктами ескізу. Під час проєктування об'єктів відображаються значки, що представляють **Прив'язки** ескізу, як тільки об'єкт ескізу побудований, з'являться **Взаємозв'язки**.

## 2.6. Об'єкти побудови плоского ескізу

Об'єкти побудови ескізу розташовані на панелі інструментів *Ескіз* (Sketch) або можуть бути активовані через верхнє меню по команді *Інструменти* (Tools) > *Об'єкти ескізу* (Sketch Entities). Всі властивості об'єктів діляться на три групи: тип (лінія, дуга, окружність, еліпс), взаємозв'язки (горизонтальність, вертикальність) і геометричні параметри (координати, довжина, кут, діаметр). Властивості відображаються в *Менеджері властивостей* (PropertyManager) при побудові об'єктів [3].

До основних плоских об'єктів, що використовуються при побудові ескізів, в SolidWorks відносяться:

- лінії;
- прямокутники;
- окружності;
- дуги;
- багатокутники;
- складні криві і фігури (еліпси, параболи, сплайни та ін.).

Існують два режими проектування плоских об'єктів в ескізах:

1. Режим «натиснути-перетягнути» – проектування об'єкта починається при натисканні на першу точку і подальшому її перетягуванні, не відпускаючи кнопки миші, і закінчується, коли кнопку відпускають.

2. Режим «натиснути-натиснути» – проектування об'єкта починається і закінчується при натисканні кнопки миші, проектується об'єкт переміщенням між двома цими натисканнями.

Найбільш універсальним і часто використовуваним елементом для проектування плоских об'єктів в SolidWorks є *Лінія* (Line). При використанні об'єкта *Лінія* в режимі «натиснути-натиснути» створюється ланцюжок сегментів – ламана лінія. Завершити побудову лінії можна через спливаюче меню, активізувавши команду *Вибрати* (Select), або натиснувши клавішу *Esc* на клавіатурі.

Додатково в SolidWorks реалізована можливість переходу від прямої ламаної лінії до дотичній дуги без вибору відповідного інструменту. Для цього необхідно, починаючи малювати новий сегмент ламаної лінії від кінцевої точки попереднього відрізка, відвести курсор миші в сторону, потім знову повернутися в кінцеву точку. При подальшій побудові формується динамічна дотична дуга (рис. 2.8). Автоматичний перехід від *Лінії* до *Дотичної дуги* (Tangent Arc) виконується також при натисканні на клавіатурі латинської A.

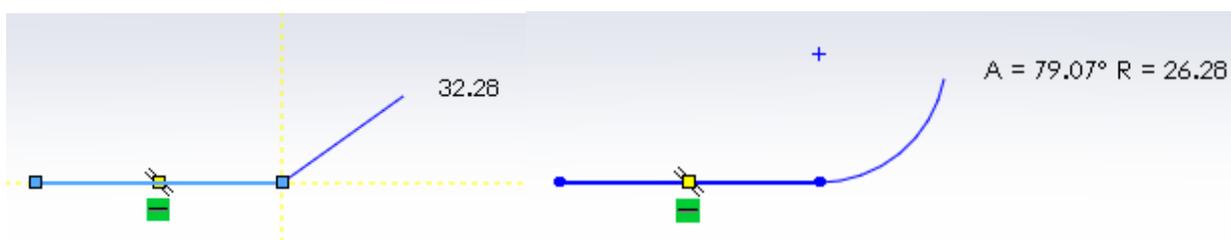


Рисунок 2.8 – Автоматичний перехід від лінії до дотичної дуги

Зверніть увагу на дуже важливий момент: залежно від того, в якому напрямку переміщатимете курсор після того, як побудували перший відрізок, залежатиме напрямок побудови дуги (рис. 2.9).

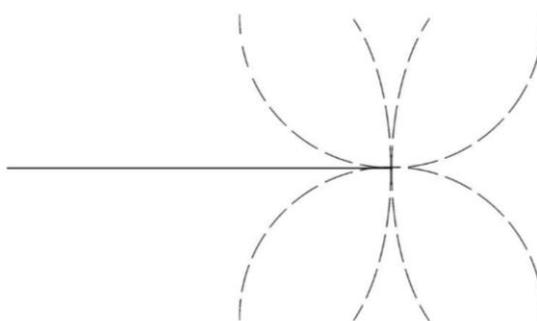


Рисунок 2.9 – Напрямок побудови дуги

Для побудови дуги в SolidWorks може бути використаний один з трьох інструментів:

1. **Центр дуги (Centerpoint Arc)** – необхідно задати координати центру і однієї з крайніх точок, а потім зафіксувати кут дуги (третья точка) (рис. 2.10, а).

2. **Дотична дуга (Tangent Arc)** – команда може застосовуватися для кінцевої точки існуючого об'єкта (рис. 2.10, б). Після її виконання між об'єктами автоматично встановлюється взаємозв'язок **Дотичність**.

3. **Дуга через три точки (Point Arc)** – вимагає вказівки двох крайніх точок дуги, а шляхом переміщення третьої встановлюється значення радіуса (рис. 2.10, в).

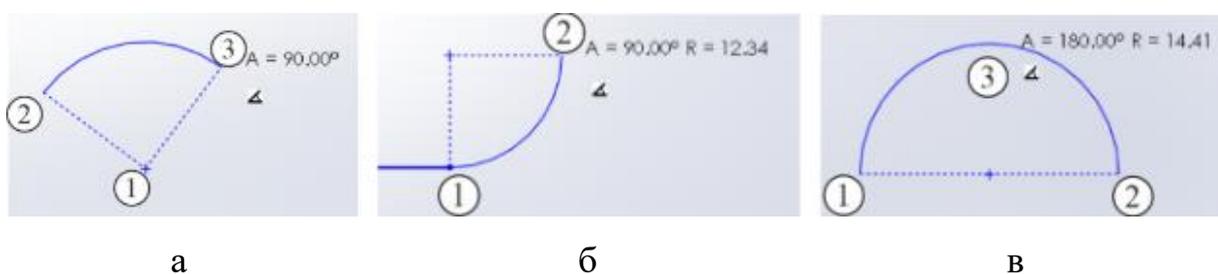


Рисунок 2.10 – Методи побудови дуг

Для великого числа практичних завдань потрібно побудувати плавну криву лінію, що проходить через задані точки. Для цих цілей використовуються сплайни [3].

В SolidWorks сплайни є основним інструментом побудови складної геометрії ескізів і застосовуються при розробці дизайн-проектів оригінальних корпусів. Також сплайни можуть бути використані як «апроксимуюча крива» в інженерних задачах, де траєкторія зміни геометрії задається по певному математичному закону.

В SolidWorks використовується Сплайн (Spline), кривизна якого контролюється розкидом контрольних точок. Управляти формою сплайна можна трьома способами:

- переміщенням вузла (рис. 2.11, а);

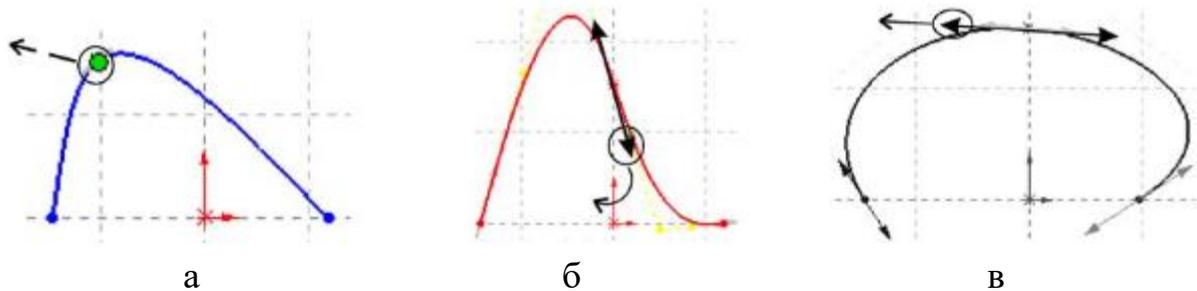


Рисунок 2.11 – Способи управління формою сплайна

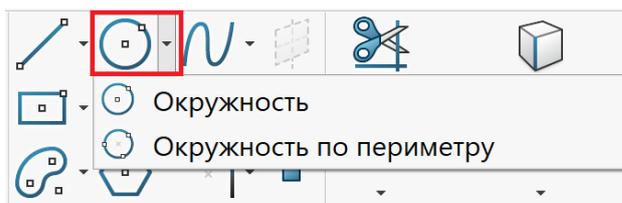
– змінюючи **Радіальний напрямок дотичної** – кут нахилу щодо координатної осі (рис. 2.11, б);

– змінюючи **Величину дотичної** – радіус кривизни в потрібній точці (рис. 2.11, в).

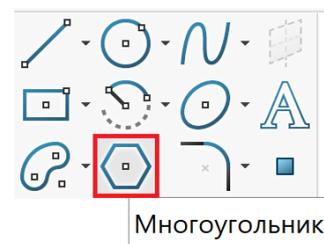
Побудова кіл, прямокутників, багатокутників в ескізах відповідає більшості графічних САПР для роботи з двомірною векторною графікою. Детальний опис правил побудови і роботи з об'єктами ескізу міститься в довідковій системі SolidWorks [1], а також у практикумі з комп'ютерної графіки [4].

На рис. 2.12 наведені основні інструменти для створення ескізу, які ще не було розглянуто вище.

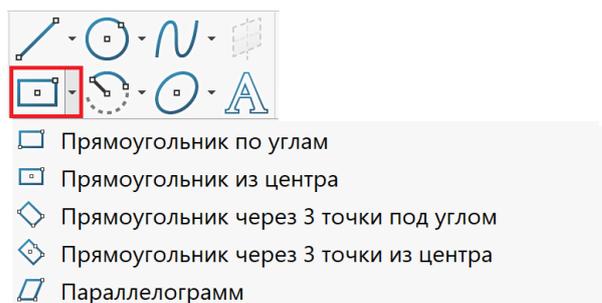
### 1. Об'єкт ескізу **Коло**



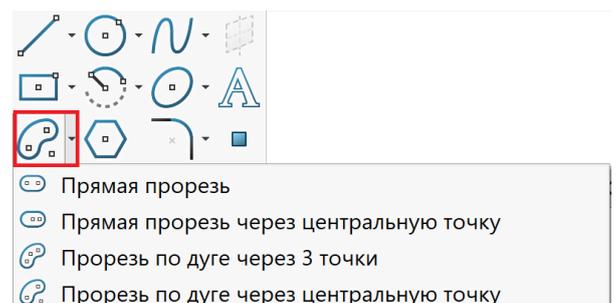
### 2. Об'єкт ескізу **Багатокутник**



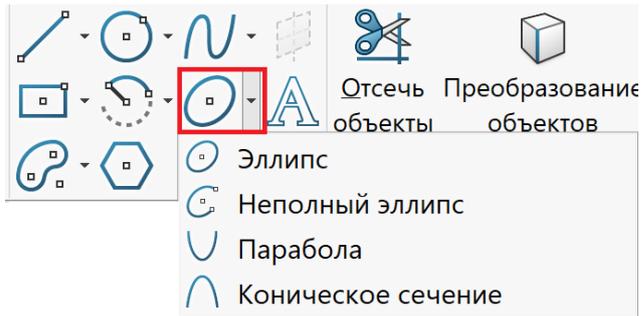
### 3. Об'єкт ескізу **Прямокутник**



### 4. Об'єкт ескізу **Прорізь**



## 5. Об'єкт ескізу Еліпс



## 6. Об'єкт ескізу Заокруглення

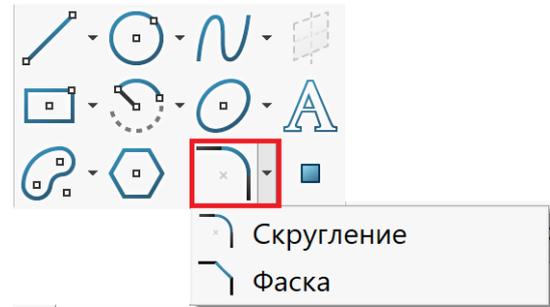


Рисунок 2.12 – Об'єкти ескізу

### 2.7. Нанесення розмірів в двомірному ескізі

Геометричні об'єкти, побудовані в ескізі, повинні бути визначені в просторі. В кінцевому підсумку повинні бути задані координати точок відповідних об'єктів (ліній, дуг, кіл). У режимі **Ескіз** (Sketch) положення об'єктів описується математично за рахунок нанесення керуючих розмірів або за рахунок накладення обмежень на розташування об'єктів.

Кожному керуючому розміру в SolidWorks відповідає окрема змінна. Визначивши об'єкту ескізу необхідний набір параметрів, всі побудовані елементи (лінії, дуги, кола, сплайни) можуть бути представлені у вигляді системи рівнянь. Програма автоматично перебудовує об'єкт відповідно до заданого значенням керуючого розміру (всі зміни відображаються в графічній області).

За допомогою інструменту **Автоматичне нанесення розмірів** (Smart Dimension)  на панелі інструментів Sketch можна нанести розміри для об'єктів ескізу. Для виконання команди потрібно спочатку виділити один або два об'єкти (лінії, точки, дуги, кола) і визначити положення розмірної лінії (рис. 2.13). Якщо лінії розташовані не паралельно, система самостійно визначить кутовий розмір. Аналогічно визначаються діаметральний і радіальний розміри.

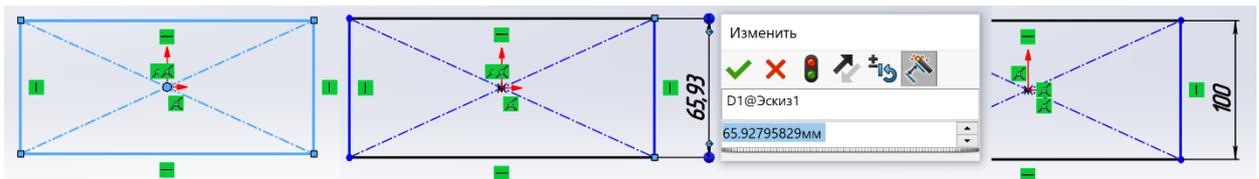


Рисунок 2.13 – Нанесення розмірів на плоскому ескізі

Розмір може бути встановлений як щодо існуючого об'єкта ескізу, включаючи **Початкову точку** і допоміжні осьові лінії, так і щодо вже побудованих тривимірних елементів та їх ескізів.

Після того як об'єкти обрано і встановлено місце розташування розмірної лінії з'явиться діалогове вікно **Змінити (Modify)**. Ввівши нове значення в цьому діалоговому вікні, можна змінити розмір (рис. 2.13).

Слід зазначити, що розмірні лінії керуючих розмірів, нанесені на ескізах, не є обов'язковими розмірними лініями майбутнього кресленика, хоча можуть бути туди перенесені автоматично. Проставляння розмірів в **Ескізі (Sketch)** є параметризацією геометричних об'єктів, в той час як розміри на креслениках встановлюються відповідно до вимог стандартів системи конструкторської документації (СКД).

## 2.8. Визначеність ескізу

У SolidWorks не обов'язково, щоб ескіз був повністю визначений за допомогою розмірів та обмежень. Визначити ескіз можна у процесі подальшої роботи. Однак це призводить до помилок на пізніших стадіях. Додавання розмірів та обмежень до ескізу – не обов'язкове, але корисне правило. При цьому слід враховувати, що розміри та обмеження не повинні дублювати один одного. Це призведе до численних помилок при подальшій перебудові. Для відображення та редагування існуючих обмежень служить кнопка .

Цілком визначений ескіз дозволить уникнути появи помилок у роботі, особливо якщо надалі в модель доведеться вносити серйозні зміни.

Щоб відобразити ступінь визначеності ескізу, в SolidWorks прийнято кодування кольором, значення якого наведено у таблиці 2.1.

**Не рекомендується проводити переналаштування стандартних кольорів ескізу.**

Ескізи знаходяться в одному з п'яти наступних станів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Умовні позначення для стану ескізу

Колір ескізу	Значення
<b>Чорний</b>	<b>Повністю визначений ескіз.</b> Всі лінії і криві на ескізі, а також їх розміщення описані за допомогою розмірів і взаємозв'язків. Це оптимальний стан ескізу. Він означає, що всі розміри та взаємозв'язки задані правильно і в достатній кількості
<b>Червоний</b>	<b>Перевизначений ескіз (помилка).</b> Існують конфліктні або повторні розміри або взаємозв'язки
<b>Синій</b>	<b>Недовизначений ескіз.</b> В ескізі не визначені деякі розміри та/або взаємозв'язки, і їх можна змінювати.
<b>Рожевий</b>	<b>Невирішений ескіз.</b> Рішення не було знайдено. Неможливо створити елемент. Відображаються геометрія, взаємозв'язки і розміри, що перешкоджають розрахунку ескізу (наприклад, були видалені елементи, до яких є прив'язка).
<b>Жовтий</b>	<b>Розрахований ескіз.</b> Знайдено неприпустиме рішення: неприпустима геометрія, наприклад, нульова довжина лінії, дуга нульового радіуса або самоперетинаючийся сплайн.

Стан ескізу показується в <Стрічці стану>, коли ескіз знаходиться в режимі редагування (рис. 2.14).

Рисунок 2.14 – Стан ескізу

## 2.9. Взаємозв'язки

Взаємозв'язки – це обмеження на розташування плоских об'єктів ескізу. Основною метою додавання взаємозв'язків є зменшення числа керуючих розмірів. На рис. 2.15 показані два варіанти визначення квадрата в ескізі, центр якого збігається з **Початковою точкою** ескізу.

У першому випадку (рис. 2.15 а) було виконано побудову об'єкта **Прямокутник** (Rectangle) з подальшим завданням необхідних розмірів, включаючи розміри від сторін до **Початкової точки** (всього чотири розміри).

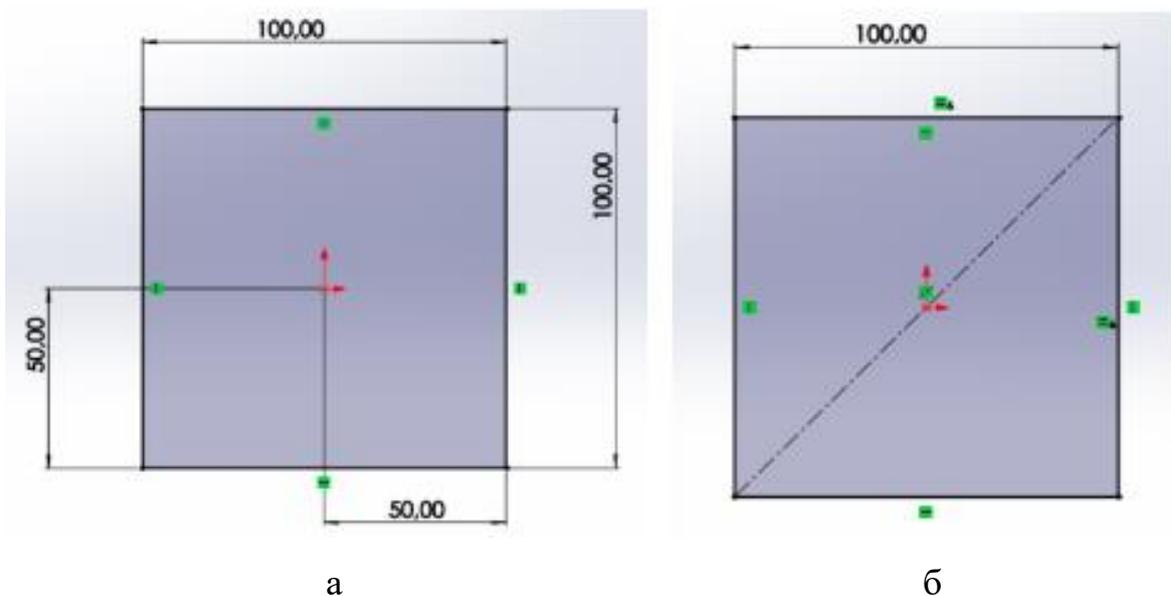


Рисунок 2.15 – Способи визначення квадрата в ескізі

У другому випадку (рис. 2.15 б) крім прямокутника була побудована його діагональ за допомогою допоміжної **Осьовій** лінії (Centerline). Додано два взаємозв'язки: **Рівність** (Equal) суміжних сторін прямокутника і **Середня точка** для діагоналі прямокутника і **Початкової точки**. Для повного визначення квадрата досить задати один розмір – довжину сторони.

Для додавання взаємозв'язку слід активізувати команду **Додати взаємозв'язок** (Add Relations) на панелі інструментів **Ескіз** (Sketch) або відразу вибрати необхідний об'єкт або об'єкти ескізу (вибір декількох об'єктів виконується, утримуючи клавішу **Ctrl** на клавіатурі). Система самостійно визначає допустимі взаємозв'язки для обраних об'єктів і пропонує вибрати один з них. У вікні **Менеджер властивостей** (Property Manager) слід натиснути відповідну піктограму (**Збіг** (Coincident), **Горизонтальний** (Horizontal), **Зафіксований** (Fix) і т.п.).

Задане відносне положення об'єктів не може бути змінено до тих пір, поки взаємозв'язки не будуть видалені. Для видалення взаємозв'язків необхідно виділити об'єкт (лінію або точку) і в списку **Існуючі взаємозв'язки** (Existing Relations) **Менеджера властивостей** (рис. 2.16) видалити відповідний взаємозв'язок (клавішею *Delete* на клавіатурі).

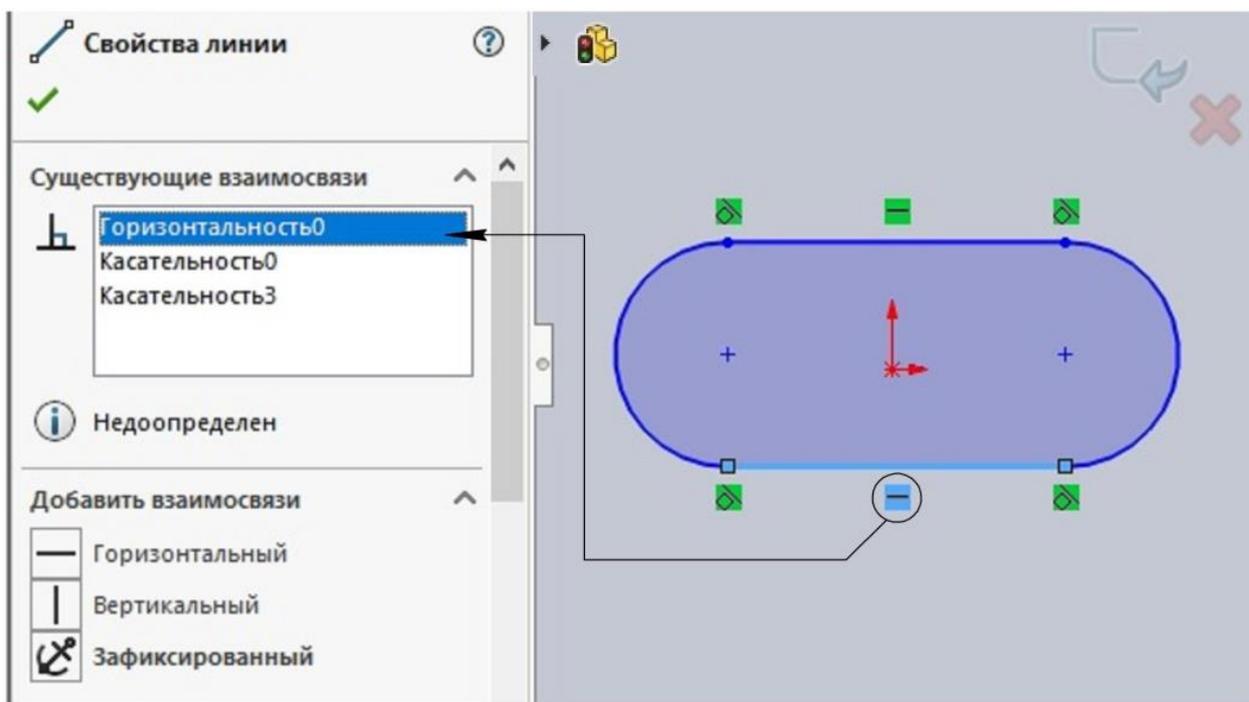
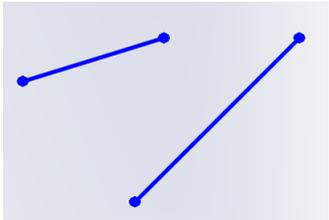
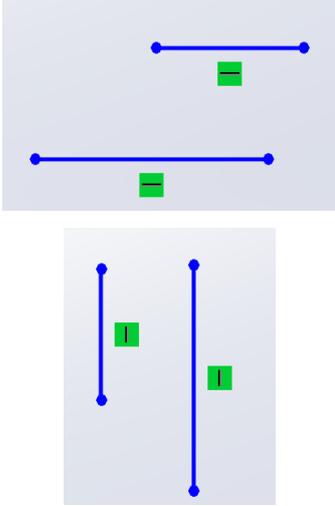
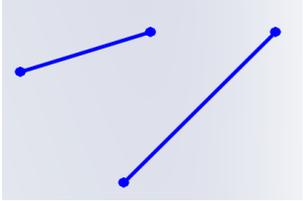
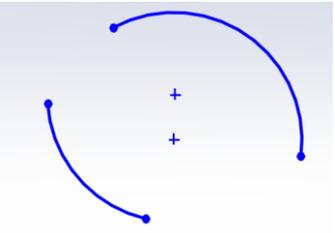
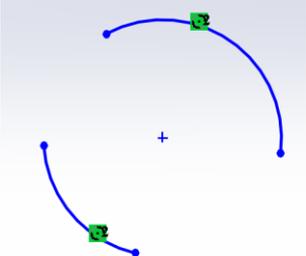
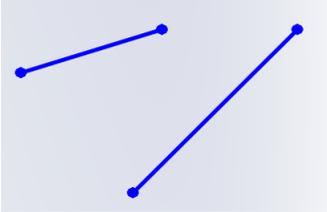
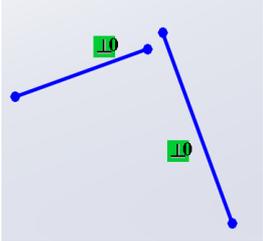
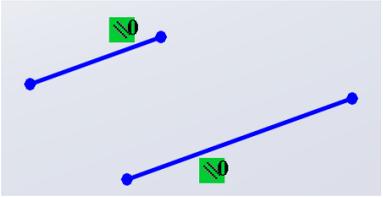
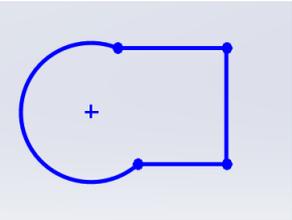
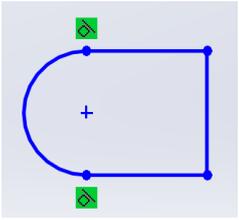
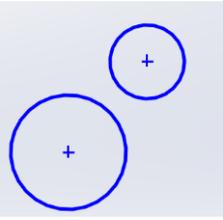
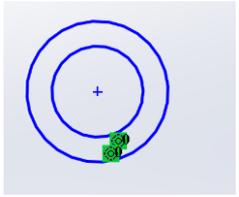
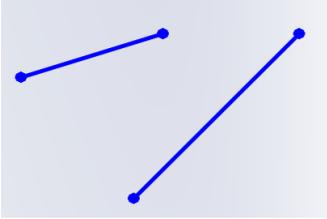
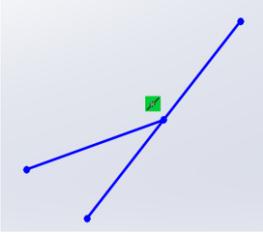


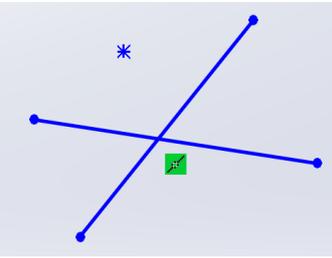
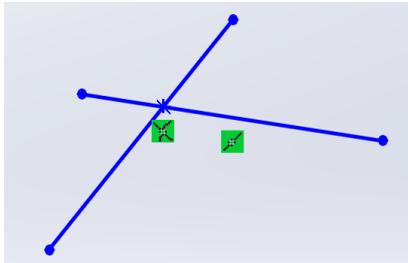
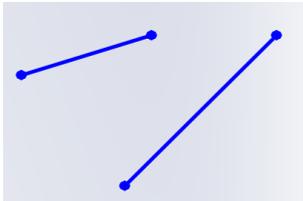
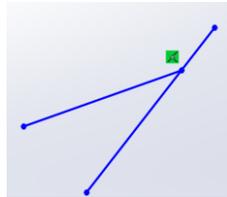
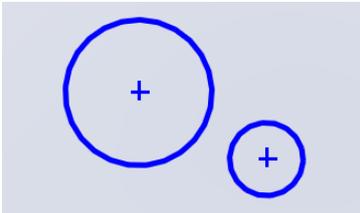
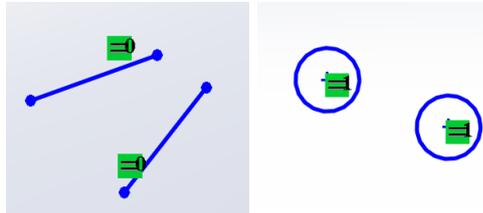
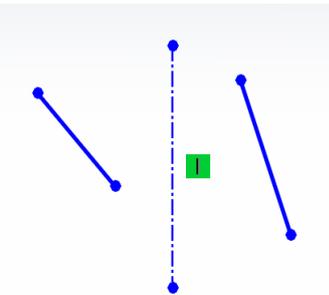
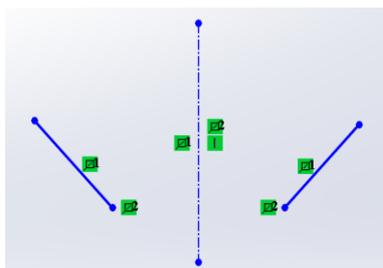
Рисунок 2.16 – Відображення існуючих взаємозв'язків об'єкта ескізу

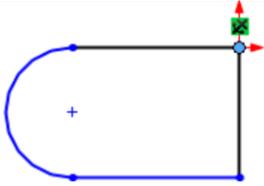
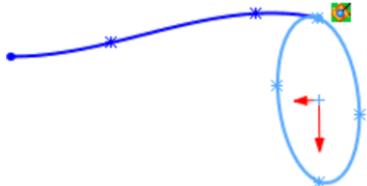
В наведеній нижче таблиці 2.2 описані об'єкти, які можна обирати для взаємозв'язку, характеристики отриманих результатів, а також проілюстровано приклади побудови до накладення взаємозв'язків і після [5].

Таблиця 2.2 – Геометричні взаємозв'язки в ескізах

Взаємозв'язок	Обрані об'єкти	Отримані взаємозв'язки
<p>Горизонтальність </p> <p>Вертикальність </p>	<p>Одна або декілька ліній, або дві або кілька точок</p> 	<p>Лінії стають горизонтальними чи вертикальними (що визначається поточною системою координат ескізу). Точки вирівнюються по горизонталі чи вертикалі.</p> 
<p>Колінеарність </p>	<p>Дві чи кілька ліній.</p> 	<p>Елементи лежать на одній і тій же нескінченній лінії.</p> 
<p>Корадіальність </p>	<p>Дві чи більше дуги</p> 	<p>В елементах використовуються одні й ті самі центр та радіус.</p> 
<p>Перпендикулярність </p>	<p>Дві лінії</p>	<p>Два елементи перпендикулярні один одному.</p>

Взаємозв'язок	Обрані об'єкти	Отримані взаємозв'язки
		
Паралельність 	Дві чи кілька ліній. Лінія та площина (або плоска грань) у тривимірному ескізі.	Елементи є паралельними один одному. 
Дотичність 	Дуга, еліпс або сплайн, і лінія або дуга. 	Два елементи залишаються дотичні один до одного. 
Концентричність 	Дві або більше дуги і лінія або дуги. 	Для дуг використовується один і той же центр. 
Середня точка 	Дві лінії або точка та лінія. 	Точка залишається у центрі лінії. 

Взаємозв'язок	Обрані об'єкти	Отримані взаємозв'язки
Перетин ✕	Дві лінії та одна точка. 	Точка залишається на перетині двох ліній. 
Співпадіння ✂	Точка та лінія, дуга або еліпс. 	Точка лежить на лінії, дузі або еліпсі. 
Рівність =	Дві або більше ліній, або дві або більше дуги. 	Довжини ліній чи радіуси залишаються рівними. 
Симетричність ☑	Осьова лінія і дві точки, лінії, дуги або два еліпси. 	Елементи залишаються на рівної відстані від осьової лінії, на перпендикулярній до неї лінії. 
Фіксованість ⌘	Будь-який об'єкт.	Фіксуються розміри та місцезнаходження об'єкту.

Взаємозв'язок	Обрані об'єкти	Отримані взаємозв'язки
		
Точка пронизання 	Точка ескізу і будь-яка вісь, край, лінія або сплайн.	<p>Точка ескізу збігається з місцем, де вісь, кромка чи крива пронизують площину ескізу.</p> <p>Взаємозв'язок «Точка пронизання» використовується в елементах траєкторії з напрямними кривими.</p> 
Злити точки 	Дві точки ескізу чи кінцеві точки.	Дві точки ескізу зливаються в одну точку.

Приклад додавання взаємозв'язків «Горизонтальність»  та «Вертикальність» . Все, що на рисунку 2.17 а зображено синім кольором – можна вільно переміщувати. Це означає, що ескіз неповністю визначений. Для визначеності треба накласти взаємозв'язки. Для цього треба виділити об'єкт лівою кнопкою миші, в даному випадку відрізок (рис. 2.17 б). Поруч з'явиться контекстне меню з взаємозв'язками, що можна застосувати.

Обираємо «Вертикальність» (рис. 2.17 б). Отриманий результат наведено на рис. 2.17 в. Відрізок став чорного кольору, а це означає, що його розташування повністю визначено.

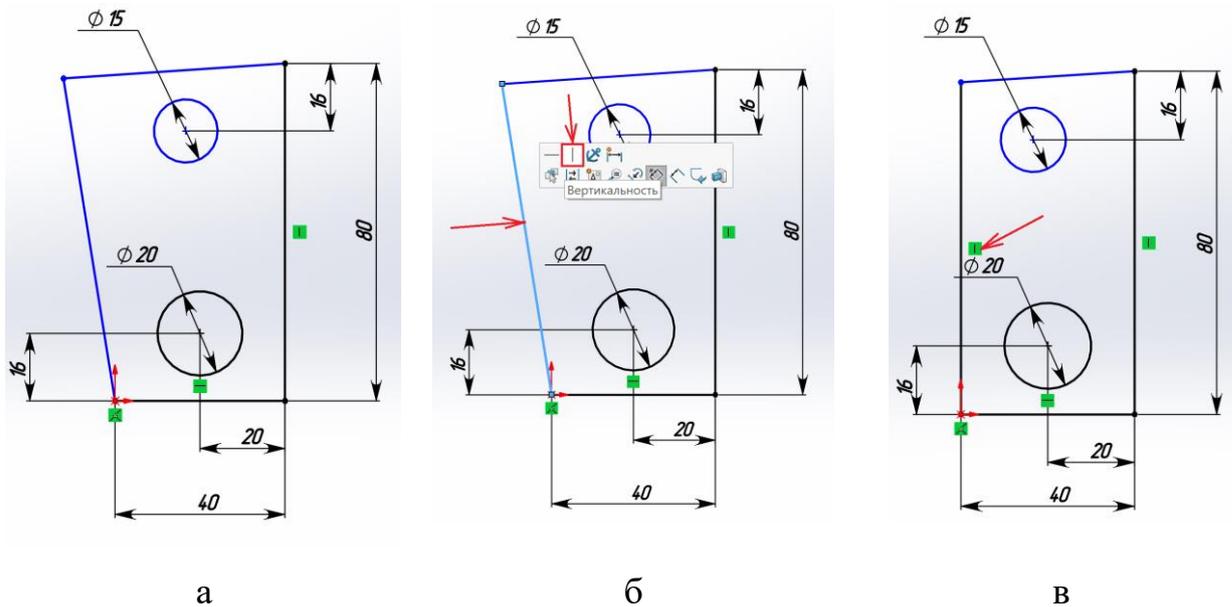


Рисунок 2.17 – Додавання взаємозв'язку «Вертикальність»

Для наступного відрізка додаємо взаємозв'язок «Горизонтальність» (рис. 2.18). Виділяємо лівою кнопкою миші відрізок (рис. 2.18 а), в контекстному меню обираємо взаємозв'язок «Горизонтальність». Отриманий результат наведено на рис. 2.18 б.

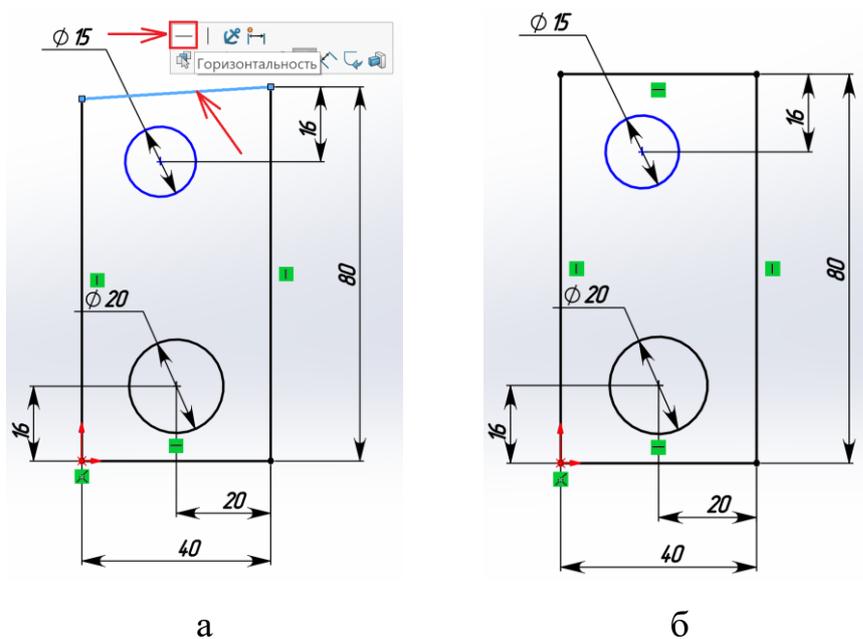


Рисунок 2.18 – Додавання взаємозв'язку «Горизонтальність»

Ще залишається невизначеним верхнє коло. Для повного його визначення треба додати взаємозв'язок «Вертикальність», але перед тим треба обрати центри обох кіл, затиснувши **Ctrl** (рис. 2.19 а). Як бачимо, взаємозв'язок горизонтальність і вертикальність можна додавати не тільки для відрізків, але і для кількох точок. Тепер ескіз повністю визначений (рис. 2.19 б).

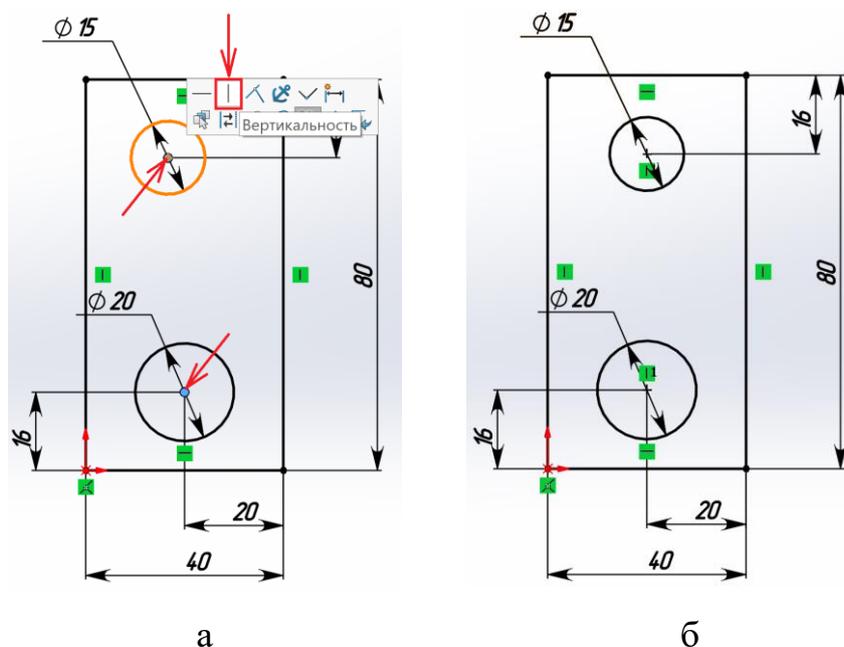


Рисунок 2.19 – Додавання взаємозв'язку «Вертикальність»

Приклад додавання взаємозв'язків «Злиття» , «Колінеарність» , «Рівність»  (рис. 2.20). Дивлячись на ескіз, бачимо, що в правому верхньому куті ескіз незамкнений (рис. 2.20 а). Для того, щоб його замкнути, обираємо дві точки й додаємо взаємозв'язок «Злиття»  (рис. 2.20 б). Отриманий результат (рис. 2.20 в). Для визначення розташування верхньої лівої кромки, виділяємо її, затискаємо **Ctrl**, виділяємо нижній відрізок, обираємо взаємозв'язок «Колінеарність»  (рис. 2.20 г). Результат доданого взаємозв'язку (рис. 2.20 д). Для розташування отвору посередині висоти додаємо умову рівності двох відрізків «Рівність»  (рис. 2.20 е, ж).

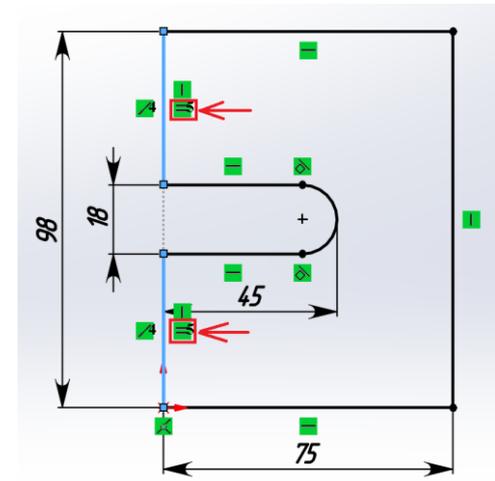
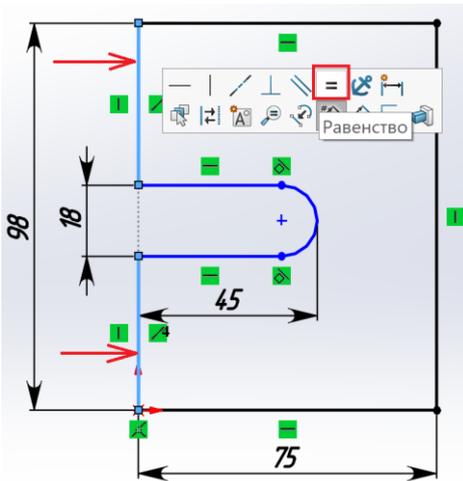
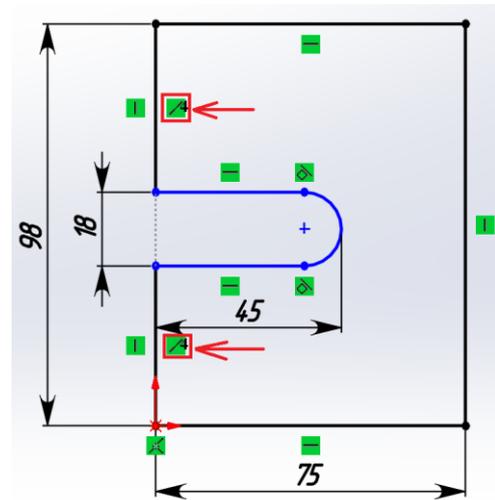
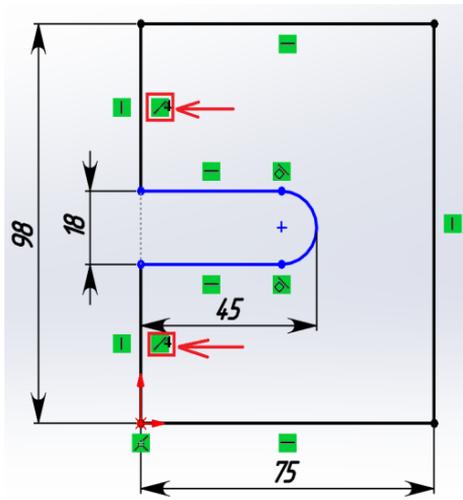
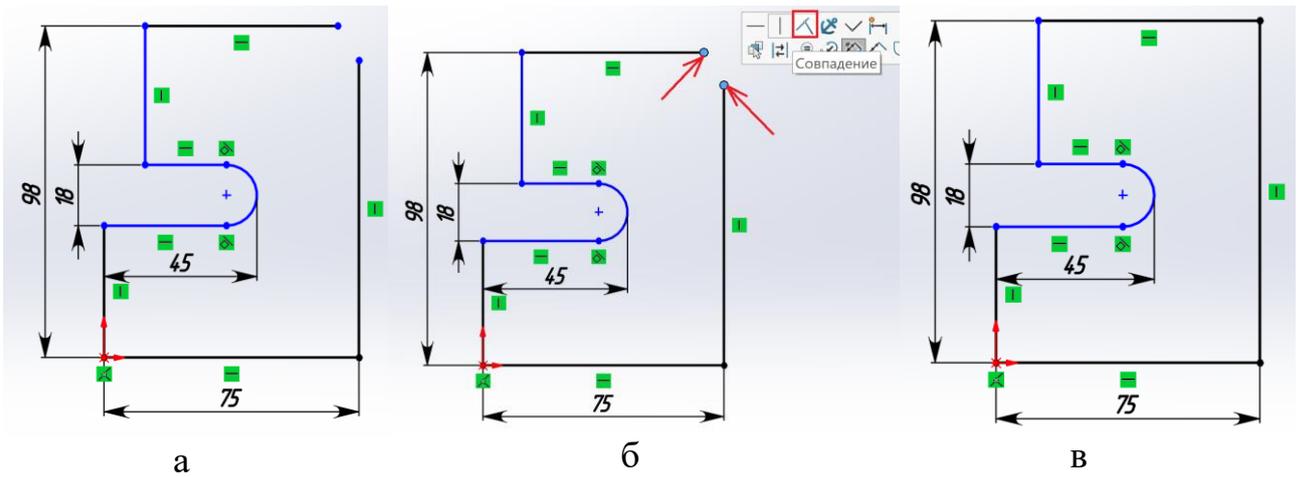


Рисунок 2.20 – Приклад додавання взаємозв'язків «Злиття» , «Колінеарність» , «Рівність» 

Приклад додавання взаємозв'язків «Дотичність» , «Концентричність»  (рис. 2.21 а-д). Виділяємо частину кола і відрізок праворуч від нього (рис. 2.21 б), в контекстному меню обираємо взаємозв'язок «Дотичність». Результат побудови наведено на рис. 2.21 в.

Взаємозв'язок «Концентричність» використовується для дуг або кіл з розташуванням центрів в одній точці, як в нашому прикладі. Тому виділяємо коло та дугу, утримуючи **Ctrl** й обираємо взаємозв'язок «Концентричність» (рис. 2.21 г). Отриманий результат (рис. 2.21 д).

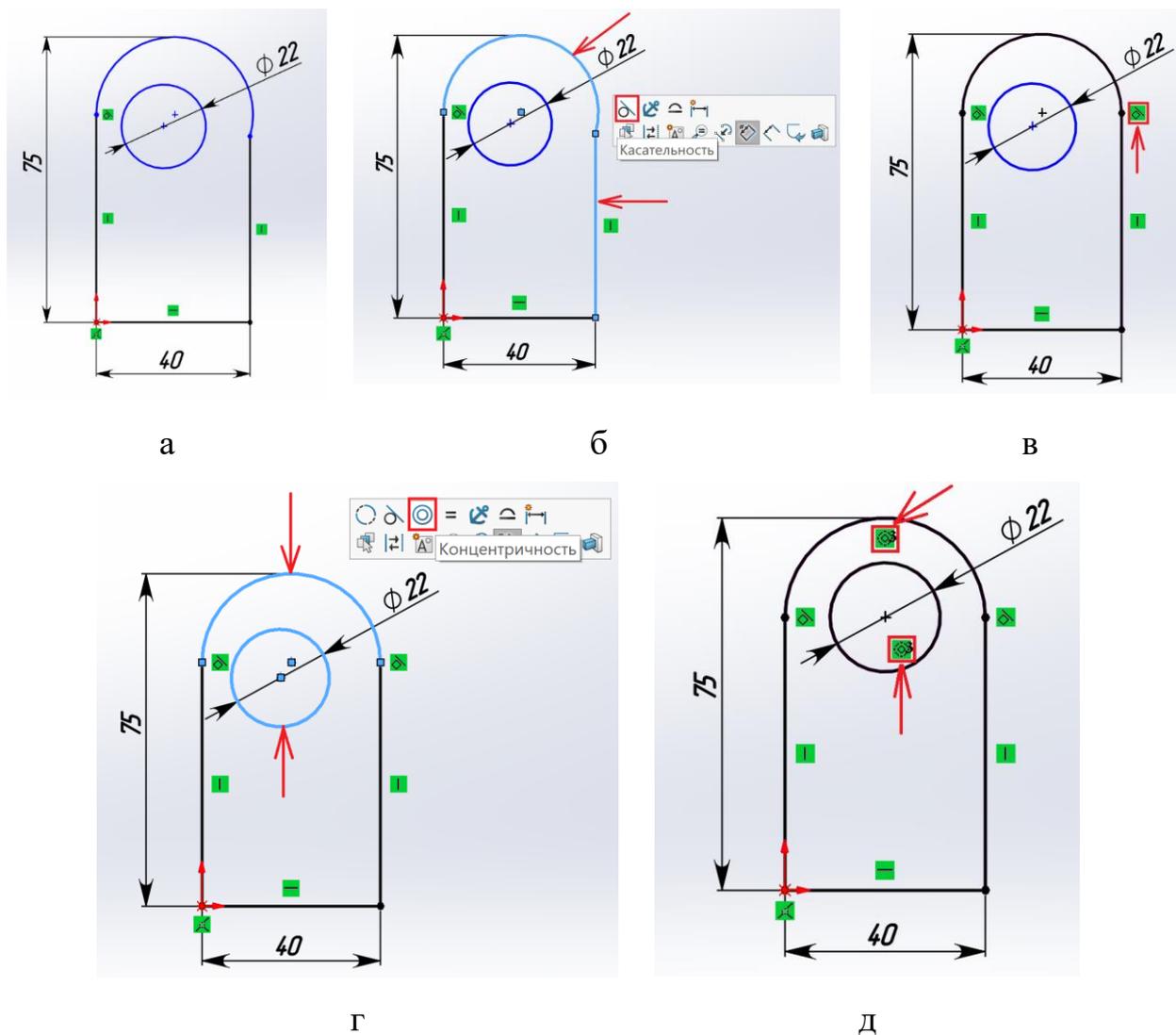


Рисунок 2.21 – Додавання взаємозв'язків «Дотичність» , «Концентричність» 

Велика кількість взаємозв'язків значно ускладнює процес виправлення помилок, тому що для цього необхідно видаляти зайві взаємозв'язки. Щоб не захарашувати намальовані об'єкти значками взаємозв'язків, їх можна (рекомендується) відключити (верхнє меню **Вид (View) > Взаємозв'язки ескізу (Sketch Relations)**).

## 2.10. Інструменти ескізу

Розглянемо деякі інструменти ескізу, що призначені для його перетворення або редагування.

**1. Інструмент «Відсікти об'єкти»** (рис. 2.22) кнопка  (Trim Entities) дозволяє видаляти частини ліній або інших геометричних об'єктів, які перетинаються або перетинають інші об'єкти в ескізі.

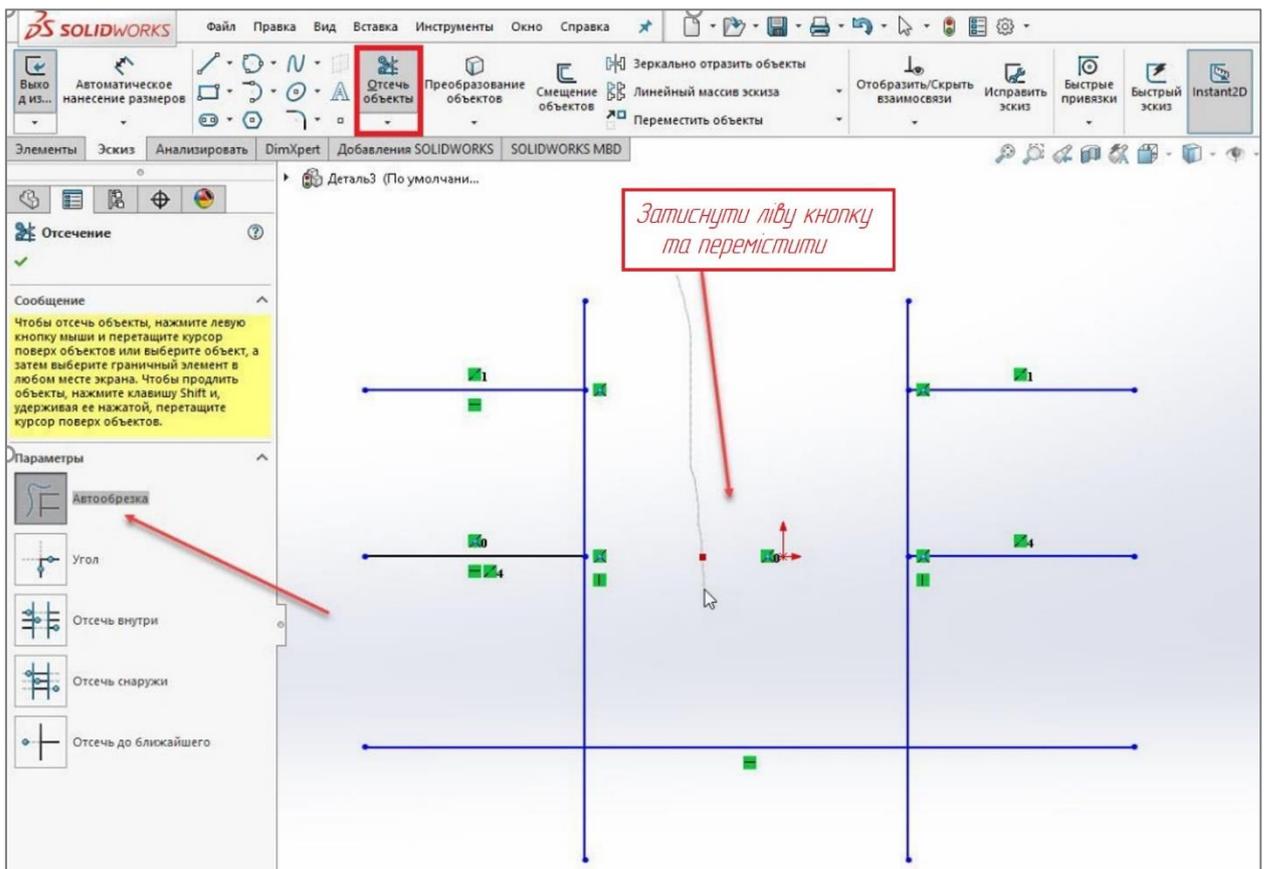


Рисунок 2.22 – Видалення частин об'єктів за допомогою автообрізки

Є кілька способів відсікання: автообрізка, кут, відсікання всередині, відсікання ззовні, відсікання до найближчого. В залежності від обраного способу в повідомленні буде підказка, що треба зробити. Це корисний інструмент для видалення зайвих частин ескізу. На рис. 2.22 наведено приклад відсікання за допомогою автообрізки. Треба затиснути ліву кнопку миші в графічній області й перетягнути курсор скрізь об'єкти, які треба видалити.

При переміщенні над об'єктом курсор змінює вигляд на  (рис. 2.22) та відсікає об'єкт ескізу. За траєкторією відсікання створюється шлях.

**2. Інструмент «Зміщення об'єктів» (Offset Entities)**  дозволяє створювати нові геометричні об'єкти, які паралельні до вже існуючих об'єктів з певним відступом або зміщенням. Це корисний інструмент для швидкого створення нових об'єктів, що повторюють форму та розміри вихідних об'єктів з додатковим зміщенням.

Потрібно виділити один або кілька об'єктів, грань моделі або край моделі. Далі активувати на панелі інструментів «Зміщення об'єктів» (рис. 2.23).

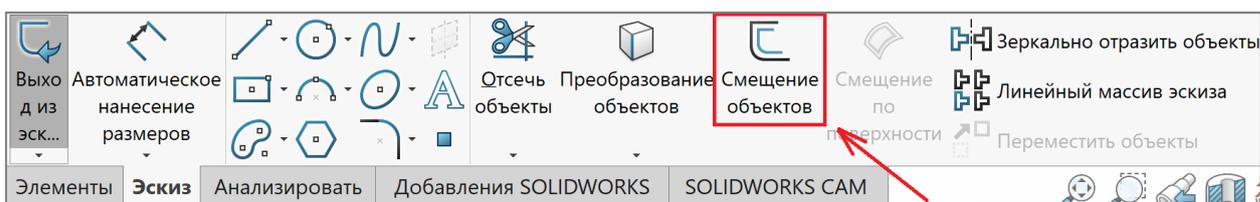


Рисунок 2.23 – Зміщення об'єктів

Після активації інструменту в *Панелі властивостей* треба задати параметри для зміщення виділених об'єктів (рис. 2.24).

Результат зміщення буде динамічне відображатись в графічній області жовтим кольором.

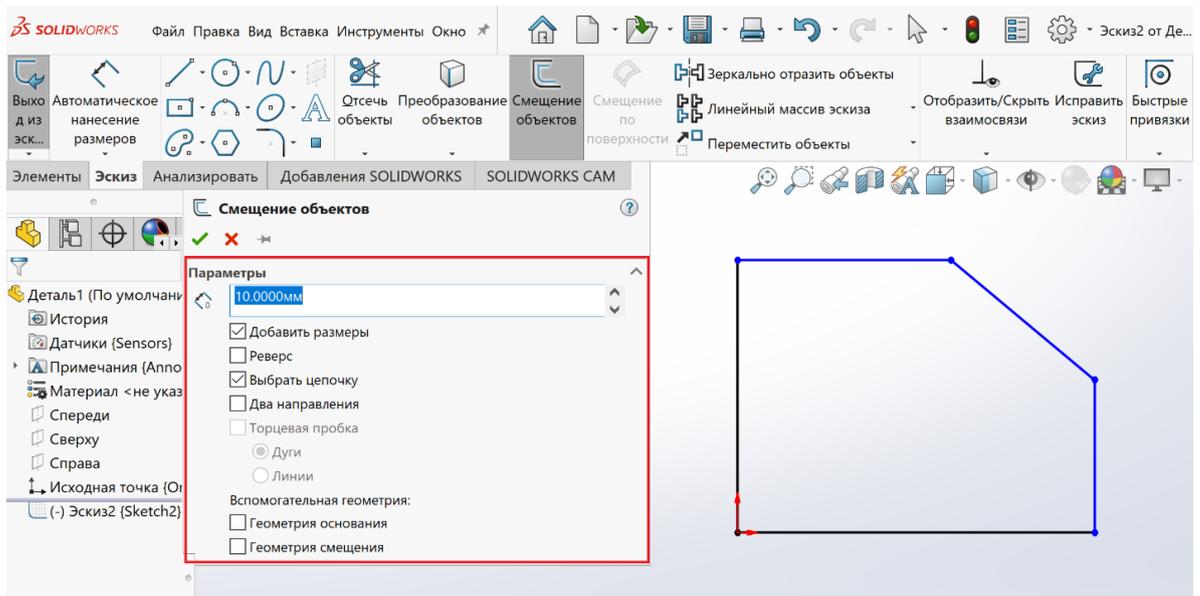


Рисунок 2.24 – Налаштування параметрів інструменту «Зміщення об’єктів»

В полі **Відстань** треба вказати необхідну відстань зміщення (рис. 2.25). Можна також натиснути кнопку миші і, утримуючи її, перетягнути покажчик у графічну область, щоб виконати динамічний перегляд. Якщо відпустити кнопку миші, зміщення об’єкта закінчиться.

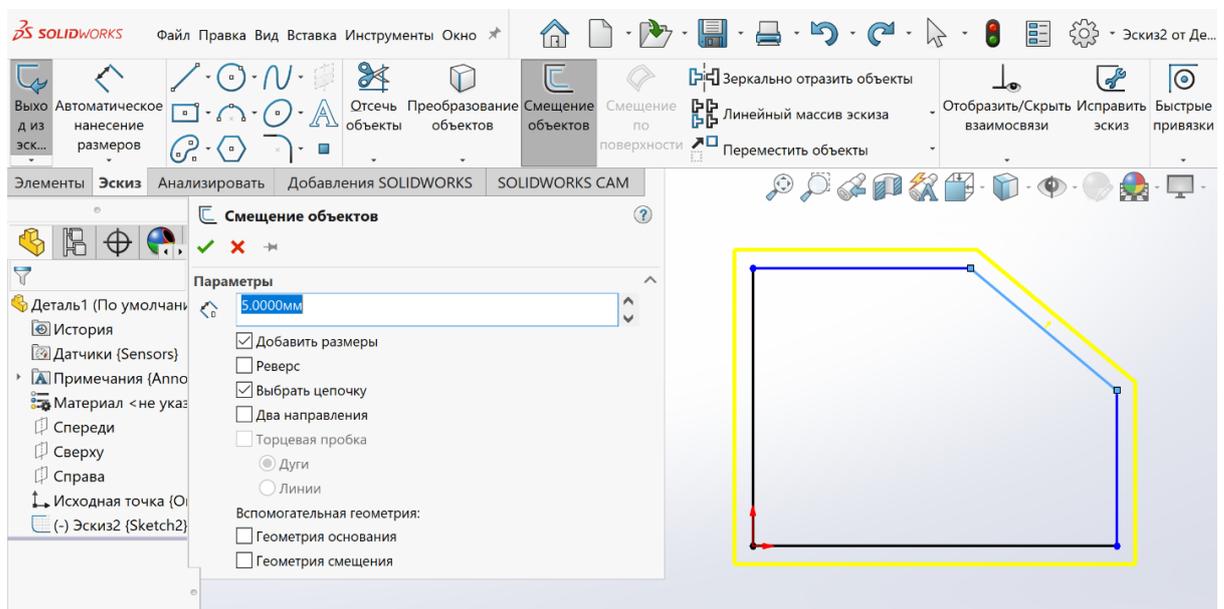


Рисунок 2.25 – Зміщення на вказану відстань зовні ескізу

Якщо буде активована галочка поруч з **Додати розміри**, після створення в ескізі з’явиться розмір зміщення.

Реверс – активувавши цей параметр, зміщення буде проводитись у протилежному напрямку (в даному випадку всередину ескізу).

Параметр **Вибрати ланцюжок** дозволяє зміщення всього ескізу або тільки вибраного елемента.

Параметр **Два напрямки** дозволяє здійснювати зміщення на вказану відстань одночасно у двох напрямках (назовні та всередину).

Параметр **Торцева пробка** дозволяє замикати зміщені елементи дугою або лінією (залежно від вибору чекбоксу). Ця можливість доступна лише за активного параметра **Два напрямки**.

### 3. Дзеркально відобразити об'єкти

Інструмент «Дзеркально відобразити об'єкти» (Mirror Entities)  у програмі SolidWorks дозволяє створювати копії об'єктів, відображені симетрично відносно заданої лінії.

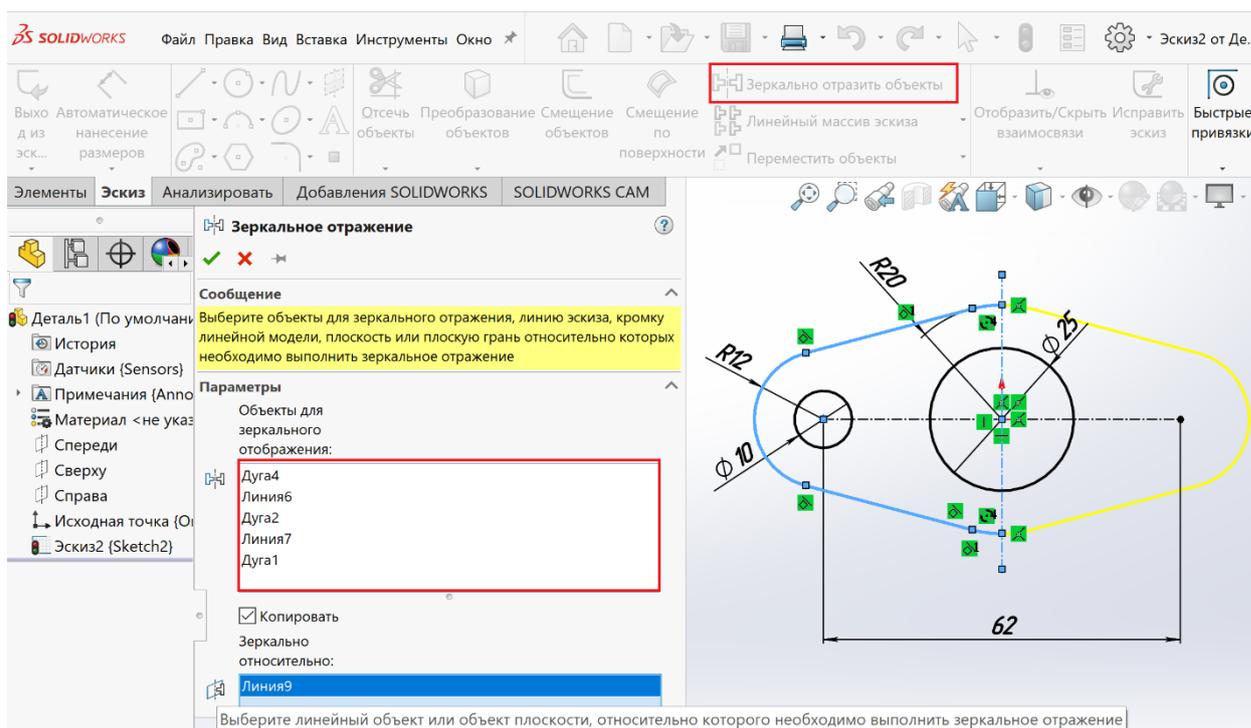


Рисунок 2.26 – Дзеркальне відображення об'єктів

Якщо деталь симетрична відносно осі симетрії, то можна побудувати лише половину деталі. Далі активувати інструмент **Дзеркально відобразити об'єкти** (рис. 2.26). Цей інструмент має два основні параметри – об'єкти для

дзеркального відображення та об'єкт, відносно якого буде відбуватися дзеркальне відображення.

За допомогою затиснутої клавіші **Shift** виділяємо всі об'єкти, що знаходяться ліворуч від осової лінії – всі вони будуть перелічені в полі Об'єкти для дзеркального відображення. Далі виберемо осову лінію – лінію, відносно якої відбудеться дзеркальне відображення обраних раніше об'єктів (рис. 2.26). Жовтим кольором показується результат відображення. Залишається підтвердити результат натиснувши .

#### 4. Масив ескізу

Це корисний інструмент для створення повторюваних елементів, таких як отвори, отвори для болтів, штифтів тощо.

В SolidWorks можна створювати **Лінійний масив ескізу** та **Круговий масив ескізу**.

Команда *Лінійний масив ескізу* дозволяє створювати масив елементів ескізу щодо осі X та Y.

Для використання цього інструменту спочатку треба побудувати ескіз об'єкту, масив якого треба побудувати. Далі обираємо на панелі інструментів *Лінійний масив ескізу*  (рис. 2.27).

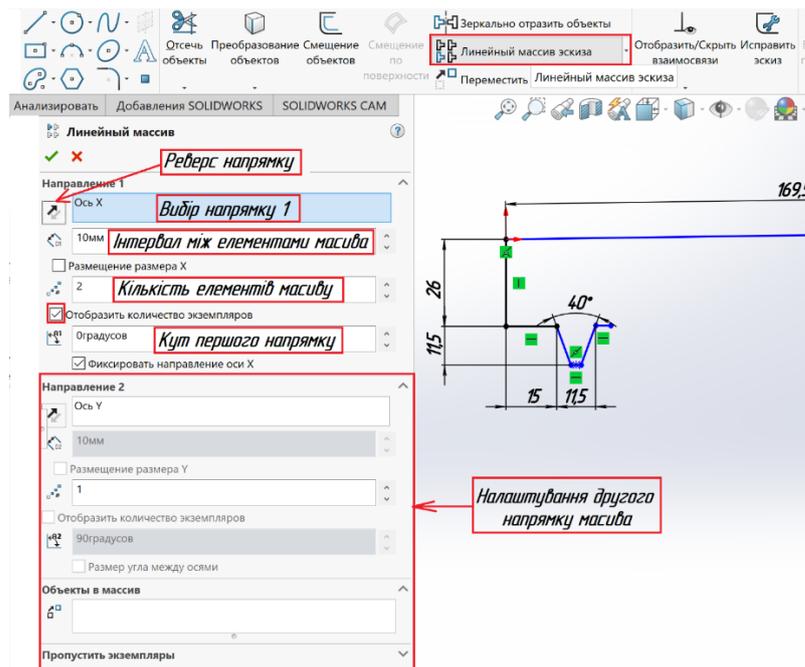


Рисунок 2.27 – Завдання параметрів лінійного масиву

Активується Панель властивостей (PropertyManager) де треба задати необхідні параметри, а саме: обрати напрямок, вказати відстань між елементами масиву, кількість елементів та кут напрямку.

Треба зауважити, що кількість елементів масиву треба вказувати, враховуючи з тим, що вже побудований.

Якщо складний елемент, треба в стрічці об'єкти в масив – вказати всі складові елементу (рис. 2.28). Для цього потрібно вказати лівою кнопкою миші на Панелі властивостей в прямокутнику «Об'єкти в масив» і далі в графічній області вказати на всі елементи, що треба додати до масиву. Результат буде показано жовтим кольором. Для підтвердження натискаємо

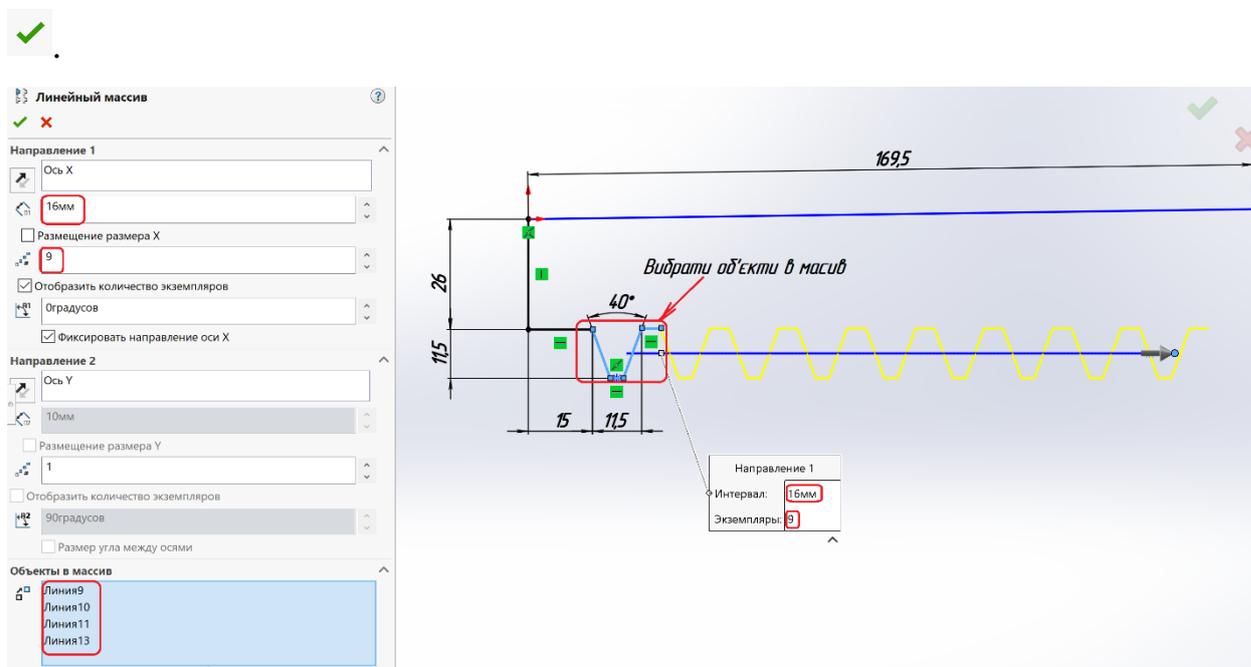


Рисунок 2.28 – Створення лінійного масиву ескізу

Аналогічний алгоритм побудови, якщо треба виконати масив у напрямку 2. Введені параметри будуть застосовані у напрямку осі Y, а не X.

## 5. Круговий масив ескізу

Круговий масив ескізу – це створення копій елементів ескізу, розташованих по колу навколо центральної точки. Це корисний інструмент для створення повторюваних елементів, розташованих по колу, таких як

отвори для кріпильних виробів, спиці колеса тощо. Щоб створити круговий масив, на панелі інструментів обираємо відповідну команду *Круговий масив ескізу*  (рис. 2.29).

Треба виділити елементи об'єкта, що копіюються в круговий масив (рис. 2.29). Вказати точку центра кола, задати кількість екземплярів і обов'язково вказати на коло, по якому буде будуватися круговий масив. Якщо цього не зробити, то елементи масиву після побудови залишаться невизначеними. При рівномірному розташуванні елементів масиву треба поставити галочку поруч з написом *Рівний крок* на Панелі властивостей. В графічній області жовтим кольором буде показано масив елементів. Якщо після вводу всіх параметрів результат відповідає завданню, треба натиснути . Круговий масив побудований.

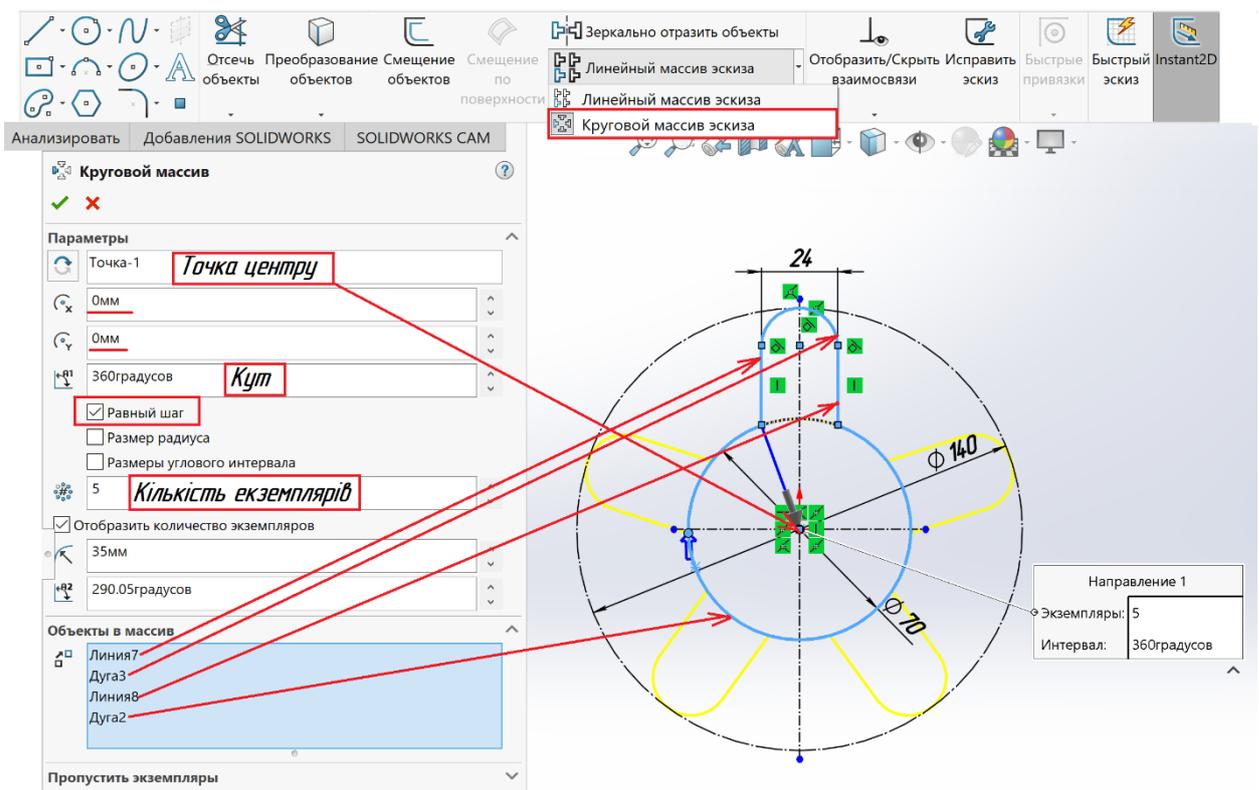


Рисунок 2.29 – Побудова кругового масиву ескізу

## 6. Переміщення, копіювання, обертання, масштабування, розтягування об'єктів

Цей інструмент дозволяє переміщувати, копіювати, обертати, масштабувати та розтягувати об'єкти ескізу у робочій площині (рис. 2.30).

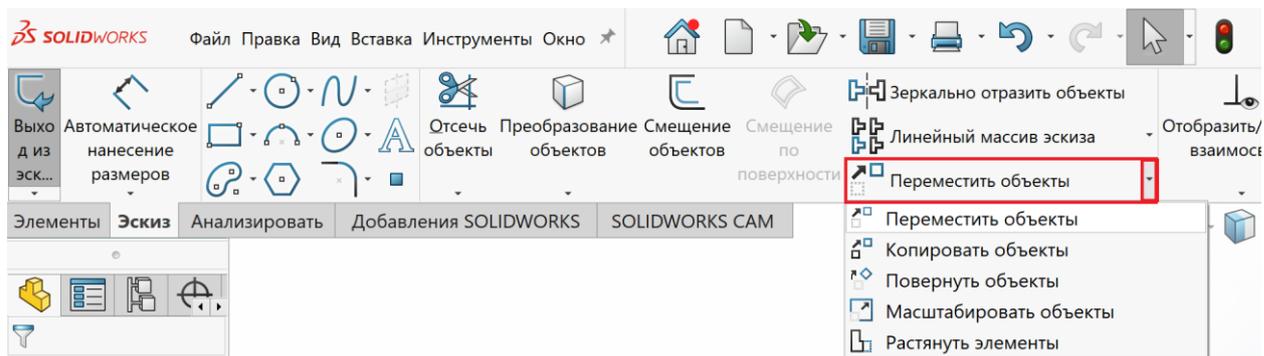


Рисунок 2.30 – Інструмент «Перемістити об'єкти»

Для переміщення клікнути лівою кнопкою на об'єкти ескізу, які хочете перемістити. Це можуть бути лінії, дуги, точки і т. д. Можна виділити кілька об'єктів, утримуючи клавішу **Ctrl** під час вибору. В Менеджері властивостей треба вибрати спосіб переміщення: за допомогою вказання початкової точки відносно якої відбудеться переміщення (рис. 2.31) або ввівши конкретні координати переміщення (X,Y).

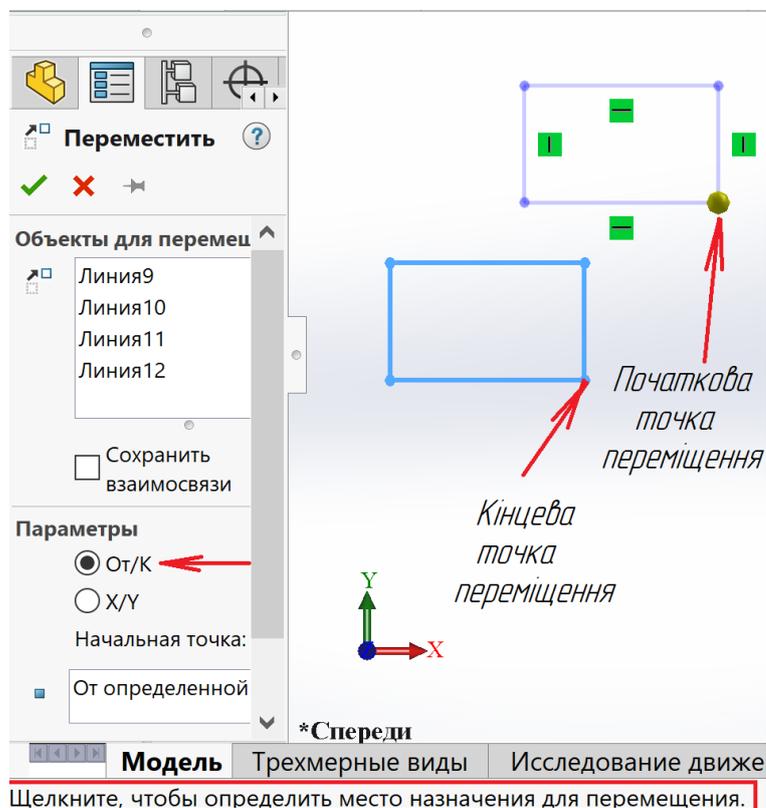


Рисунок 2.31 – Переміщення об'єктів

**Копіювання об'єктів:** Інструмент дозволяє копіювати об'єкти ескізу замість їх простого переміщення. Цей інструмент корисний для редагування ескізів та оптимізації їх положення без необхідності створювати нові елементи з нуля.

Інструмент «**Повернути об'єкти**» в SolidWorks дозволяє обертати елементи ескізу навколо заданої точки. Це корисно для точного розташування елементів ескізу під потрібним кутом.

Щоб повернути об'єкт, треба вибрати команду *Повернути об'єкти*, в налаштуваннях вказати точку, відносно якої буде здійснюватися обертання та кут повороту. Після завдання кута повороту об'єкти ескізу відразу відобразяться у новому положенні (рис. 2.32).

Також можна вручну повертати об'єкти, затиснувши ліву кнопку миші на об'єкті та, не відпускаючи її, повернути на потрібний кут.

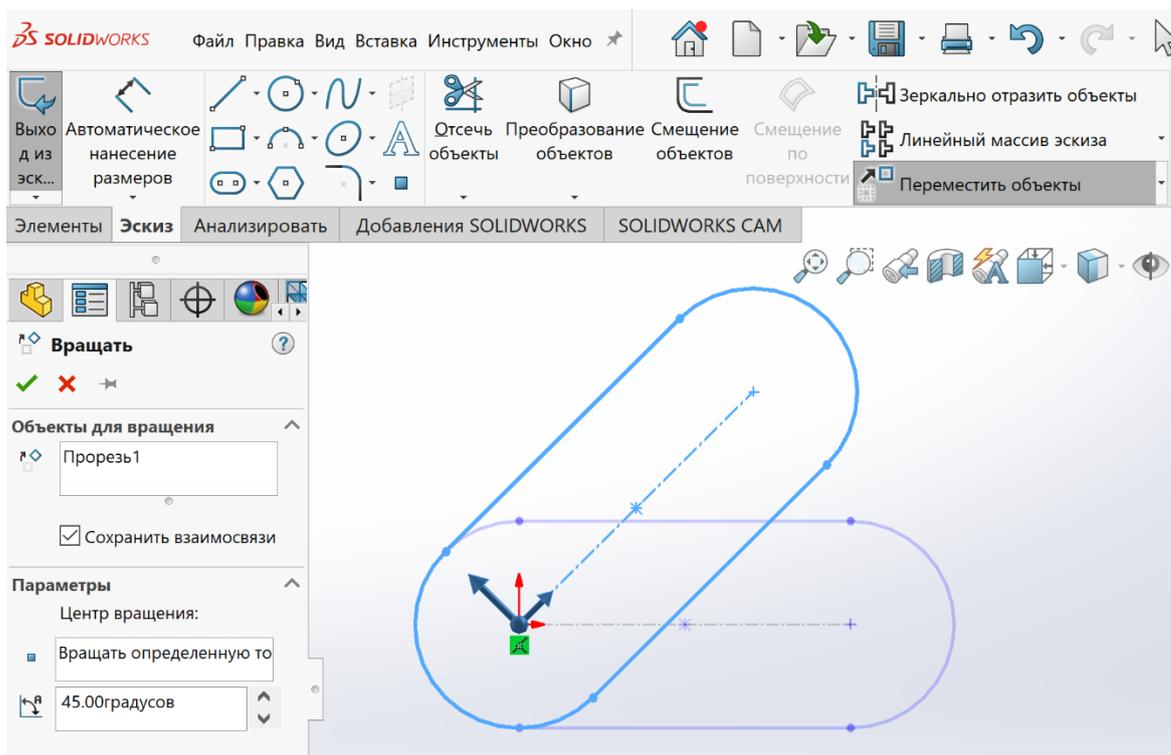


Рисунок 2.32 – Інструмент «Повернути об'єкти»

За допомогою команди «**Масштабувати об'єкти**» можна масштабувати об'єкти на необхідний коефіцієнт. Для цього в Менеджері

властивостей треба вказати точку, відносно якої буде виконуватися масштабування (рис. 2.33).



Рисунок 2.33 – Масштабування об'єктів

Це може бути будь-яка точка на ескізі або в графічній області. Також треба вказати коефіцієнт масштабування. Значення більше 1 збільшить розмір об'єктів, а менше 1 – зменшить їх. Після завдання коефіцієнта масштабування об'єкти ескізу відразу відобразяться у новому розмірі (рис. 2.33).

Також можна розтягувати об'єкти ескізу у потрібному напрямку. Для цього є команда «**Розтягнути об'єкти**». Налаштування цієї команди схожі на перелічені вище.

## 2.11. Корисні поради при створенні ескізу

1. Намагайтеся використовувати лише визначені ескізи.
2. Якщо ескіз симетричний, розташовуйте його симетрично щодо **Початкової точки** ескізу.
3. При створенні ескізів деталей обертання проставляйте розміри в діаметральному виразі.

4. При створенні моделей деталей за готовими креслениками в ескізах проставляйте розміри, які вказані в кресленику.

5. Не використовуйте ескізів, що містять профілі, що самоперетинаються, оскільки вони ускладнюють подальшу модифікацію моделі і розуміння задуму іншими розробниками.

## 2.12. Завершення роботи з ескізом

Після закінчення роботи в режимі побудови ескізу натисніть кнопку  – **Вихід з ескізу** в панелі інструментів **Ескіз** або скористайтесь **Кутом для вибору**, що у правому верхньому кутку області побудов. Щоб прийняти усі зміни та вийти з ескізу, натисніть на піктограму в **Куті для вибору** , щоб відмовитися від змін – на значок . При наведенні курсору на ці значки поряд з курсором з'являється відповідне позначення.

### Питання для самостійної перевірки знань

1. Прив'язка до початкової точки.
2. Вимоги до ескізу.
3. Об'єкти побудови ескізу в SolidWorks.
4. Ознаки режиму ескізу в SolidWorks.
5. Умовні позначення для стану ескізу.
6. Елементи формування ескізу.
7. Автоматичний перехід від лінії до дотичної дуги.
8. Нанесення розмірів в двомірному ескізі.
9. Взаємозв'язки в ескізі.
10. Завершення роботи з ескізом.
11. Динамічне відображення ескізу.
12. Створення масиву ескізу.
13. Копіювання, масштабування в ескізі.

### 3. ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

Деталлю в SolidWorks називається тривимірний об'єкт, що складається з певної кількості елементів. Елементи – це окремі геометричні форми, в поєднанні утворюють деталь. Основні формотворчі елементи – бобишки і вирізи будуються на базі плоских ескізів. Інші елементи – оболонки, округлення, фаски перетворюють вже існуючу 3D модель.

#### 3.1. Створення тривимірного елемента

Процес створення моделі деталі складається з п'яти основних дій, які регулярно повторюються поки повністю не буде створена необхідна модель.

1. Вибір робочої площини створення ескізу.

2. Перехід у режим ескізу – кнопка .

3. Малювання ескізу інструментами однойменної панелі.

4. Завдання розмірів та (або) обмежень – кнопки  та .

5. Створення тривимірного елемента інструментами панелі «Елементи».

Методику побудови ескізу було розглянуто в попередньому розділі.

Після виконання ескізу приступають до формування об'єму моделі: одержання основи на першій стадії та створення **Бобишки** (Boss) або **Вирізу** (Cut) на наступних. Для роботи з об'ємом моделі використовують інструменти панелі «Елементи» (Features).

Існують чотири способи одержання об'ємної моделі з ескізу.

Елементи можна створювати шляхом:

– витягування (**Витягнута бобишка/основа** (Extrude)) – кнопка .

– обертанням навколо осьової лінії (**Повернута бобишка/основа** (Revolve)) – кнопка .

– пересування створеного ескізу вздовж довільної кривої

**(Бобишка/основа по траєкторії (Sweep))** – кнопка  ;

– переходу між перерізами різних форм, розташованих у просторі

**(Бобишка/основа за перерізами (Loft))** – кнопка  .

Зверніть увагу, що назва цих інструментів закінчуються на «основа». Це означає, що ці інструменти призначені для моделювання базових елементів.

У процесі подальшої роботи можна додавати матеріал до створеної заготовлі, виконувати різні отвори, вирізи, округлення, фаски тощо. Також програма дозволяє проводити різноманітні проектно-технічні розрахунки моделей, що будуються.

Крім того, для створення елементів твердотільної геометрії можуть використовуватися масиви елементів – лінійні і кругові, а також дзеркальні копії елементів.

Додатково в SolidWorks реалізовані операції по перетворенню тривимірної геометрії деталі: Деформація, Масштабування, Гнуття й інші. Ці операції виконуються з одним елементом і замінюють процес створення складної геометрії.

Іншим додатковим типом операцій є булеві операції. Вони виконуються з двома і більше елементами і необхідні для об'єднання елементів в єдиний об'єкт методами логічного вирахування або складання твердих тіл.

Твердотільні моделі в SolidWorks можна створювати одним із зазначених способів. Кінцевий результат не буде залежати від обраного способу, проте для кращого розуміння і зручності редагування рекомендується виконувати модель аналогічно технологічному процесу її виготовлення. Якщо обробку валу передбачається вести за допомогою токарних операцій, то і модель слід отримувати методами обертання контуру.

## 3.2. Способи конструювання тривимірних деталей

### 3.2.1. Витягнута бобишка/ основа

**Витягування** – це найпростіший спосіб формування твердого тіла, заснований на витягуванні плоского ескізу в одному, або одночасно у двох напрямках. Ця команда активізується кнопкою «**Витягнута бобишка/ основа**» .

Функція команди полягає в заповненні об'єму, описуваного контуром ескізу при його паралельному прямолінійному переміщенні, віртуальним матеріалом твердого тіла. Можна здійснювати витягування ескізу під кутом, тобто формувати тверде тіло у вигляді конуса або піраміди. При витягуванні також можна створити тонкостінну деталь, вказавши це при виконанні команди й задавши товщину стінки.

В якості початкової умови для створення елемента можуть бути задані (рис. 3.1):

- площина ескізу;
- поверхня, грань, площина або вершина 3D моделі;
- зміщення.

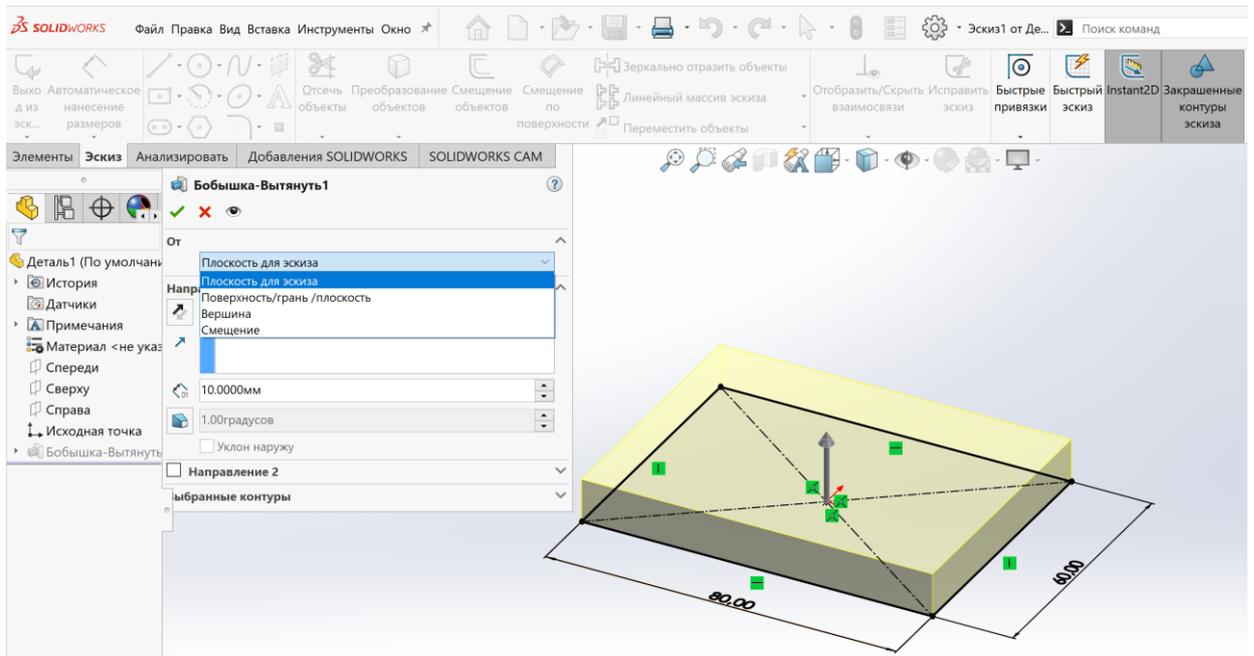


Рисунок 3.1 – Елемент «Витягнута бобишка»

В першому випадку тверде тіло буде побудовано від площини, на якій знаходиться ескіз, у другому – від обраного геометричного елемента, а в третьому – від умовної поверхні, зміщеною паралельно площині ескізу на задану відстань. При виборі в якості початкової умови поверхонь, граней або площин контур елемента **Витягнута бобишка** повинен повністю перебувати в їх межах.

Граничні умови служать для визначення меж витягнутого елемента.

Якщо уявити, що операція витягування виконується шляхом переміщення ескізу уздовж спрямованого відрізка, то роль його першої точки будуть виконувати початкові умови, а другої – граничні. Всього є шість умов, які в якості вихідної інформації повинні приймати або чисельні значення розмірів, або геометричні об'єкти:

1. **На задану відстань** (Blind) – визначає межу витягнутого елемента шляхом явної вказівки глибини витягування (значення можна задавати в чисельному вигляді (рис. 3.2) або перетягуванням мишкою стрілки напряму (рис. 3.3)

2. **До вершини** (Up to Vertex) – ескіз витягується до розташованої паралельно площині, що проходить через задану вершину.

3. **До поверхні** (Up to Surface) – елемент заповнює область від площини ескізу до обраної поверхні.

4. **На відстані від поверхні** (Offset from Surface) – елемент заповнює область від площини ескізу до поверхні, еквідистантної обраної.

5. **До тіла** (Up to Body) – будується елемент від площини ескізу до заданого тіла (використовується в багатотільних деталях, збірках, ливарних формах).

6. **Від середньої поверхні** (Mid Plane) – елемент створюється шляхом витягування ескізу на рівну глибину в обох напрямках від площини побудови ескізу (рис. 3.2).

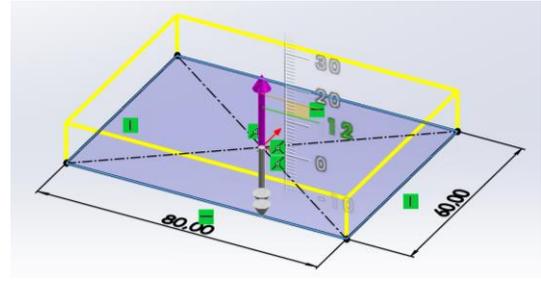
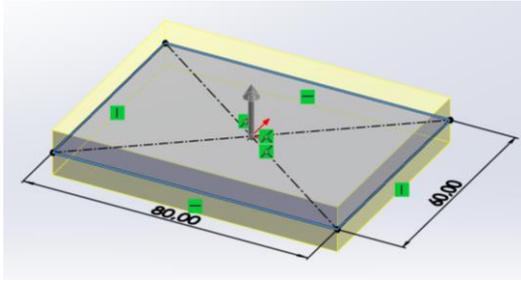
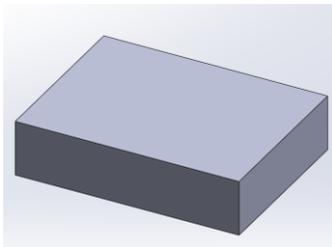


Рисунок 3.2 – Витягування чисельно      Рисунок 3.3 – Витягування стрілкою

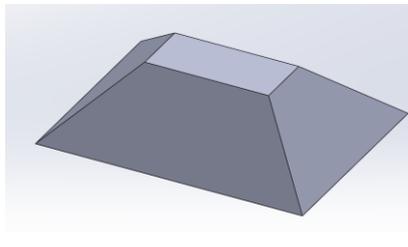
Змінити напрямок витягування на протилежний можна, клацнувши на кнопці  **Реверс напрямку (Reverse Direction)**, розташованої зліва від списку.

При наявності ухилу результуючий елемент матиме звуження або розширення (замість циліндра отримаємо конус, паралелепіпеда – піраміду).

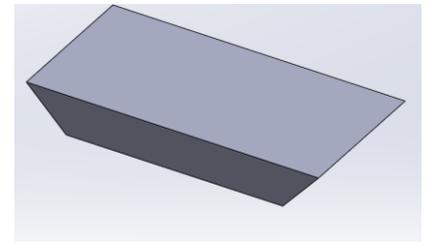
Для виконання модифікації досить натиснути кнопку **Увімкнути/Вимкнути ухил**, задати кут і напрямок звуження (всередину/назовні) (рис. 3.4).



а) без ухилу



б) ухил всередину



в) ухил назовні

Рисунок 3.4 – Ухили

**Тонкостінний елемент (Thin Feature).** Тонкостінні витягнуті елементи можна створювати на основі як замкнутих, так і незамкнутих ескізів. Ця операція вимагає вказівки напрямку зміщення ескізу (всередину або назовні (рис. 3.5)) для створення порожнини всередині елемента, а також величини зсуву в кожному напрямку. Метод визначення товщини задається в списку Тип: в одному напрямку (використовується для додавання товщини з одного боку ескізу); від середньої поверхні (рівна товщина в обох напрямках); в двох напрямках (різна товщина з двох боків від ескізу).

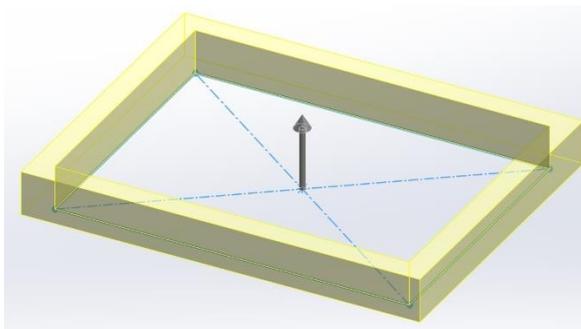


Рисунок 3.5 – Побудова тонкостінного елемента

### 3.2.2. Повернута бобишка/основа

**Обертання** – це інший дуже розповсюджений спосіб побудови твердого тіла, виконується натисканням кнопки – «**Повернута бобишка/основа**» .

При виконанні команди ескіз повертається навколо заданої осі, а простір, що описується контуром ескізу в результаті обертання, заповнюється матеріалом твердого тіла. При цьому ескіз деталі, формованої методом обертання, обов'язково повинен складатися з контуру деталі й осі повороту. Обертання контуру навколо осі може здійснюватися на будь-яку бажану величину кута аж до  $360^\circ$ .

**УВАГА!** При створенні тіл обертання існує кілька обмежень:

- в ескізі має бути присутня мінімум одна лінія з властивістю **Допоміжна геометрія** (Reference Geometry) – вісь обертання (рис. 3.6);
- контур не може перетинати осьову лінію або торкатися її в ізольованій точці;
- контур повинен бути замкнутим (інакше буде створена тонкостінна деталь).

Після побудови осі та контуру деталі для визначеності ескізу треба нанести діаметральні розміри, а не лінійні. Для того, щоб поставити діаметр, вказуємо на відрізок і осьову лінію, буде створено діаметральний розмір (рис. 3.6).

Інструмент «**Повернута бобишка/основа**» (Revolved Boss/Base) надає три можливих варіанти побудови моделі: Елемент обертання (Revolve), Тонкостінний елемент (Thin Feature) і елемент, побудований на основі замкнутих обраних контурів (Selected Contours) ескізу (рис. 3.7). Ескіз повернутого елемента може складатися з одного або декількох замкнутих контурів, осей обертання, побудованих осьовою допоміжною лінією. Якщо в ескізі кілька осей, то вісь, навколо якої буде повертатися контур, необхідно вказати при побудові твердотільного елемента (при натисненні лівої кнопки миші). При побудові елемента обов'язково повинні бути вказані напрямок і кут повороту (рис. 3.7).

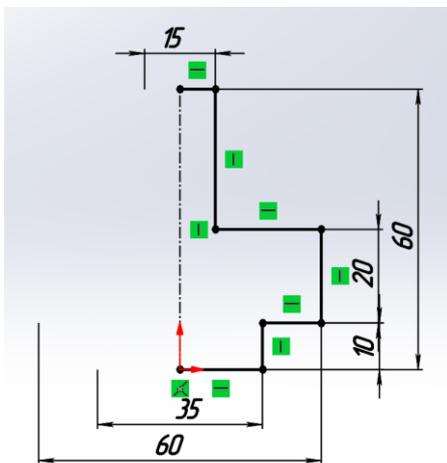


Рисунок 3.6 – Ескіз

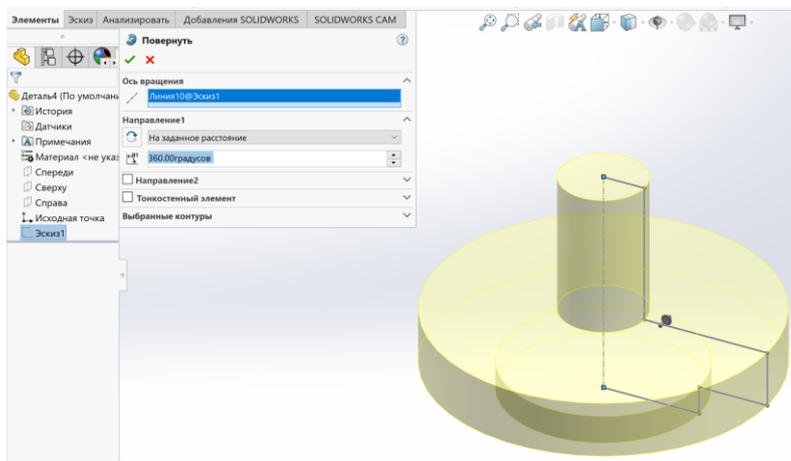


Рисунок 3.7 – Інструмент «Повернута бобишка»

Тонкостінний елемент обертання застосовується в основному для створення оболонкових форм. Для тонкостінного елемента додатково виникне потреба у вказівках напрямку і чисельного значення товщини (для цього варіанту не обов'язкова наявність замкнутого контуру).

При виборі способу побудови твердого тіла методом обертання необхідно враховувати ступінь складності профілю ескізу. У загальному випадку, чим складніше ескіз, тим менша кількість конструктивних елементів знадобиться для побудови деталі, більш раціонально будуть використані ресурси комп'ютера. Однак розробнику простіше контролювати

процес побудови моделі, якщо ескізи будуть максимально спрощені (в ескізах не містяться дрібні конструкційні елементи: округлення і фаски).

### 3.2.3. Бобишка/основа по траєкторії

**3.2.4.** Суть цього методу полягає в тому, що формування твердого тіла відбувається в результаті заповнення віртуальною речовиною (матеріалом) об'єму, який утворюється при переміщенні профілю по деякій траєкторії. Команда для витягування елемента по траєкторії запускається натисканням кнопки – «Бобишка/основа по траєкторії» (Swept Boss/Base) .

На відміну від елементів «Витягнута бобишка» і «Повернута бобишка/основа» для проектування деталей по траєкторії необхідно створити мінімум два ескізи – ескіз профілю та ескіз траєкторії. В якості профілю зазвичай виступає контур ескізу, який повинен бути замкненим. А в якості траєкторії – контур ескізу, який може бути як замкненим, так і незамкненим (рис. 3.8).

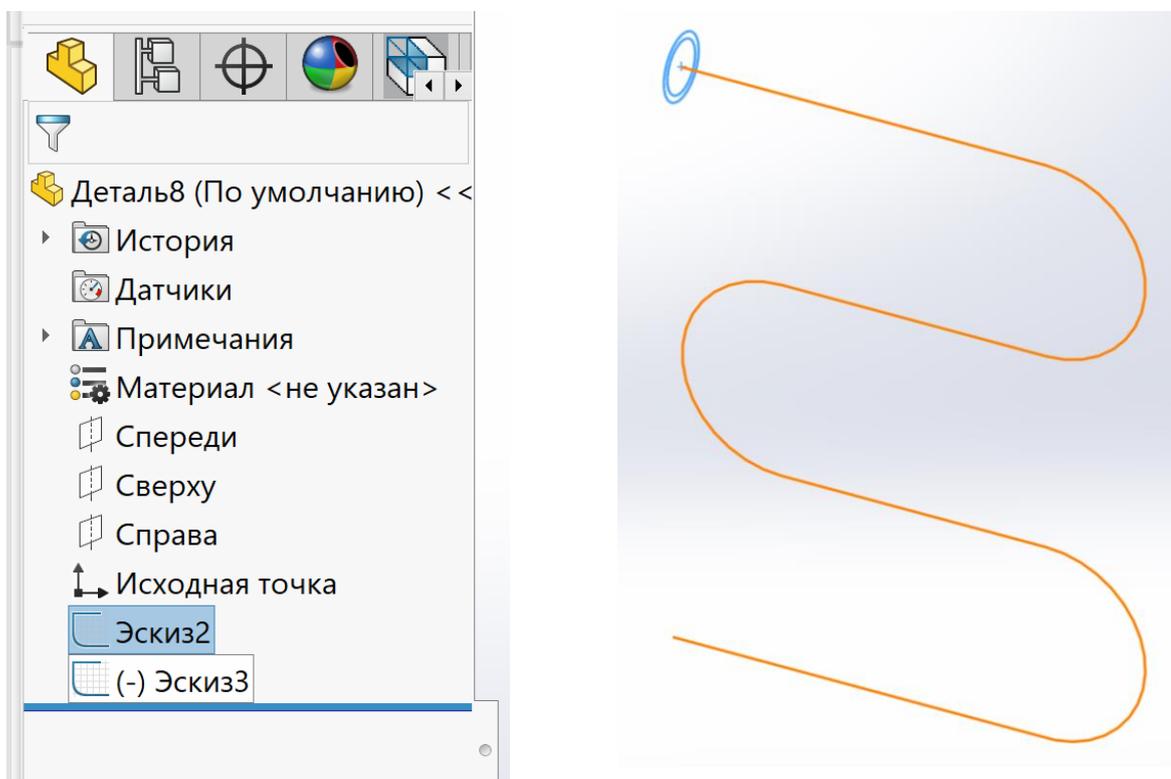


Рисунок 3.8 – Ескізи для елемента «Бобишка/основа по траєкторії»

В процесі переміщення профіль може залишатися паралельним самому собі, або ж зберігати незмінним початковий кут з траєкторією. Початкова точка напрямку траєкторії повинна лежати на площині профілю. Ескізи профілю та напрямок побудовані на взаємно перпендикулярних площинах Справа та Спереду відповідно.

**УВАГА!** Ні профіль, ні напрямок, ні отриманий в результаті твердотільний елемент не повинні самоперетинатися.

На рис. 3.9 показано приклад побудови тривимірної моделі труби для виготовлення змійовика методом «Бобишка/основа по траєкторії».

В Менеджері властивостей необхідно вибрати ескіз в графічній області для «Профілю»  (ескіз 2) і для «Напрямку»  (ескіз 3). Вказати інші параметри за потреби. Натиснути ОК .

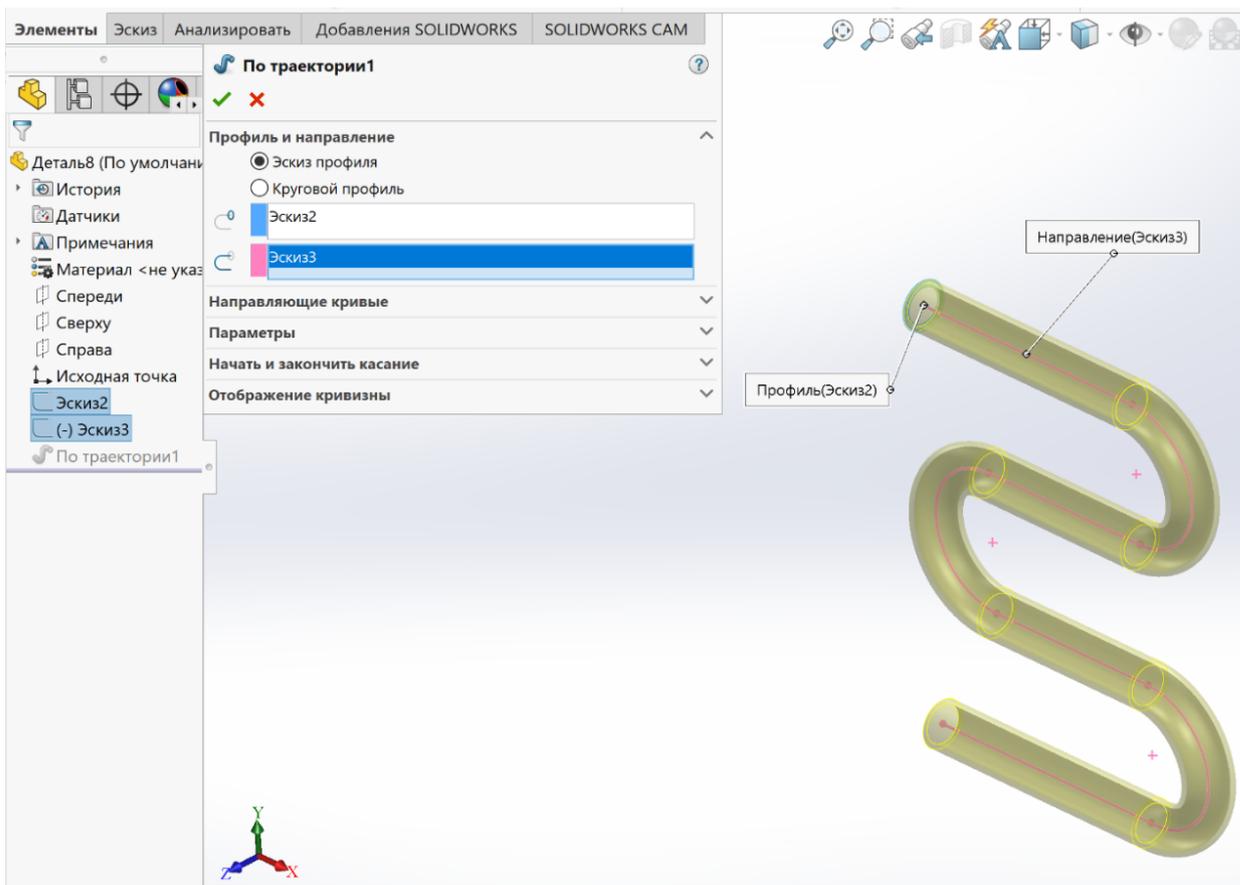


Рисунок 3.9 – Элемент «Бобишка/основа по траектории»

Зміст вкладок «Параметри» і «Почати/закінчити дотик» елементу «Бобишка/основа по траєкторії» використовується для створення складної геометрії моделі. Опція «Напрямні криві» використовується для визначення ліній, що направляють профіль, коли він витягується вздовж маршруту.

### 3.2.5. Витягування елемента по перетинах

Команда витягування твердих тіл на основі перетинів активується кнопкою – «Бобишка/основа по перетинах» (Lofted Boss/Base)  на панелі інструментів «Елементи» й дозволяє проєктувати деталі шляхом створення плавних переходів між профілями (перетинами). Профілі являють собою ескізи, розташовані на різних площинах. Ці площини можуть розташовуватися як паралельно одна одній, так і під кутом. Для конструювання такого елемента необхідно не менше двох перетинів.

Розглянемо цю команду на прикладі побудови зрізаної шестигранної піраміди.

*Ескіз 1* (основа піраміди) будуємо в площині *Зверху*. Наступний *Ескіз 2* (верхня основа піраміди) треба будувати в іншій площині. Для цього треба побудувати допоміжну площину паралельно до площини *Зверху* на відстані висоти піраміди.

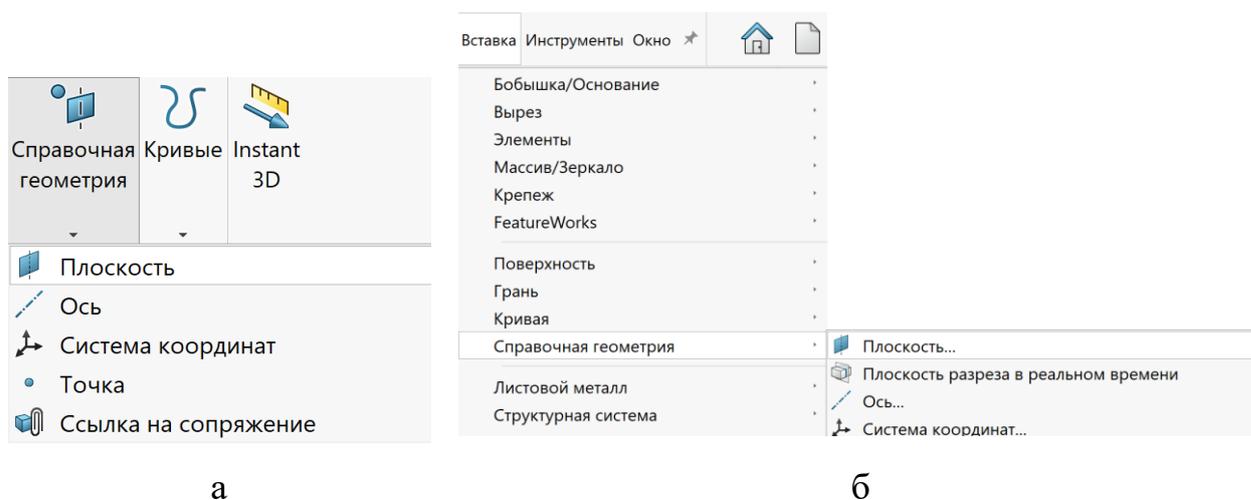


Рисунок 3.10 – Довідкова геометрія

Для створення нової допоміжної площини необхідно натиснути кнопку *Площина* на панелі інструментів *Довідкова геометрія* (рис. 3.10 а) або скористатися командою меню: *Вставка/Довідкова геометрія/Площина* (рис. 3.10 б).

Після цього на екрані з'явиться вікно *Площина*. У цьому вікні потрібно вказати основні параметри довідкової площини, задавши опорні дані у розділі *Вибір*, та вибрати спосіб її побудови (рис. 3.11):

**1.1 Відстань зміщення.** Задавши відстань, можна побудувати довідкову площину, паралельну вихідній площині.

**2.1 Паралельно площині.** Можна побудувати площину, паралельну будь-якій існуючій площині або грані, що проходить через зазначену точку.

**3.1 Перпендикулярно.** Можна провести довідкову площину перпендикулярно до вихідної.

**4.1 Під кутом.** Дає можливість провести площину під кутом до якоїсь площини або грані через лінію, край або вісь.

**5.1 Збіг.** Можна провести площину, паралельну вихідній і такою, що збігається з будь-яким елементом (грань, край).

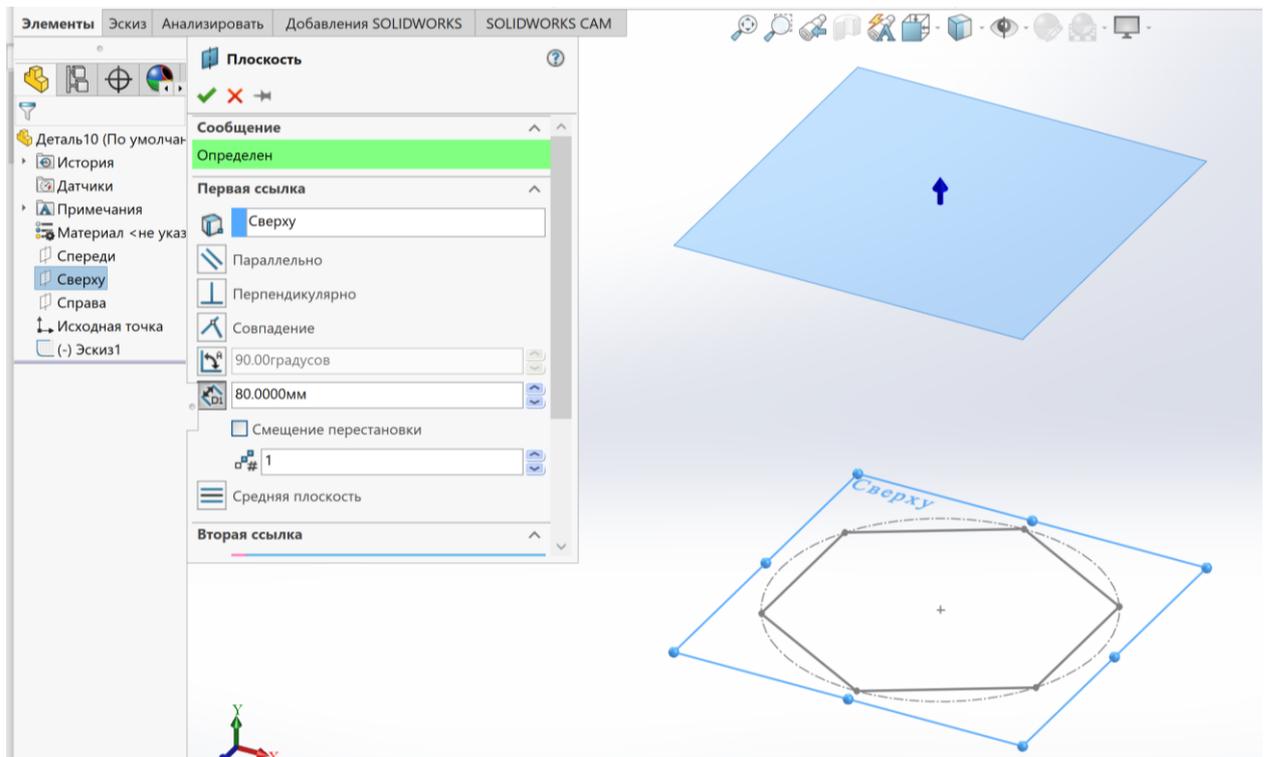


Рисунок 3.11 – Побудова додаткової площини

В даному прикладі будемо додаткову площину паралельно до площини *Зверху* (треба вказати на цю площину в *Дереві конструювання*), задаємо відстань 80 мм. В графічній області з'являється зображення додаткової площини (рис. 3.11). Підтверджуємо побудову площини натиснувши ОК .

Далі будемо *Ескіз 2* в *Площині 1* (рис. 3.12).

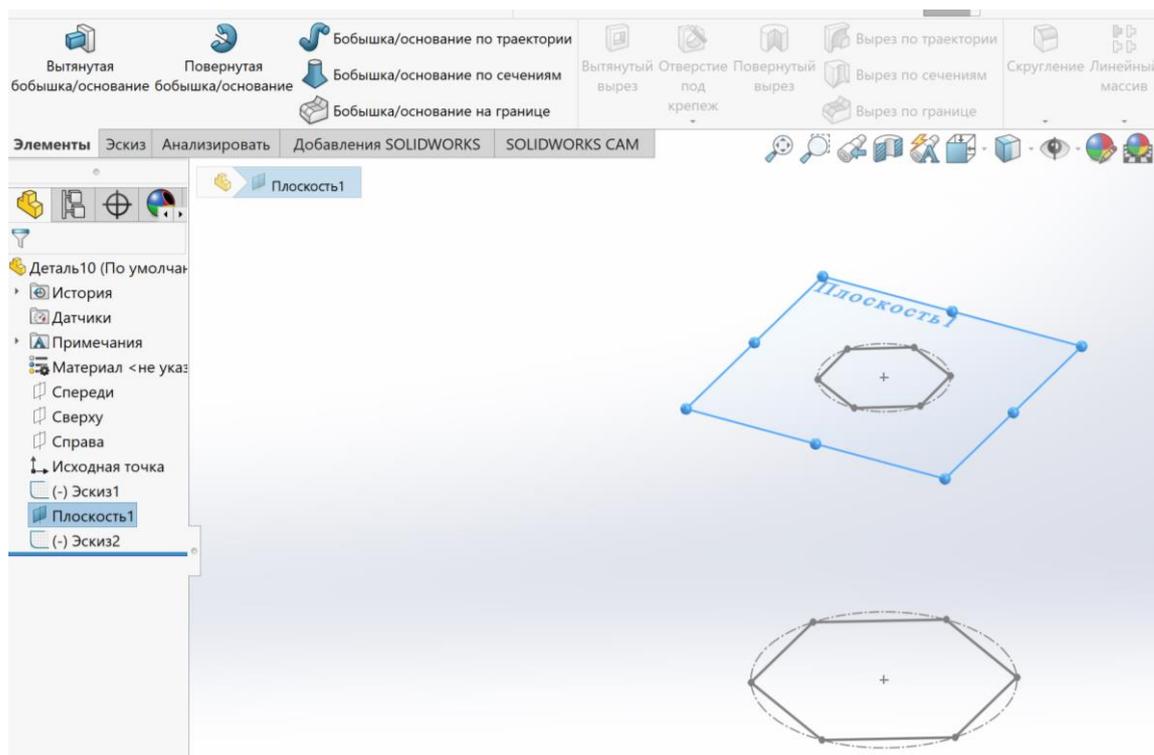


Рисунок 3.12 – Побудова ескізу в додатковій площині

Якщо потрібно побудувати не зрізану піраміду, тоді в *Ескізі 2* замість шестикутника треба побудувати точку. Тобто вершину піраміди.

На панелі інструментів **Елементи** активуємо інструмент «**Бобишка/основа по перетинах**». На екрані з'явиться вікно **По перетинах**.

В розділі *Вибір* треба обрати профілі. Для цього в *Дереві конструювання* натискаємо на *Ескіз 1* і *Ескіз 2* (рис. 3.13). Натискаємо ОК . Піраміду побудовано.

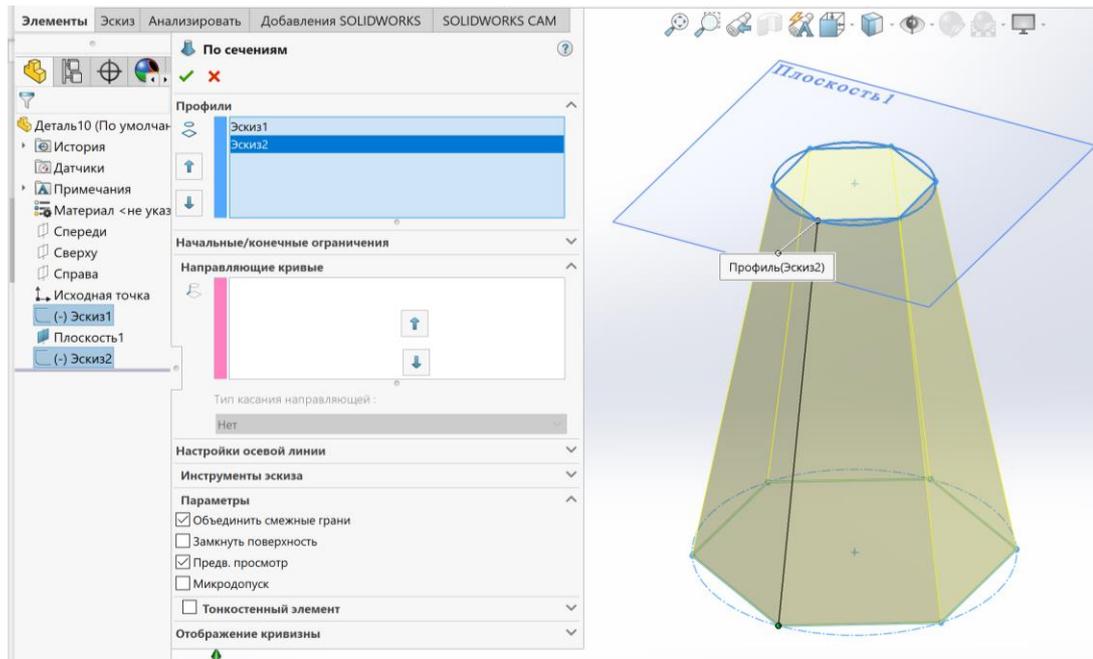


Рисунок 3.13 – Побудова елементу «Бобишка/основа по перетинах»

### 3.3. Керований перегляд

Отримати доступ до інструментів навігації можна на панелі інструментів «Вид» (Керований перегляд). Ця панель інструментів доступна у верхній частині графічної області. Склад цієї панелі інструментів розглядався в першому розділі.

**Обертання деталі** відбувається якщо затиснути колесо миші й переміщувати її. Модель обертається відповідно до руху курсору.

**Збільшити або зменшити зображення** деталі в графічній області можна за допомогою прокручування колеса миші в відповідному напрямку (від користувача – зображення збільшується, на користувача – зображення зменшується).

Зверніть увагу, що в процесі масштабування масштаб моделі залишається незмінним, змінюється лише відстань до спостерігача.

**Змінити в розмір екрана** – це корисна функція, яка дозволяє автоматично змінити масштаб відображення моделі таким чином, щоб вона повністю помістилася у видимій області екрана. Це дозволяє швидко

переглянути всю модель, необхідну для редагування або огляду. Активується з панелі інструментів «Вид» . Або натисканням клавіші **(F)** на клавіатурі.

**Збільшити елемент виду** – цей інструмент дозволяє збільшити певну ділянку або область моделі. Активується з панелі інструментів «Вид» кнопкою . Визначаємо ділянку збільшення, затиснувши ліву кнопку миші. Область усередині виділеного прямокутника збільшиться (рис. 3.14).



Рисунок 3.14 – Збільшення елемента виду

Для перегляду деталі з різних боків можна скористатися інструментом **Орієнтація** .

### 3.4. Тип відображення моделі

SolidWorks дозволяє представляти отриману твердотільну модель кількома способами (рис. 3.15) у вкладці Тип відображення :

- **зафарбоване представлення;**
- **зафарбоване із кромками** (рис. 3.15 а). Найбільш показовий спосіб відображення, що дає уяву про форму й об'єм тривимірного об'єкта;
- **з відображенням невидимих ліній** (рис. 3.15 б). Всі кромки моделі, які неможливо побачити під обраним кутом, відображаються сірими кольорами або штриховою лінією (залежно від налаштування системи). Користувач може вибирати як видимі, так і невидимі кромки й вершини;

– **без відображення невидимих ліній** (рис. 3.15 в). Всі кромки, які неможливо побачити під обраним кутом, не відображаються. Вибирати можна тільки видимі кромки, вершини й грані;

– **каркасне представлення моделі** (рис. 3.15 г). Відображаються всі кромки моделі. Кромки й вершини, що перебувають за гранями моделі, відображаються як видимі й мають рівні можливості при виборі. При такому способі відображення видимі й невидимі кромки рівнозначні.

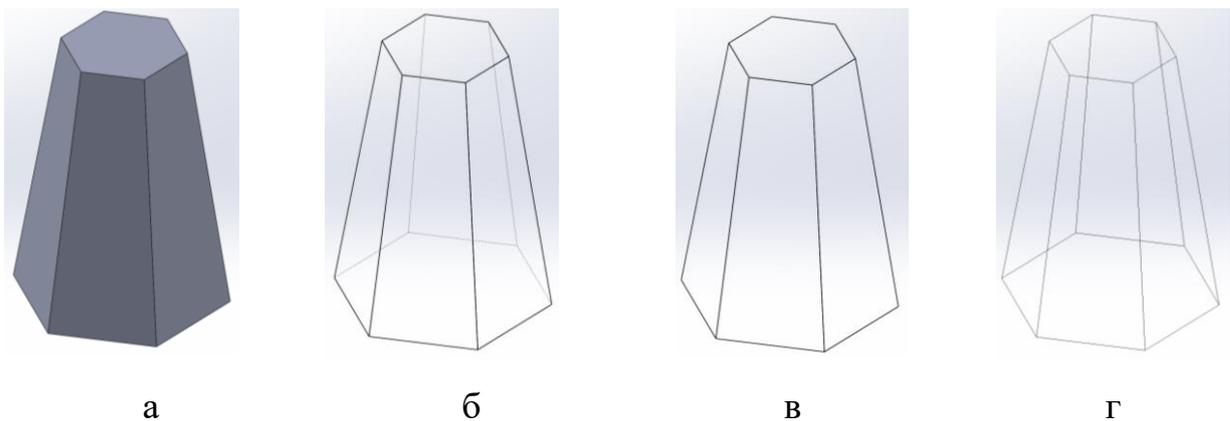


Рисунок 3.15 – Тип відображення моделі

### 3.5. Завдання матеріалу деталі

Завдання матеріалу деталі дозволяє врахувати багато факторів при подальшому аналізі та виробництві деталі.

По-перше це дозволяє програмі розраховувати фізичні властивості деталі, такі як маса, об'єм, центр ваги, інерція тощо. Це важливо для точного моделювання та розрахунків.

По-друге: для проведення аналізу методом кінцевих елементів (FEM) SolidWorks використовує властивості матеріалу, щоб визначити, як деталь буде поводитись під навантаженнями, напругою, температурою та іншими чинниками.

По-третє: призначений матеріал впливає на зовнішній вигляд моделі. Це допомагає створювати реалістичні зображення. Матеріал також впливає на вартість виготовлення деталі, а також особливість обробки.

Для завдання матеріалу деталі потрібно в Дереві конструювання натиснути правою кнопкою миші на «Матеріал» і з контекстного меню обрати «Редагувати матеріал» (рис. 3.16)

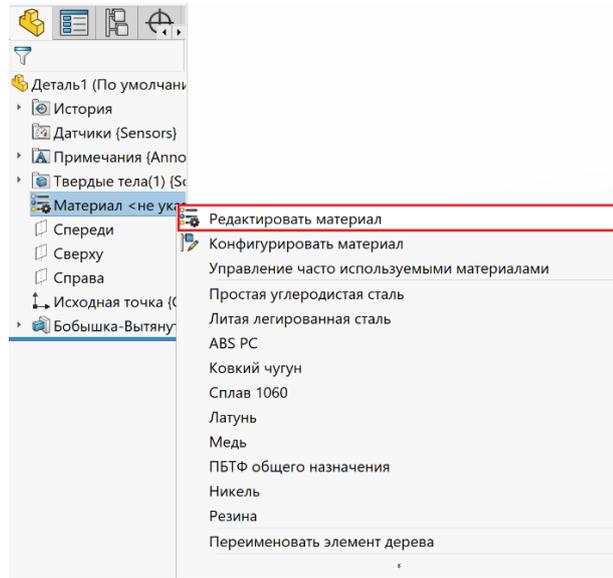


Рисунок 3.16 – Завдання матеріалу деталі

У діалоговому вікні, що з'явиться, користувач побачить список матеріалів, доступних у бібліотеці SolidWorks. Ці матеріали поділені на категорії, такі як метали, пластмаси, деревина тощо. Обирається потрібний матеріал зі списку та натискають «Застосувати» (рис. 3.17).

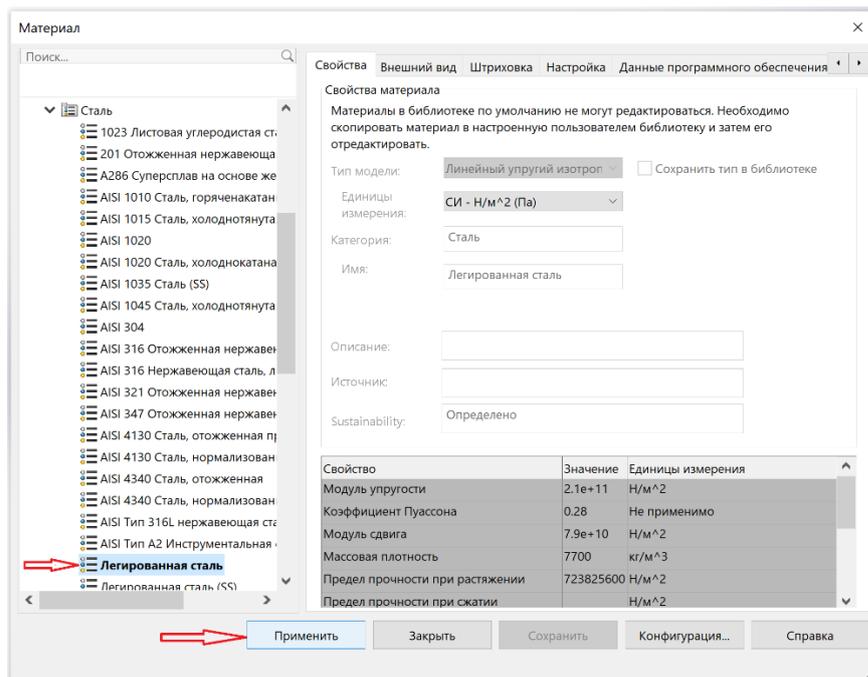


Рисунок 3.17 – Вибір матеріалу виготовлення деталі

### 3.6. Зміна оптичних властивостей об'єктів

У *SolidWorks* існує можливість зміни оптичних властивостей (кольори, прозорість, текстура і т.п.) окремих граней моделі (рис. 3.18), а також моделей деталей і збірок у цілому. Використання різних кольорів для тривимірних моделей дозволяє легко відрізнити їх одна від одної в збірці, або візуально виділити елементи моделі.

Для запуску цього інструменту треба на панелі інструментів «Вид» обрати інструмент «Редагувати зовнішній вид» . Далі обрати елемент, зовнішній вид якого треба змінити. Вибрати необхідні кольори у вікні, що з'явилося. Після внесення змін вони відразу застосовуються до вибраного об'єкта, і користувач може побачити результат у робочому режимі. Зафіксувати зміни натисканням ОК .

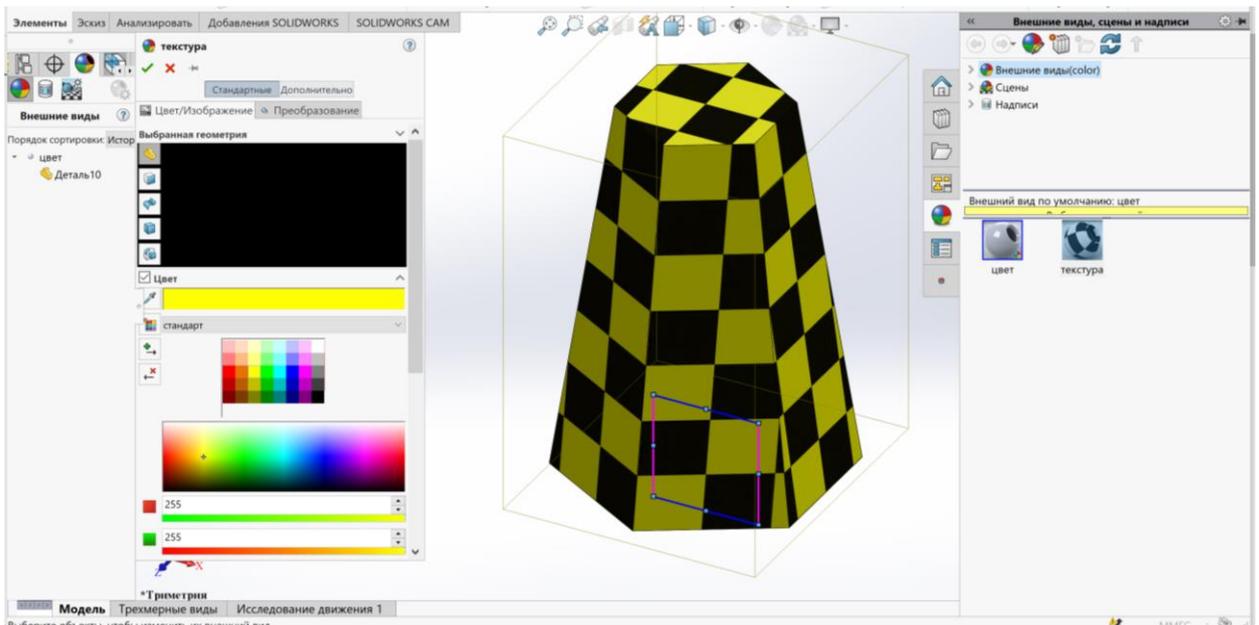


Рисунок 3.18 – Редагування зовнішнього вигляду деталі

### 3.7. Редагування ескізу у контексті об'ємної деталі

Редагування ескізу у контексті об'ємної деталі може бути потрібним, коли необхідно змінити форму або розміри елементів деталі після її створення.

Для редагування існуючого ескізу необхідно вибрати потрібний ескіз в Дереві конструювання. Натиснути на ньому лівою кнопкою миші та вибрати піктограму редагування ескізу (рис. 3.19).

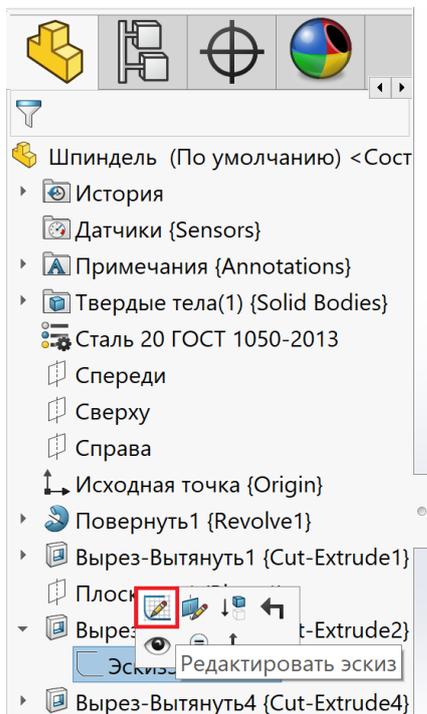


Рисунок 3.19 – Редагування існуючого ескізу з Древа конструювання

Другий варіант редагування: натиснути на поверхню деталі в графічній області, на якій вже був створений потрібний ескіз (рис. 3.20).

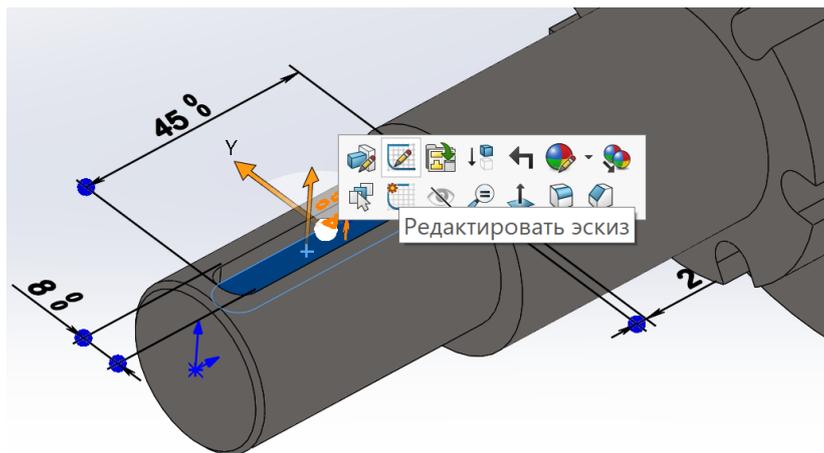


Рисунок 3.20 – Редагування ескізу на поверхні деталі

Редагування ескізу в програмі SolidWorks дозволяє змінювати форму, розмір або розташування його елементів. Це важлива функція, яка дозволяє

вносити корективи в моделі під час їх створення або пізніше, коли конструктор вже розпочав роботу над іншими елементами проєкту. Зазвичай можна редагувати ескізи на будь-якому етапі моделювання, що дозволяє з легкістю коригувати дизайн під час роботи над проєктом.

### 3.8. Зміна площини ескізу

Зміна площини ескізу в SolidWorks може бути корисною, якщо вам потрібно переорієнтувати ескіз на іншу площину або поверхню. Для цього натисніть правою кнопкою миші на ескіз у Дереві конструювання та оберіть *Редагувати площину ескізу*  (рис. 3.21 а). З'явиться діалогове вікно, в якому потрібно вибрати нову площину (рис. 3.21 б). В прикладі розглядається заміна площини Спереду на площину Зверху. Підтвердити зміни ОК .

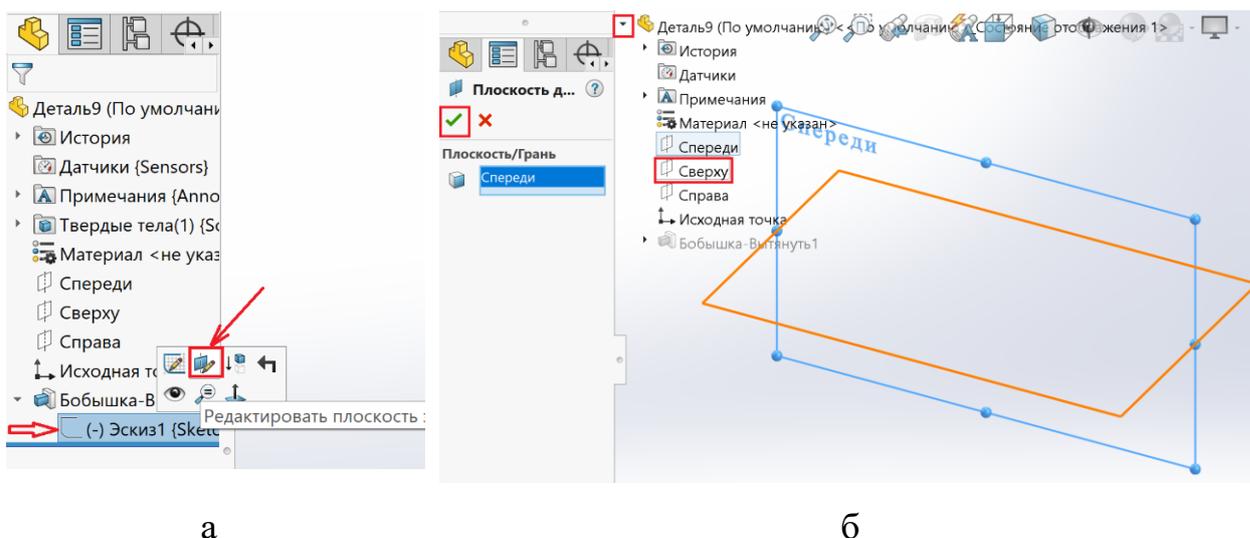


Рисунок 3.21 – Редагування площини ескізу

### 3.9. Корисні поради при створенні моделей деталей

1. Розташовуйте твердотільну модель так, щоб її площини симетрії збігалися з основними площинами.
2. У процесі створення моделі необхідно намагатися відобразити послідовність технологічних операцій, потрібних для виготовлення деталі.

3. Моделі деталей, одержуваних точінням, необхідно формувати елементом **«Повернута бобишка»**.

4. Якщо в деталі є різьбова поверхня її необхідно позначати за допомогою команди *«Вставка / Примітки / Умовне позначення різьби»*.

5. Для створення отворів для кріплення використовуйте винятково елемент *«Отвір під кріплення»*.

6. При створенні лінійного чи кругового масиву нескладних форм краще використовувати відповідний інструмент ескізу, а не елемент.

7. При створенні елемента **«Оболонка»** всі заокруглення мають бути введено в модель заздалегідь.

8. Для кожної деталі вказуйте матеріал, з якого вона виготовлена, для отримання адекватної маси деталі.

### **Питання для самостійної перевірки знань**

1. Алгоритм створення тривимірної моделі.
2. Які існують способи конструювання тривимірних деталей ?
3. Що таке параметричне моделювання, і як воно використовується в SolidWorks?
4. Вимоги до ескізу для побудови елемента **«Повернута бобишка/основа»**.
5. Вимоги до ескізу для побудови елемента **«Бобишка/основа по траєкторії»**.
6. Вимоги до ескізу для побудови елемента **«Бобишка/основа по перетинах»**.
7. Як можна збільшити частину деталі для більш детального перегляду?
8. Як змінити площину вже побудованого ескізу?
9. За допомогою якого інструменту можна переглянути модель з різних боків або повертати її для зручного огляду?
10. Перелічити способи відображення деталі в SolidWorks.
11. Як застосувати матеріали до тривимірної моделі в SolidWorks?

## 4. СТВОРЕННЯ КРЕСЛЕНИКІВ ЗА СТВОРЕНИМИ ТРИВИМІРНИМИ МОДЕЛЯМИ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

У системі SolidWorks є можливість автоматичного створення асоціативних креслеників (створених і збережених у пам'яті тривимірних деталей).

Асоціативні кресленики – це кресленики, які автоматично оновлюються при внесенні змін до 3D-моделі. Всі види такого кресленика пов'язані з моделлю. Перевага в тому, що будь-яка зміна в моделі призводить до зміни зображення в асоціативному виді автоматично, зменшуючи ймовірність помилок і забезпечуючи актуальність кресленика.

### 4.1. Побудова видів

Можливо два способу створення кресленика за створеною тривимірною моделлю:

1. У відкритому документі побудованої 3D моделі обираємо створити кресленик з деталі з меню **Файл**. Або натиснути на кнопку **Створити**  на панелі інструментів. При цьому буде створено кресленик на основі поточного документа (рис. 4.1).

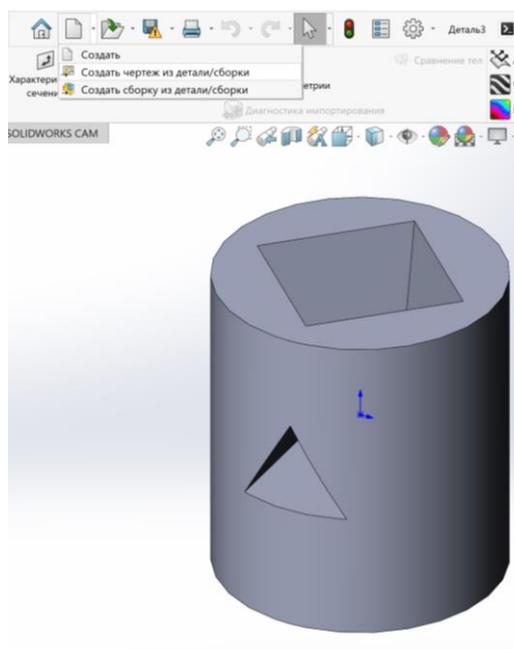


Рисунок 4.1 – Створення кресленика на основі поточного файлу

2. Вибрати **Файл/Новий/Кресленник**. Якщо є відкриті документи, SolidWorks запропонує вибрати на основі якого з них створити кресленник. Якщо необхідні документи не відкриті, виберіть їх, натиснувши на кнопку **Огляд** у вікні вибору.

При створенні кресленника перед користувачем з'явиться стандартне вікно вибору формату аркуша для кресленника (рис.4.2). Треба обрати необхідний формат в залежності від складності та розмірів деталі. В даному прикладі обрано формат А3.

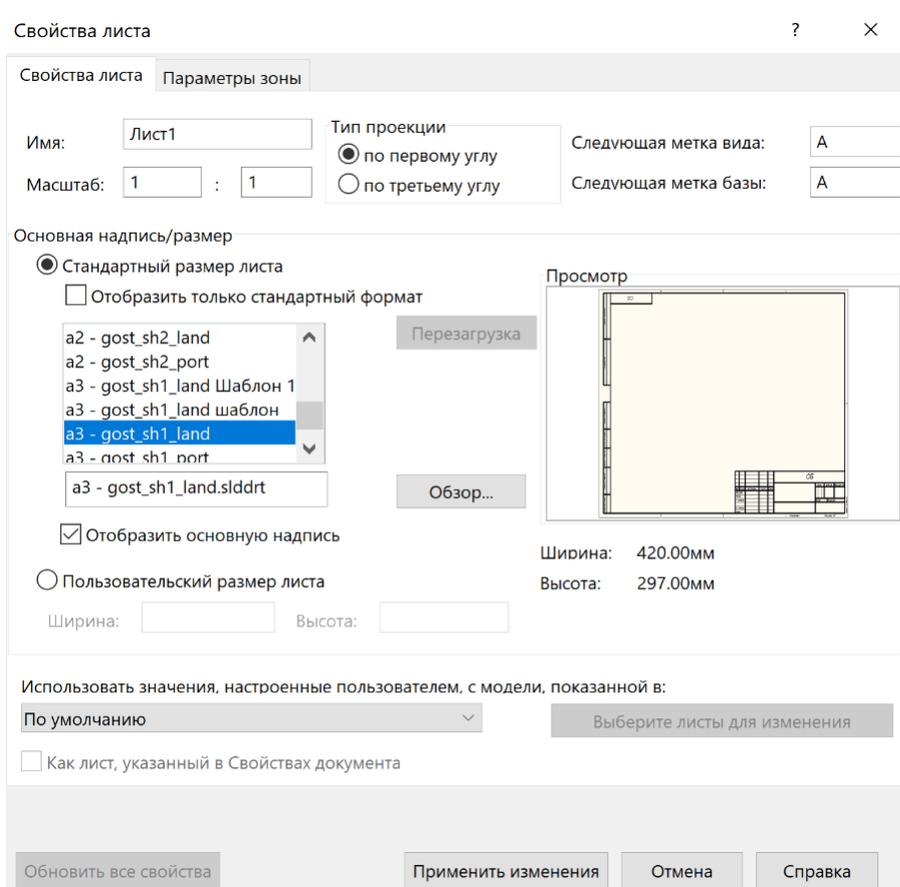


Рисунок 4.2 – Вікно вибору формату

На панелі інструментів **Кресленник** обираємо **Вид моделі**. Ліворуч активується **Менеджер властивостей**, у якому треба натиснути кнопку **Огляд** і завантажити у кресленник файл деталі (рис. 4.3).

Після завантаження файлу деталі система відразу перейде до створення проєкційних видів. А вікно **Менеджера властивостей** зміниться, з'являться опції по налаштуванню видів.

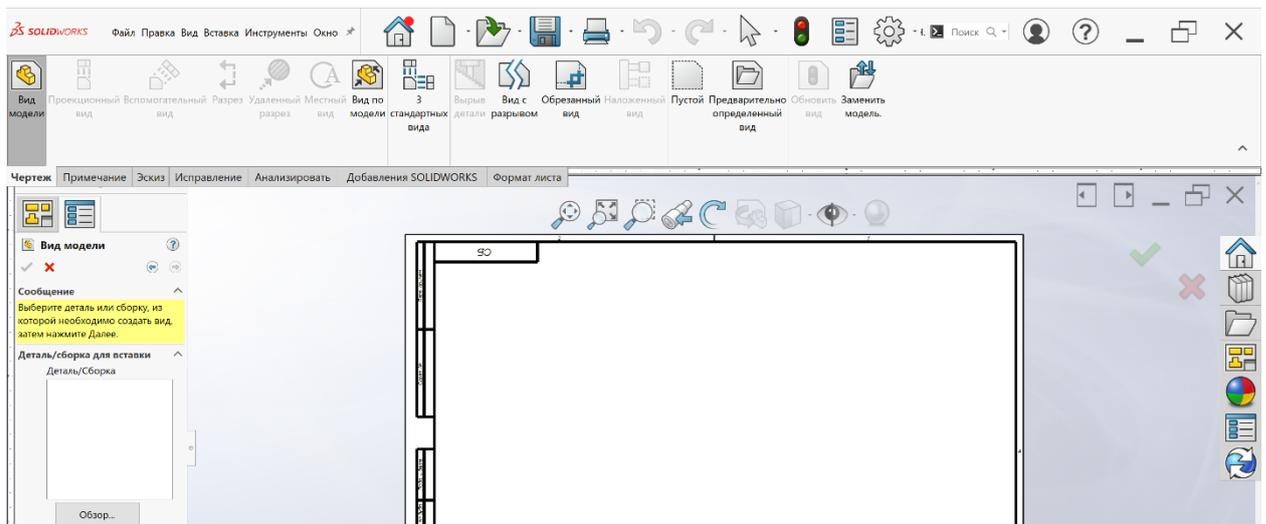


Рисунок 4.3 – Завантаження файлу деталі в кресленик

Дане вікно складається з кількох областей:

– **Орієнтація** (Orientation) (рис.4.4) – панель вибору орієнтації деталі у створюваному проєкційному виді. Вибравши опцію *Створити кілька видів* можна вибрати кілька з 6 стандартних перпендикулярних проєкційних видів: спереду, ззаду, зліва, справа, зверху, знизу. Також можна обрати аксонометричні види. Потрібно зазначити, що дані види створюються відносно головних площин завантаженого проєкту.

– **Опції** (Options) (рис.4.4) – Авто-запуск проєкційних видів. Вибір даної опції дозволяє створювати зв'язані проєкційні види відразу після створення першого виду.

– **Якість відображення** – спосіб відображення моделі на створюваному виді.

– **Масштаб** (Scale) (рис.4.4) – вибір масштабу створюваного виду. Якщо вибрати опцію *Використати масштаб листа*, то система автоматично підбере масштаб, що найкраще забезпечить розміщення необхідних проєкційних видів у просторі листа. Також користувач може сам вибрати необхідний йому масштаб кресленика *Використати масштаб користувача*. Масштаб обраний для виду завжди можна інтерактивно змінити, вибравши потрібний вид на аркуші.

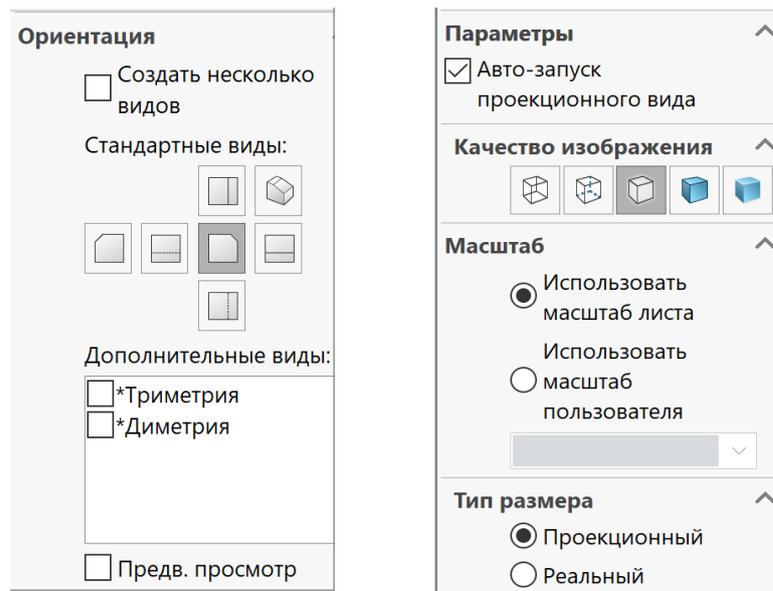


Рисунок 4.4 – Параметры видов

– **Тип розмірів** (Dimension type) (рис.4.4) – вибір типу відображення розмірів моделі:

**Дійсні (True)** – будуть відображатися розміри тільки реальних елементів моделі,

**Проекційні (Projected)** – розмір геометрії моделі згідно його проекції.

Обираємо вид *Спереду* (Front), масштаб – використати масштаб користувача, і натискаємо лівою кнопкою у верхньому лівому куті аркуша (рис.4.5).

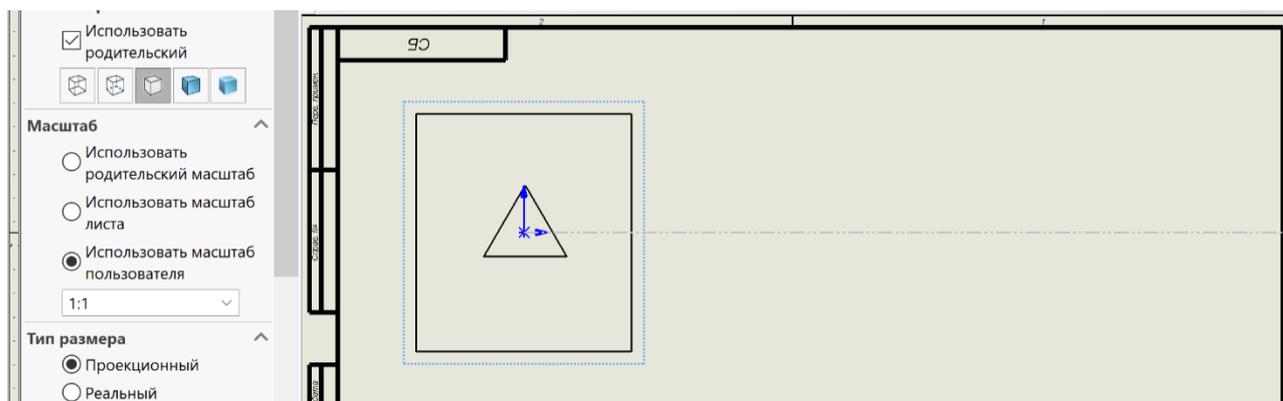


Рисунок 4.5 – Побудова виду Спереду

Після того як створено перший вид, відразу запуситься інструмент *Проекційний вид*. Відводячи мишку вліво, вправо, вниз, вгору користувач

може бачити новий вид, що проєкційне пов'язаний з попереднім. Для розриву проєкційного зв'язку потрібно натиснути й тримати клавішу **Ctrl**. Якщо відвести мишку по діагоналі, то система запропонує відповідний аксонометричний вид.

Відводимо мишку вгору і натискаємо ліву клавішу. Створено новий проєкційний вид (вид зверху) (рис. 4.6), аналогічно створимо вид зліва, відводимо вправо мишку від головного виду (виду спереду). Далі треба перетягнути вид зверху під вид спереду та вид зліва розмістити праворуч від головного виду згідно стандарту ДСТУ ISO 128-30:2005 [6]. Для цього треба навести мишку на вид і коли покажчик миші зміниться на  – можна переміщувати вид на потрібне місце (рис. 4.6).

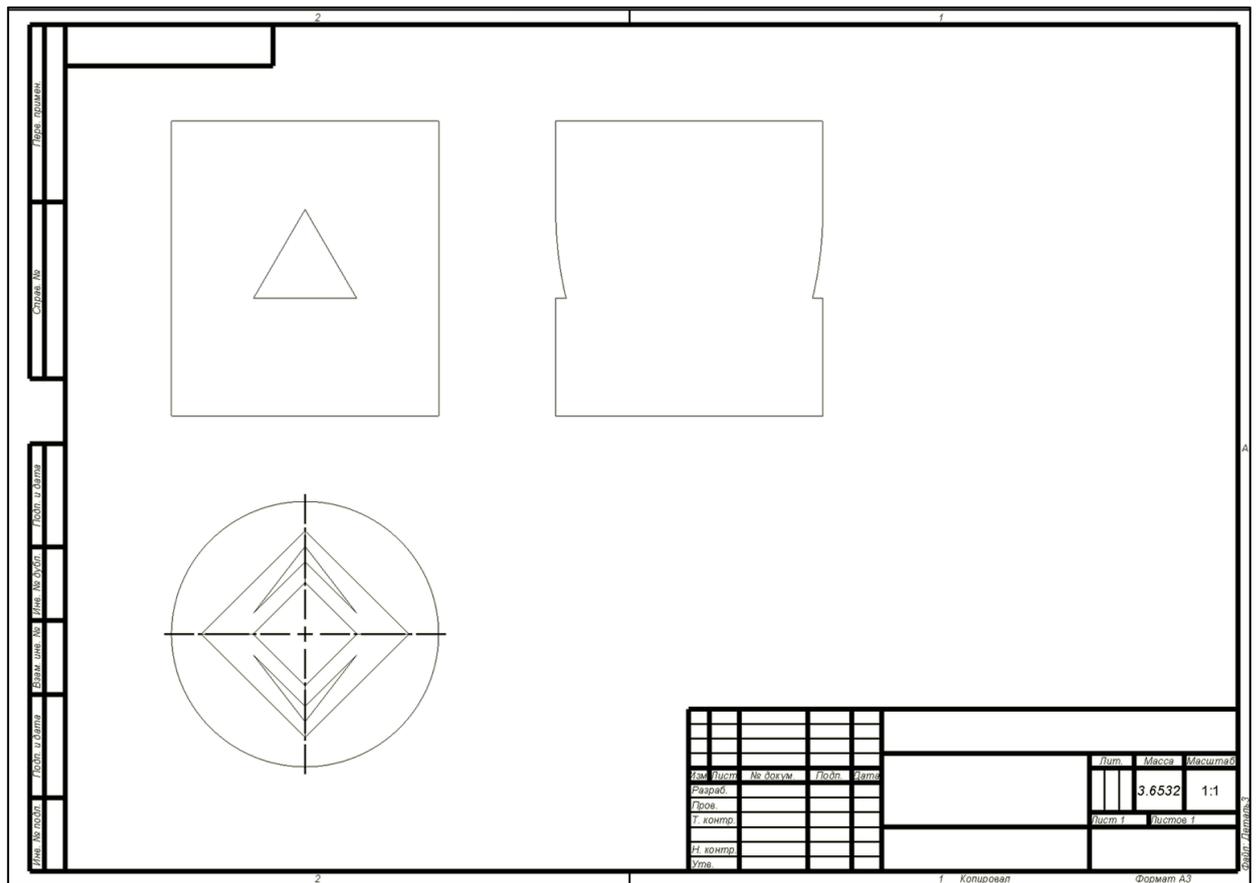


Рисунок 4.6 – Побудова виду Зверху та Зліва

Завершуємо побудову видів створенням аксонометричного зображення моделі (ізометрії або діаметрії).

Для створення аксонометрії треба підібрати ту проекцію, що дає найбільш наочне зображення. Для створення ізометричного зображення відводимо мишку від виду спереду вгору вліво. Перериваємо дію за допомогою клавіші **ESC** на клавіатурі.

Необхідно показати на ізометричному зображенні лінії невидимого контуру. Для цього натискаємо на цьому зображенні лівою кнопкою миші, активується **Менеджер властивостей**, з'являються опції по налаштуванню ізометричного зображення. *Тип відображення* треба встановити – невидимі лінії відображаються (рис. 4.7). Оскільки всередині деталі отвір у вигляді чотиригранної піраміди, ізометричне зображення змінюємо на діаметрію. В випадках коли деталь в своєму складі не має чотиригранних поверхонь, діаметрію будувати необов'язково.

Можна змінити положення креслярських видів шляхом перетягування їх по кресленнику. При стандартному розміщенні видів – Головний вид або Вид спереду є вихідним видом. Тому при переміщенні Головного виду всі інші слідує за ним.

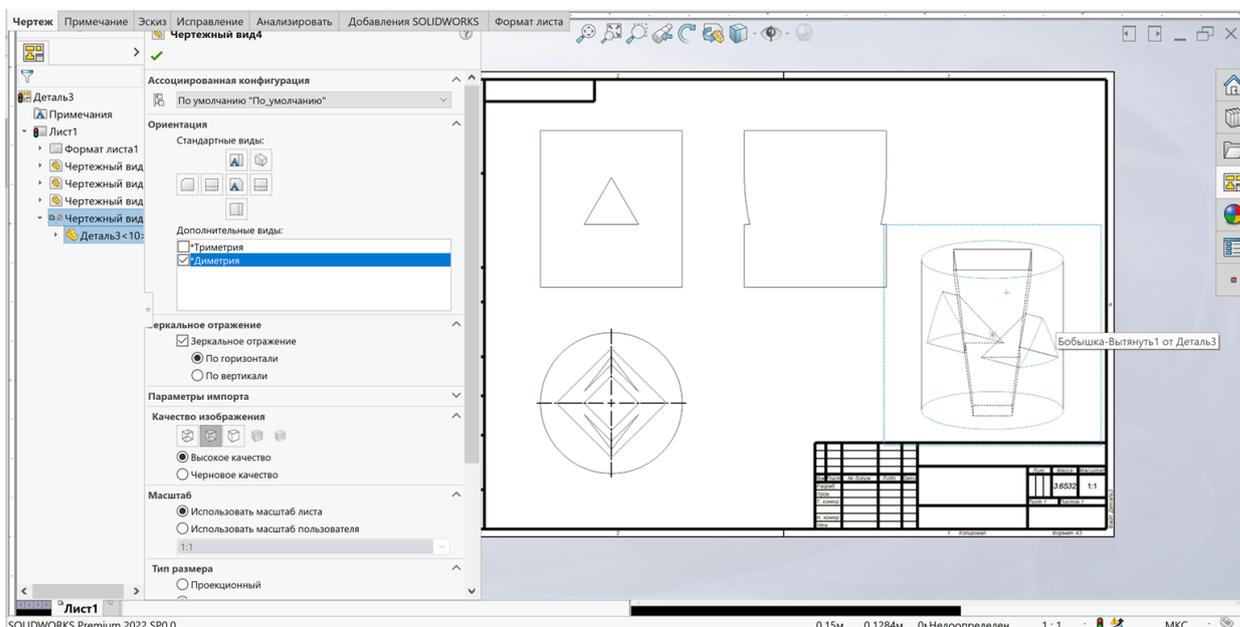


Рисунок 4.7 – Побудова аксонометричного зображення (діаметрії)

Для нанесення осьових ліній треба перейти на вкладку **Примітка** вибрати **Осьова лінія**  (рис. 4.8). Для автоматичної вставки осьової лінії во

всі види треба обрати параметр автовставки та вибрати креслярські види, на яких необхідно нанести ось симетрії.

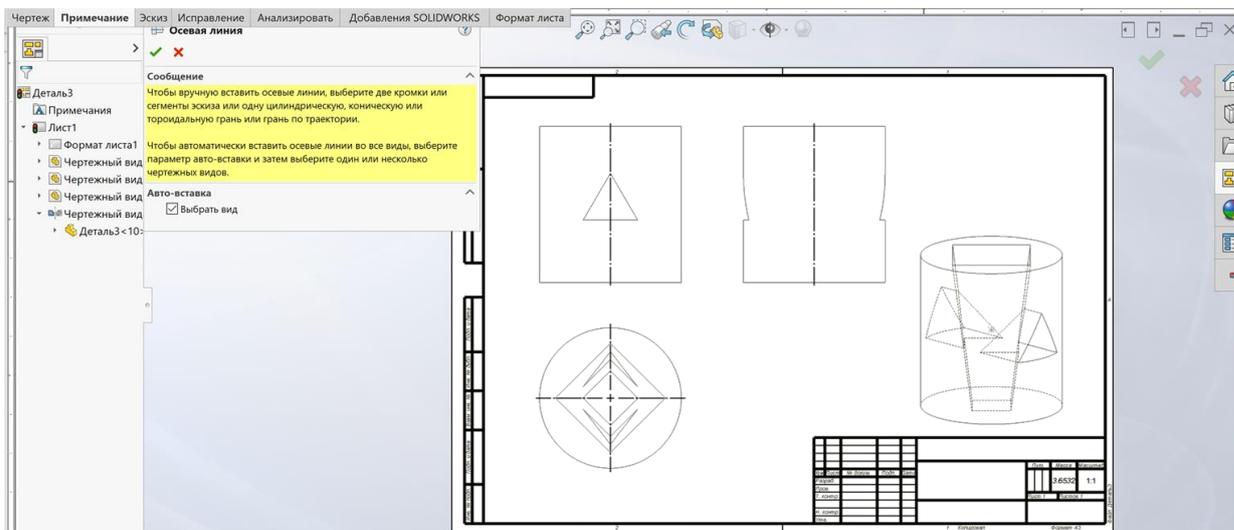


Рисунок 4.8 – Нанесення осевих ліній

## 4.2. Побудова перерізів

Розглянемо послідовність побудови кресленника циліндра з винесеним похилим перерізом А-А:

1. Зробимо вид спереду активним подвійним натисканням лівою кнопкою миші по виду і накреслимо лінію розрізу за допомогою команди **Розріз** (рис. 4.9).

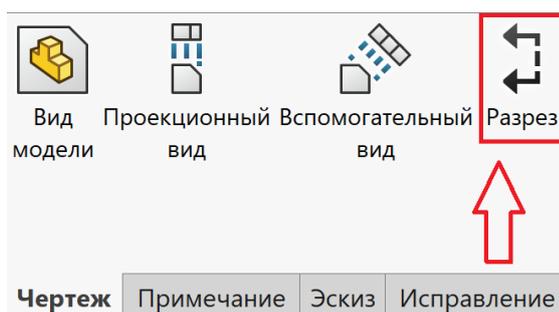


Рисунок 4.9 – Інструмент «Розріз»

Після розміщення лінії розрізу на кресленнику автоматично з'являється розріз. Для того, щоб змінити його на переріз на *Панелі властивостей* обов'язково треба обрати **Січна грань** (рис. 4.10).

Розміщуємо переріз на вільному місці кресленика. Оскільки переріз будується в проекційному зв'язку, цей зв'язок можна вимкнути за допомогою затиснутої клавіші **Ctrl**.

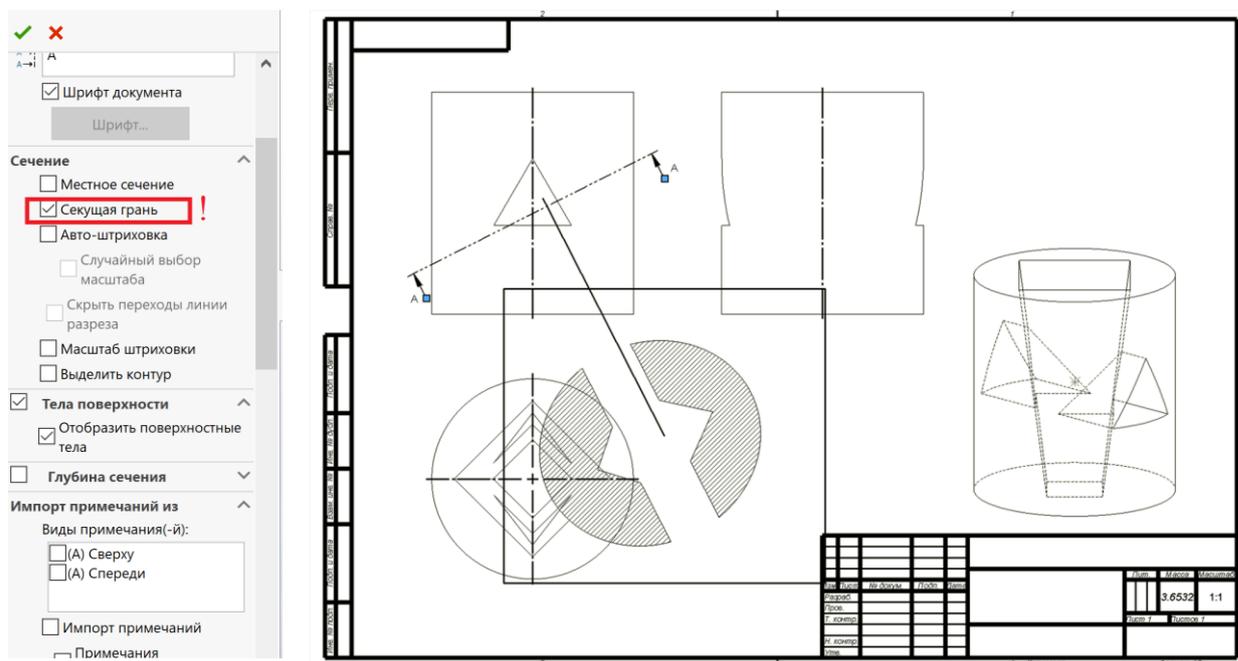


Рисунок 4.10 – Побудова перерізу

### 4.3. Побудова розрізів

Якщо деталь має складні внутрішні порожнини, то для більш наочного висвітлення їх на кресленіку застосовують розрізи. У випадку коли вид і розріз є симетричними фігурами, треба з'єднувати половину виду й половину розрізу, розділяючи їх штрихпунктирною тонкою лінією, що є віссю симетрії. Частину розрізу, звичайно, розташовують праворуч від осі симетрії, що розділяє частину виду із частиною розрізу, або знизу від осі симетрії. Лінії невидимого контуру на частині виду, що з'єднують з розрізом, звичайно, не показуються [7].

Якщо з осьовою лінією, яка розділяє вид і розріз, збігається проекція якої-небудь лінії, наприклад, ребра грані фігури, то вид і розріз розділяються суцільною хвилястою лінією, проведеною ліворуч від осі симетрії (рис. 4.11 а), якщо ребро лежить на внутрішній поверхні, або праворуч (рис. 4.11 б), якщо ребро зовнішнє.

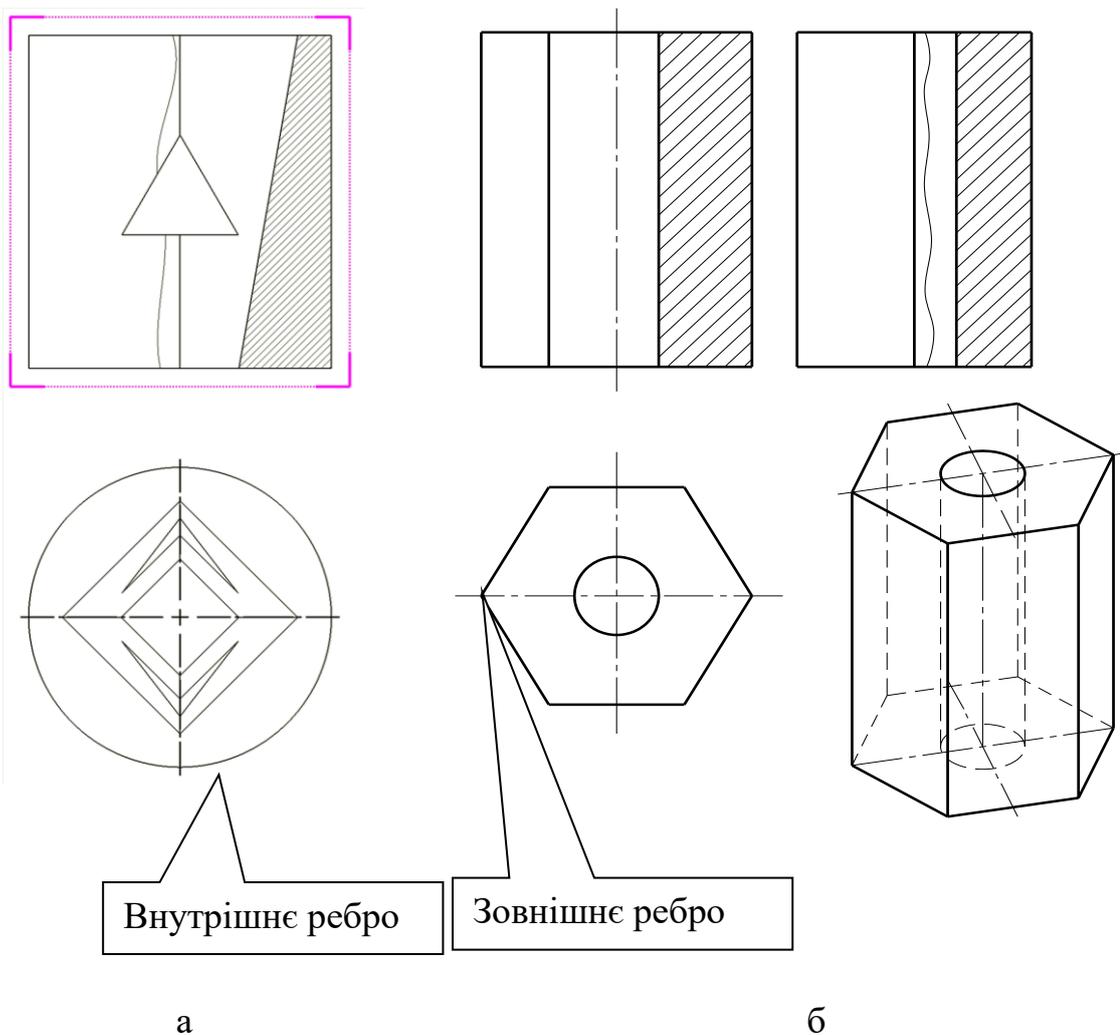


Рисунок 4.11 – Розмежування виду та розрізу в залежності від розташування ребра

Деталь, що розглядається симетрична відносно вертикальної осі та має внутрішні порожнини. Враховуючи це, для того, щоб побудувати фронтальний розріз, необхідно видалити праву передню частину у відповідності з правилом суміщення видів і розрізів.

Для цього необхідно:

- активувати вид Спереду. Натиснути кнопку **Прямокутник** інструментальної панелі **Ескіз** та побудувати прямокутник так, щоб він охопив частину виду, замість якої необхідно отримати розріз (рис. 4.12 а). Оскільки на межі виду та розрізу знаходиться внутрішнє ребро – треба збільшити розріз й розділити вид та розріз за допомогою хвилястої лінії (рис. 4.12 б);

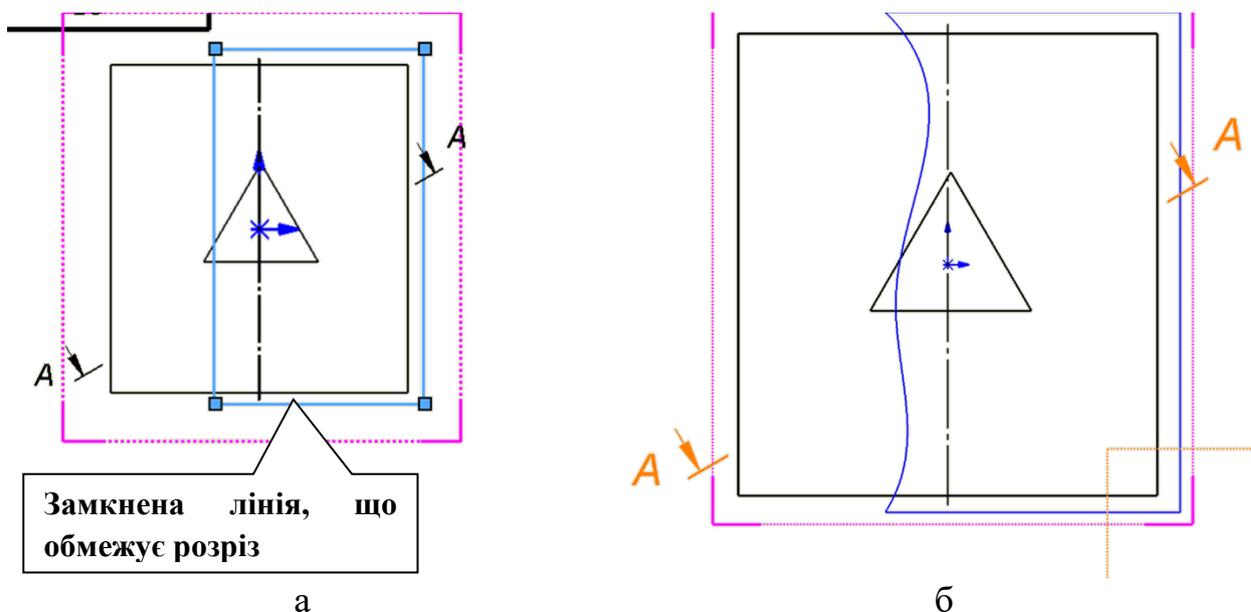


Рисунок 4.12 – Побудова лінії розмежування виду від розрізу

- на панелі **Кресленик** обрати кнопку **Вирив деталі**  вказати глибину розташування січної площини. Натиснути ОК . Система побудує фронтальний розріз (рис. 4.13).

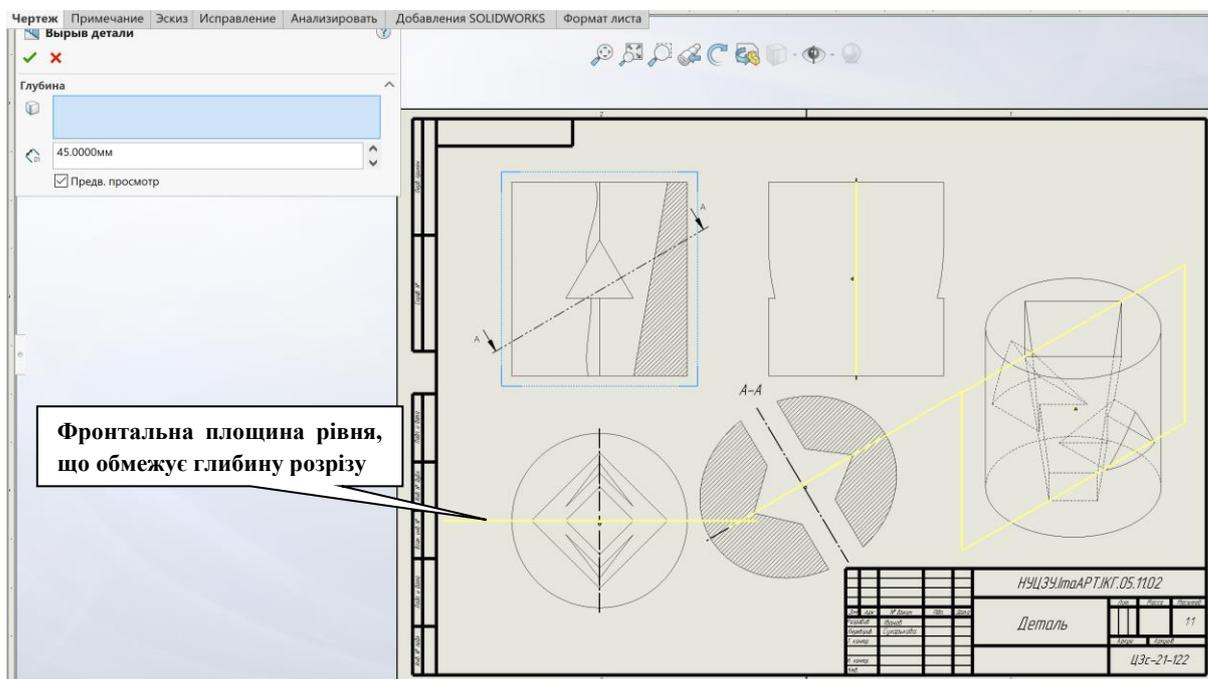


Рисунок 4.13 – Суміщення половини виду Спереду з фронтальним розрізом

Далі побудуємо горизонтальний розріз. Обов'язково треба зробити вид зверху активним. Деталь симетрична, тому також будемо суміщати вид з

розрізом. На виді зверху будуємо прямокутник справа від вертикальної осі симетрії (рис. 4.14).

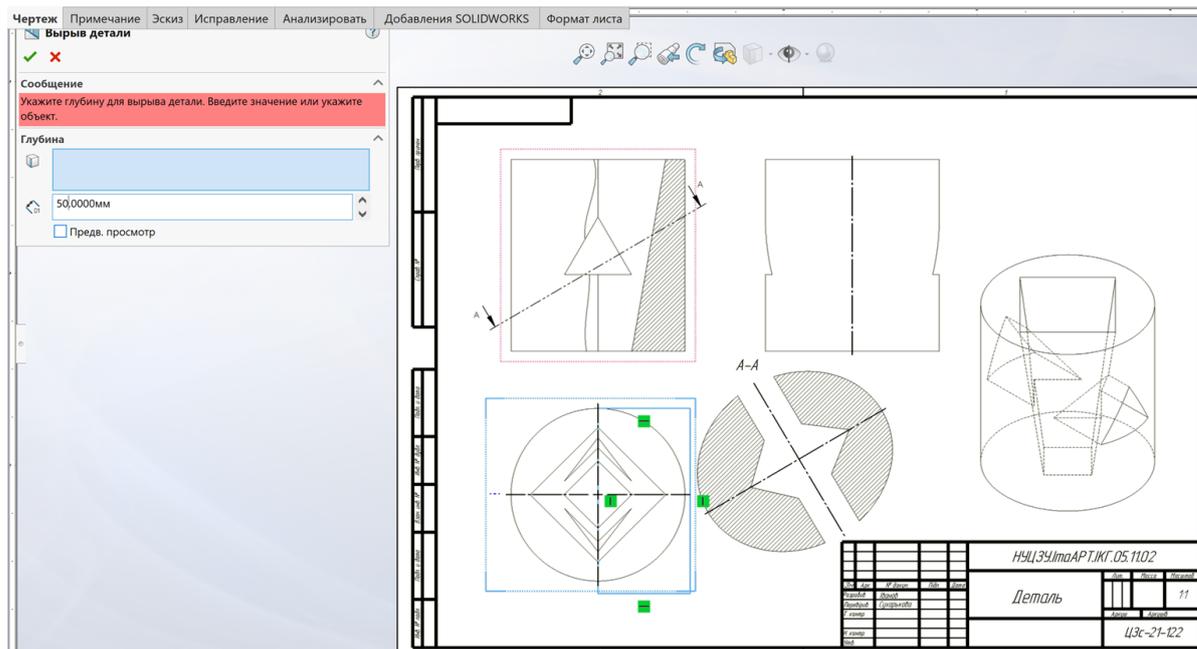


Рисунок 4.14 – Виділення частини деталі, що буде вирізано

Потім на панелі **Кресленик** обираємо кнопку **Вирив деталі** , вказуємо глибину розташування січної площини та вмикаємо попередній перегляд. Жовтим кольором показано розташування січної площини. Натискаємо ОК . Система побудує горизонтальний розріз (рис. 4.15).

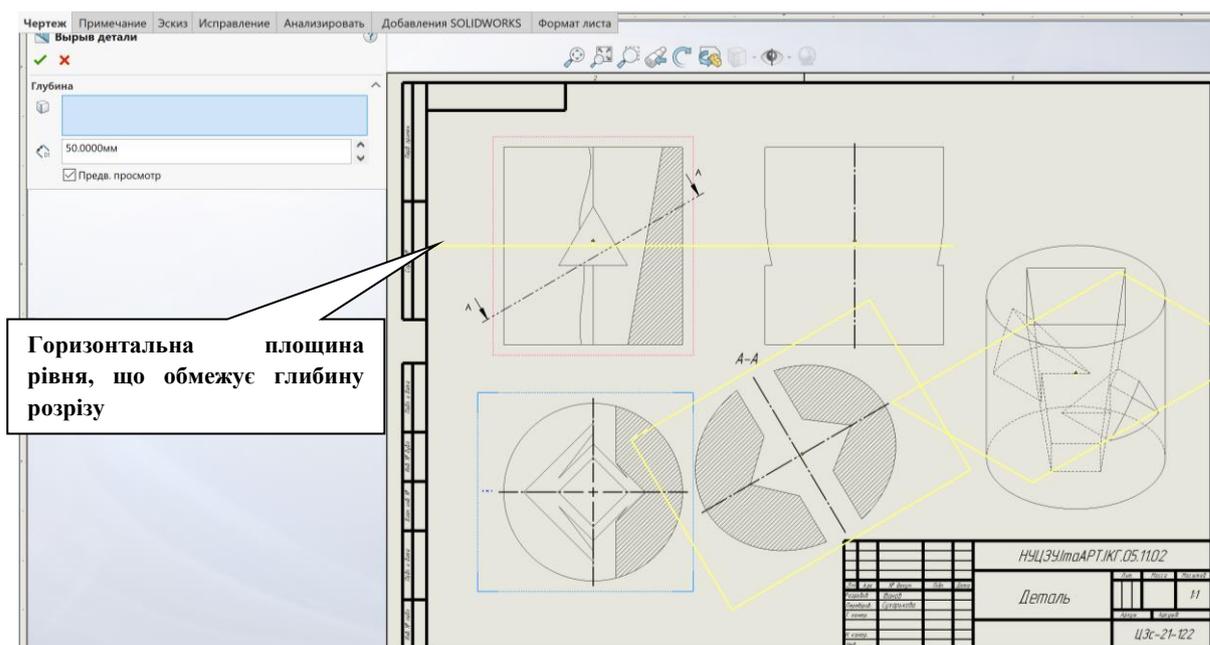


Рисунок 4.15 – Побудова горизонтального розрізу

В даному випадку горизонтальний розріз треба позначити (рис. 4.16). Тому що в залежності від висоти розміщення лінії розрізу, зображення розрізу на виді зверху буде змінюватись. Позначення виконується за допомогою команди **Розріз**  на панелі **Ескіз**.

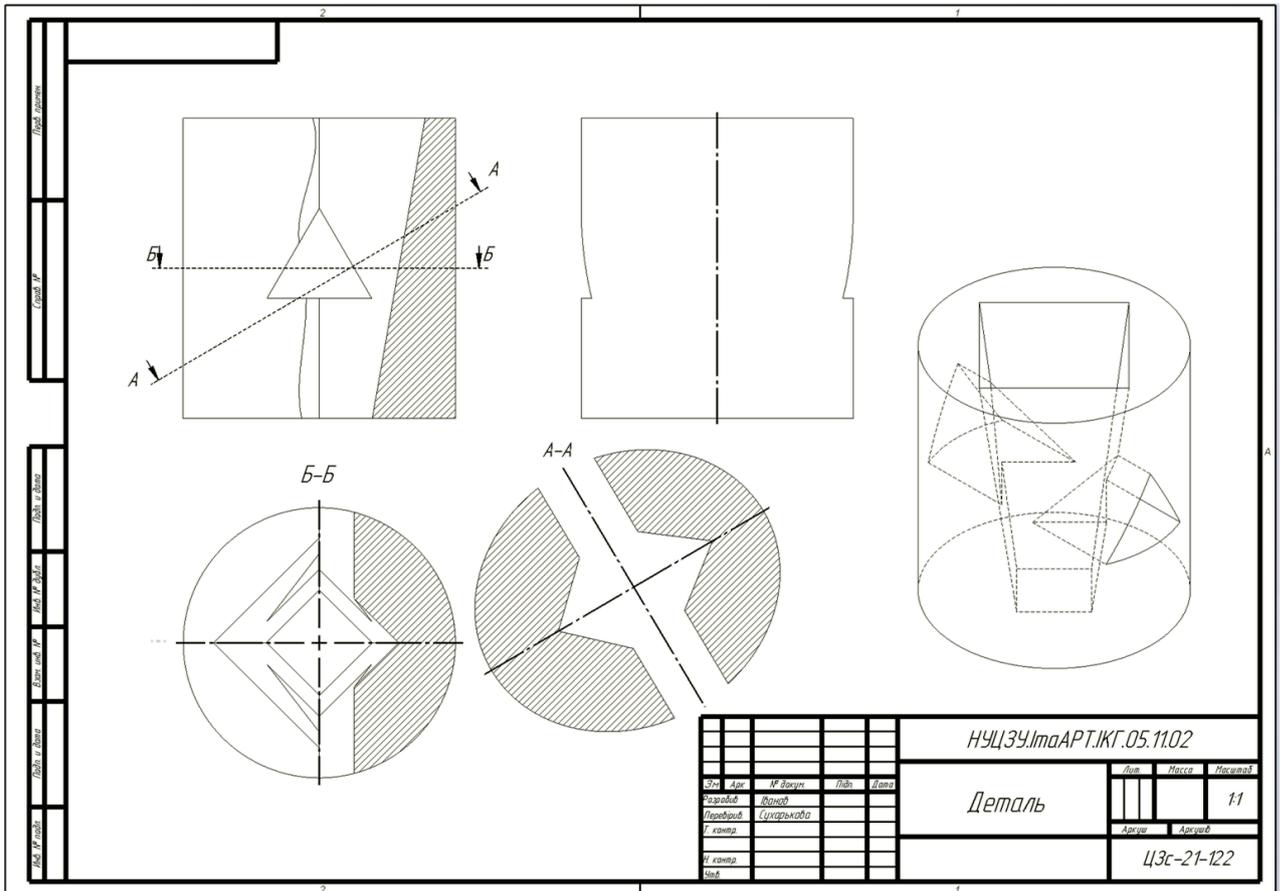


Рисунок 4.16 – Позначення горизонтального розрізу

Залишилось побудувати профільний розріз сумістивши частину виду з частиною розрізу. Профільний розріз виконується на виді зліва. Подвійним кліком лівою кнопкою миші активуємо цей вид. Згідно стандарту розріз треба розміщувати справа від осі симетрії [7]. Оскільки на межу виду й розрізу припадає внутрішнє ребро – треба збільшити розріз, щоб показати це ребро в розрізі. Тому хвилясту лінію розмежування виду й розрізу розміщуємо ліворуч від осі симетрії (рис. 4.17).

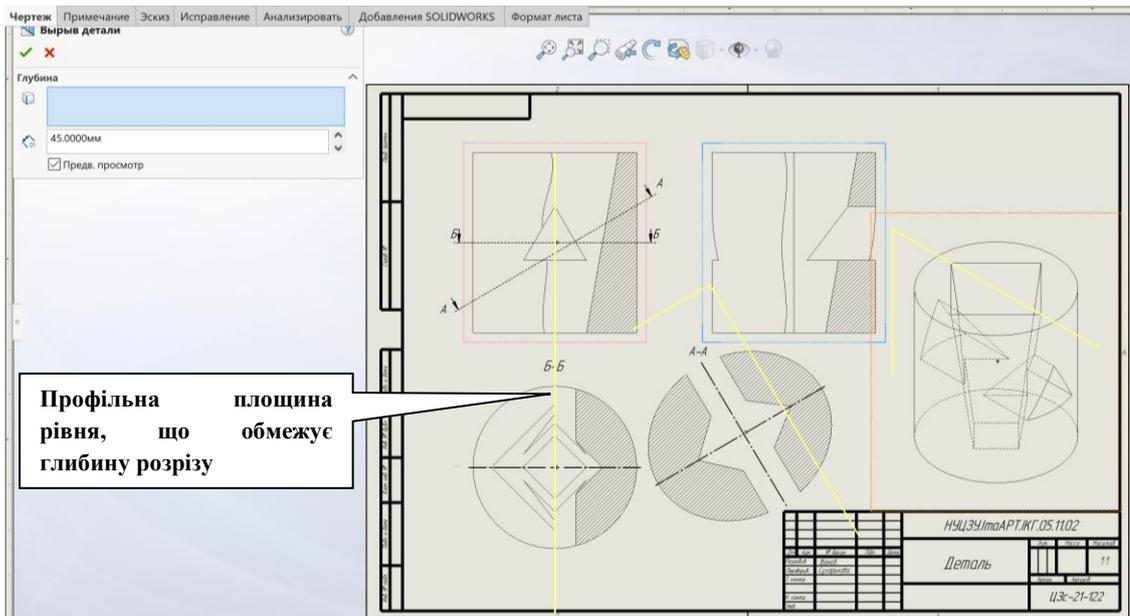


Рисунок 4.17 – Побудова профільного розрізу

Залишилося нанести розміри. Для автоматичного нанесення розмірів на панелі інструментів **Примітка** натискаємо кнопку **Елементи моделі** . На **Панелі властивостей** активувати **Імпортувати елементи во всі види**, а також **Вимкнути повтори** (рис. 4.18). Можливо розташування деяких розмірів треба буде відкоригувати, щоб відповідали стандарту [8].

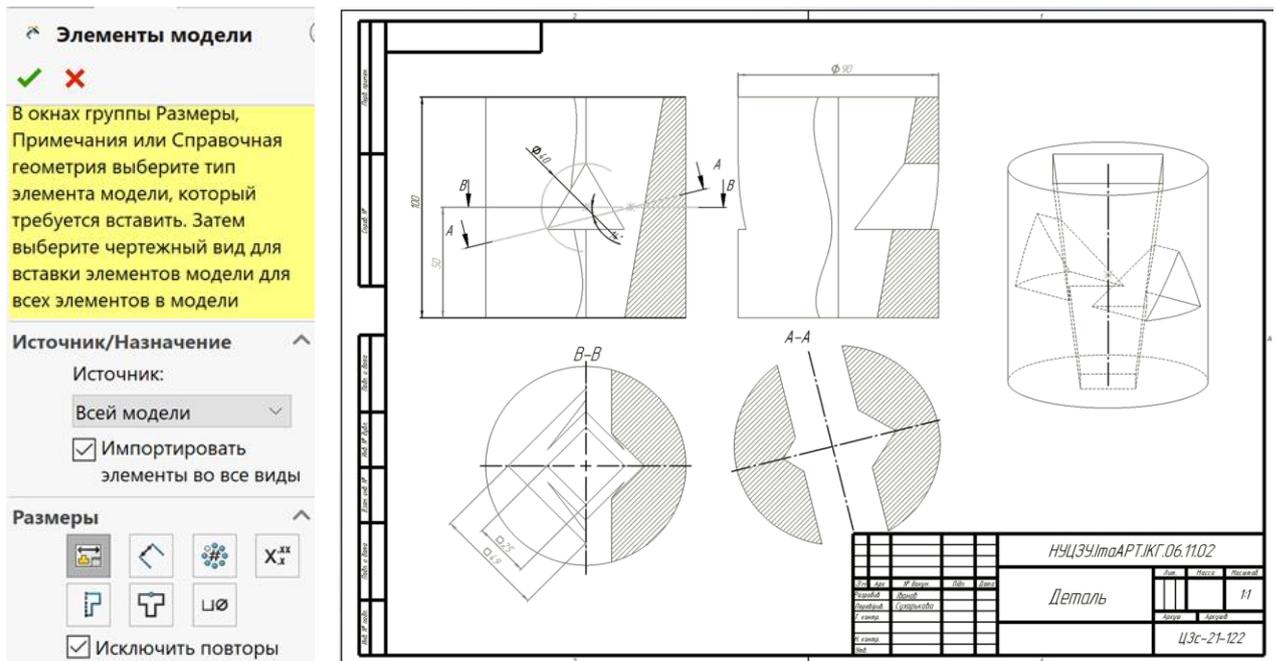


Рисунок 4.18 – Нанесення розмірів

## Заповнення основного напису

Для заповнення основного напису треба натиснути правою кнопкою миші в будь-якій точці креслярського аркуша та обрати команду **<Редагувати основний напис>** (рис. 4. 19). Для редагування основного напису вручну треба натиснути двічі лівою кнопкою в поле, яке треба заповнити. Поля, позначені синім кольором можна редагувати (рис. 4.19).



Рисунок 4.19 – Редагування основного напису

Щоб не вводити інформацію кожен раз для наступних креслеників, можна зберегти налаштований шаблон із заповненим основним написом. Виберіть **Файл > Зберегти основний напис** і використовуйте його для наступних креслеників. Для виходу з режиму редагування в правому верхньому куті формату натискаємо команду виходу .

## Питання для самостійної перевірки знань

1. Що таке асоціативні креслення і які їх переваги?
2. Як створити кресленик на основі 3D-моделі в SolidWorks?
3. Як створити стандартні види на кресленику (Спереду, Зверху, Зліва)?
4. Як побудувати аксонометричне зображення на кресленику?
5. Як побудувати переріз на кресленику?
6. Як побудувати розріз на кресленику?
7. Як перервати проекційний зв'язок?
8. Як змінити масштаб кресленика?
9. Як проставити позначення центру, додати осі симетрії в асоціативному кресленику?
10. Як зробити шаблон основного напису?

## 5. МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

Складальний кресленник створюється шляхом додавання і зміни існуючих деталей збірки. Додавання деталей відображається шляхом вставки нових компонентів.

Збірка – це вузол, що складається з двох або більше деталей, які називаються компонентами.

Файли Збірки мають розширення **.sldasm**. Розташування та орієнтація компонентів у збірці задається за допомогою сполучень, що встановлюють взаємозв'язок між компонентами.

Збірка у SolidWorks дає можливість поєднувати в собі звичайні деталі і конструкції, які створювалися в файлі «деталь». Кількість цих деталей обмежується лише здатністю комп'ютера. Збірка містить у собі елементи, взаємопов'язані між собою в єдиний вузол. Це дозволяє не тільки візуально сприймати механізм, але і проводити додаткові дослідження і отримувати графічні та цифрові характеристики досліджуваного об'єкта [9, 10].

### 5.1. Способи виконання збірки

Проектування збірки може виконуватися двома способами: знизу-вверх або зверху-вниз.

1. Збірка «**знизу-вверх**» являє собою складання конструкції з готових деталей. Для побудови такої збірки всі компоненти (деталі) створюються окремо, а потім збираються в одну загальну конструкцію, поступово додаючи елементи та з'єднуючи їх між собою. Конструкція або вузол збираються із цих деталей аналогічно реальному складанню. У процесі складання необхідно деталі помістити в тривимірний складальний простір і вказати умови їх з'єднання один з одним.

#### **Переваги способу «знизу-вверх»:**

– **Контроль над кожною деталлю:** Кожна деталь розробляється окремо, що дозволяє приділити більше уваги її дизайну та функціональності.

– **Повторне використання деталей:** Легко використовувати ті самі деталі або підзбірки в різних збірках.

– **Чітке визначення з'єднань:** Чітке розуміння того, як деталі взаємодіють одна з одною.

#### **Недоліки способу «знизу-вверх»:**

– **Складність внесення змін:** Якщо зміни вносяться на рівні деталей, вони можуть вплинути на всю збірку, що потребує додаткового коригування зв'язків.

– **Важче орієнтуватися в складних збірках:** Для великих проєктів з великою кількістю деталей процес управління збіркою може бути складним і трудомістким.

Збірка «знизу-вгору» підходить для проєктів, де всі деталі вже є готовими або коли необхідно забезпечити максимальний контроль над кожним компонентом. Цей підхід часто використовується в інженерному проєктуванні для створення точних і надійних конструкцій.

2. При проєктуванні збірки «зверху-вниз» спочатку створюється компонувальний ескіз збірки, а вже на його основі будуються окремі деталі. Дані деталі відразу є вбудованими в загальну збірку. Такий тип збірки зручний тим, що при зміні компонувального ескізу збірки автоматично змінюються розміри й конфігурації деталей, що її складають.

#### **Переваги способу «зверху-вниз»:**

– **Інтегрований дизайн:** Деталі проєктуються в контексті всієї збірки, що забезпечує краще узгодження між компонентами і дозволяє уникнути помилок, пов'язаних з невідповідністю розмірів.

– **Гнучкість:** Легко вносити зміни в збірку на будь-якому етапі проєктування, оскільки деталі автоматично підлаштовуються під зміни в основній конструкції.

– **Зменшення часу на проєктування:** Можливість створення деталей на основі вже наявної геометрії інших компонентів збірки прискорює процес розробки.

### Недоліки способу «зверху-вниз»:

– **Залежності:** Велика кількість контекстних залежностей може ускладнити модифікацію збірки, особливо якщо зв'язки між деталями стають занадто складними.

– **Труднощі з повторним використанням:** Деталі, створені в контексті однієї збірки важче використовувати в інших збірках через їхню залежність від конкретної геометрії або зв'язків.

Спосіб побудови збірки «зверху-вниз» краще використовувати якщо проєкт складний і вимагає багато узгоджених між собою деталей, підхід «зверху-вниз» допомагає уникнути помилок і забезпечує точну відповідність між компонентами. Або коли початковий дизайн ще не визначений до кінця.

Збірка «зверху-вниз» особливо ефективна для проєктів, де важливо забезпечити точну інтеграцію між компонентами, і де є необхідність постійно вносити зміни в процесі розробки.

Розглянемо процес моделювання збірки способом «знизу-вверх» на прикладі побудови шатуна (рис. 5.1).

Після запуску програми викликаємо вікно нового документа, натиснувши на відповідний значок вверху екрану або поєднанням. Обираємо піктограму **Збірка** (рис. 5.2).

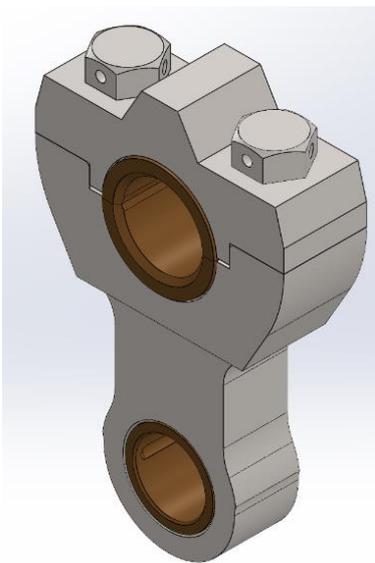


Рисунок 5.1 – Шатун

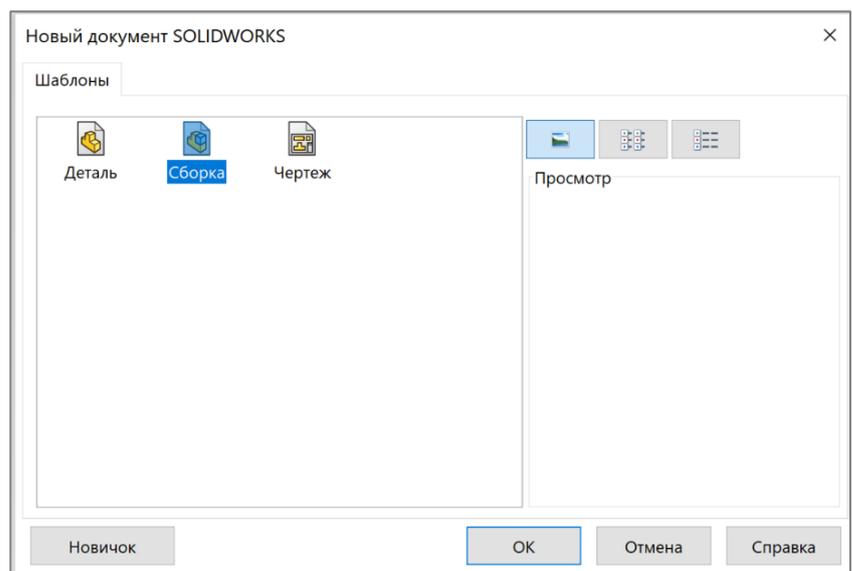


Рисунок 5.2 – Вікно документа

## 5.2. Додавання компонентів

Створення збірки починається з додавання компонентів на робоче поле. При створенні збірки SolidWorks автоматично запускає інструмент по додаванню компонентів до збірки. Якщо деякі файли вже було відкрито, то ці документи будуть відображені в **Менеджері властивостей**. Перед вибором елемента треба натиснути на кнопку у вигляді канцелярської кнопки . Для вибору компонента зі списку натискаємо на нього і підтверджуємо . Інший спосіб - вибрати зі списку й перетягнути на робоче поле.

Якщо компоненти ще не було завантажено, зліва, в **Менеджері властивостей**, програма запропонує вибрати файл для вставки. Це може бути як окрема деталь, так і цілий складений вузол.

Обрати в меню **Почати збірку** деталі, що будуть використані при створенні складальної одиниці, натиснув кнопку **Огляд** і вказавши в вікні **Відкрити** необхідні деталі. Підтвердити свій вибір натисканням кнопки **Відкрити** (рис. 5.3).

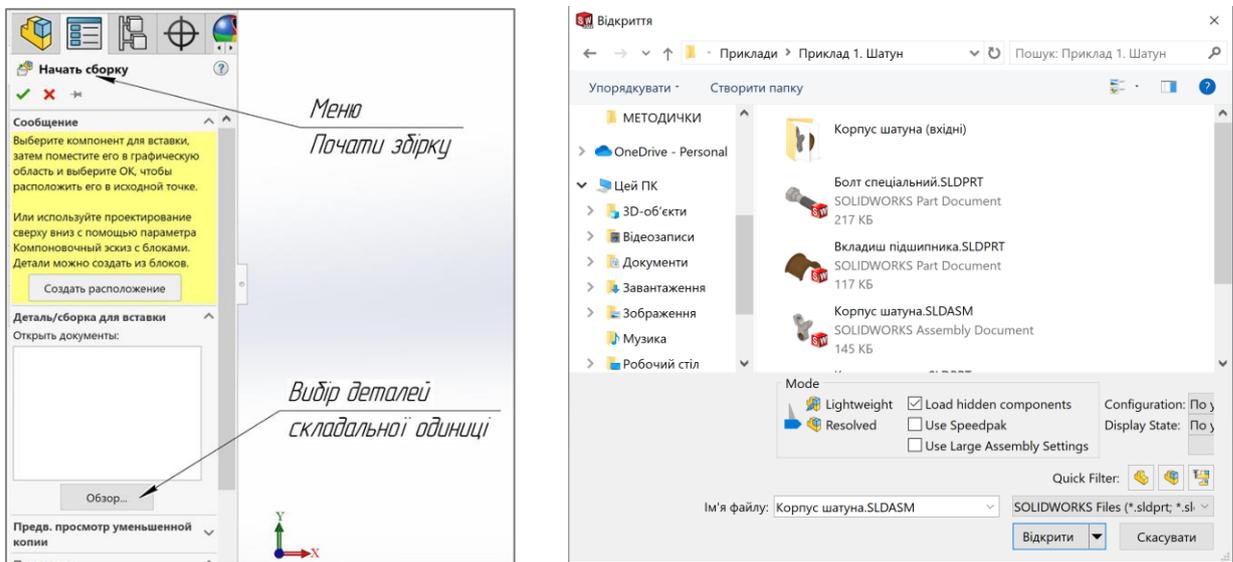


Рисунок 5.3 – Додавання компонентів збірки

Після того як перші необхідні компоненти додано натиснути  (рис. 5.4).

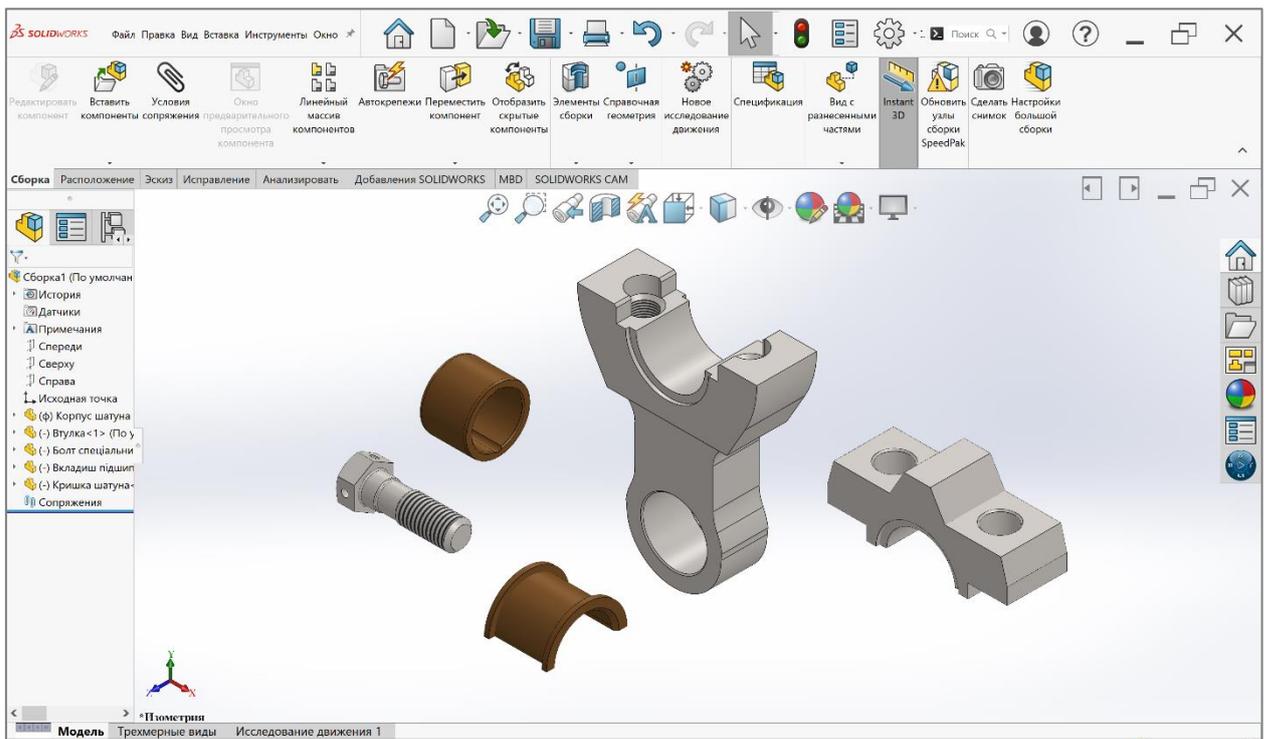


Рисунок 5.4 – Компоненти збірки

Зверніть увагу на зміни в інтерфейсі. В Диспетчері команд з'явилися дві нові вкладки: «Збірка» та «Розташування» (рис. 5.5). На цих вкладках відображаються команди для роботи зі збіркою.

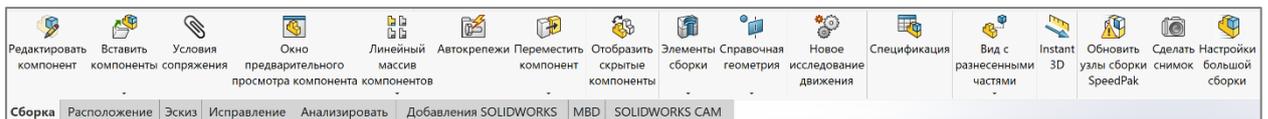


Рисунок 5.5 – Інструменти Збірки

Дерево конструювання також має інший вигляд. Замість елементів моделі, що відображувались, відображаються компоненти збірки (рис. 5.6). Зліва від кожного компоненту знаходиться стрілка, при натисканні на яку відкривається дерево конструювання самого компоненту. Далі йде умовне зображення компоненту: жовтим кольором відображаються деталі, блакитним – збірки.

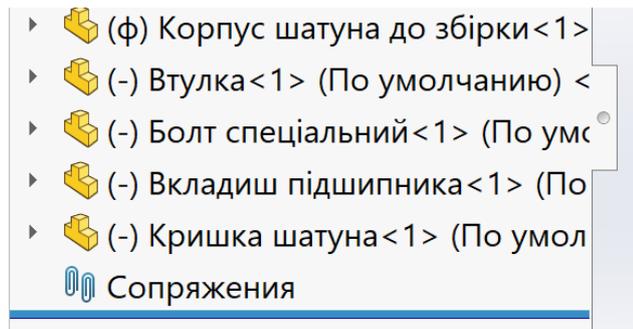


Рисунок 5.6 – Дерево конструювання в режимі Збірка

Потім слідує інформація о визначенні компонента: (ф) означає, що компонент зафіксовано та його положення в просторі визначено (неможливо перемістити); (-) означає, що деталь не зафіксована і її положення в просторі не визначено; (+) – перевизначено; (?) – не вирішено. Відсутність префіксу (-) означає, що положення компоненту повністю визначено (рис. 5.7).

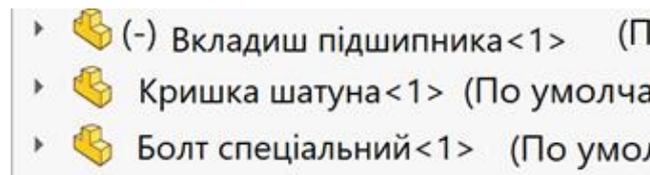


Рисунок 5.7 – Визначеність компонентів

Перша деталь збірки автоматично є зафіксованою. Зафіксувати або звільнити деталь можна, якщо клікнути правою кнопкою миші на назві деталі в **Дереві Конструювання**.

Далі йде ім'я деталі та порядковий номер. Це необхідно, щоб розрізняти однакові компоненти. Для даної збірки необхідно додати ще один болт спеціальний і другий вкладиш підшипника. Додавання однакових компонентів можна виконати за допомогою команди *Вставити компонент* на панелі Диспетчера задач Збірка, або копіюванням. Для цього треба затиснути клавішу **Ctrl** на клавіатурі й перетягнути на робоче поле. Також можна перетягнути компонент з Древа конструювання (рис. 5.8).

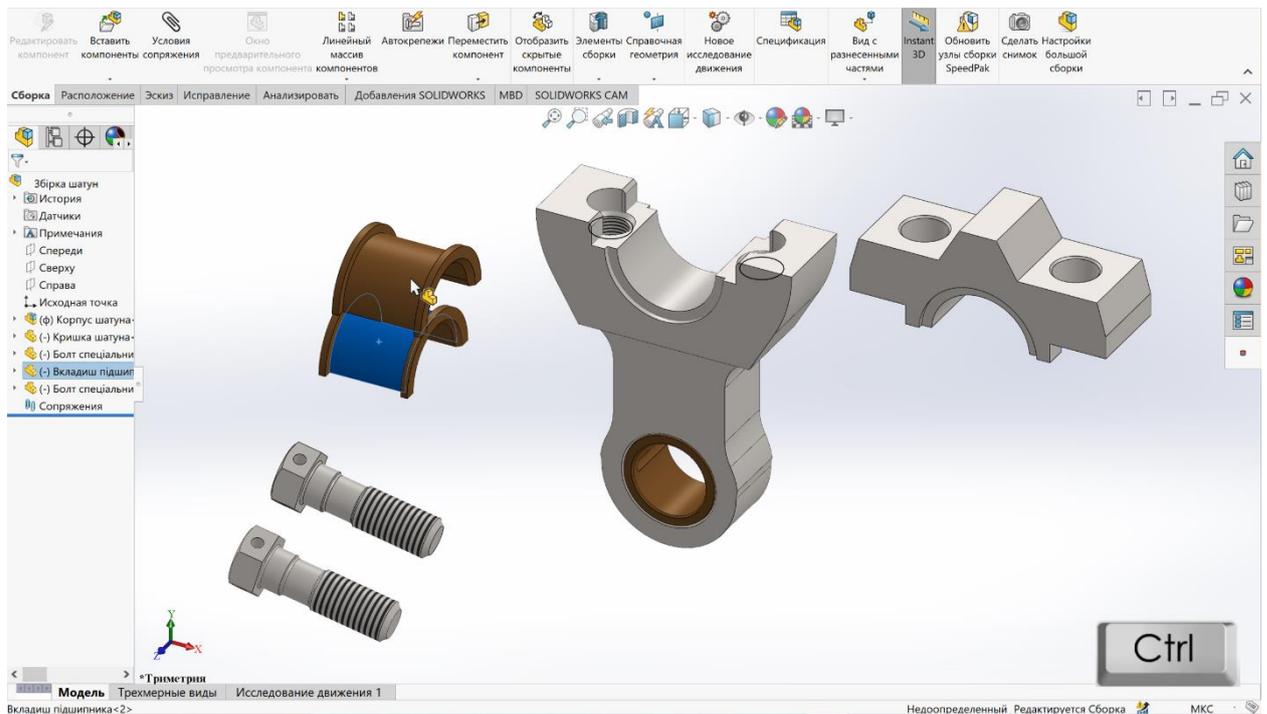


Рисунок 5.8 – Додавання однакових компонентів

Незафіксовані деталі в складальному просторі можна легко переміщувати, затиснувши ліву кнопку миші.

Обертати незафіксовані деталі можна якщо затиснути праву кнопку миші. Компоненти в збірці будуть переміщатися або обертатися тільки в межах степенів свободи, визначених сполученнями (зафіксовані та повністю визначені об'єкти змінювати своє положення не можуть).

### 5.3. Завдання умов сполучення

Щоб зібрати деталі в єдину конструкцію, потрібно задати умови сполучення – геометричні взаємозв'язки між компонентами збірки. При додаванні сполучень необхідно визначити допустимі напрямки лінійного або обертального руху компонентів. Послідовність, в якій додаються сполучення в групу, значення немає, всі пари розв'язуються одночасно. Для цього на панелі інструментів Збірка необхідно активізувати кнопку Умови сполучення  .

У загальному випадку для створення збірок можна використовувати наступні види сполучень, які розташовуються в розділі **Стандартні сполучення** (рис. 5.9).

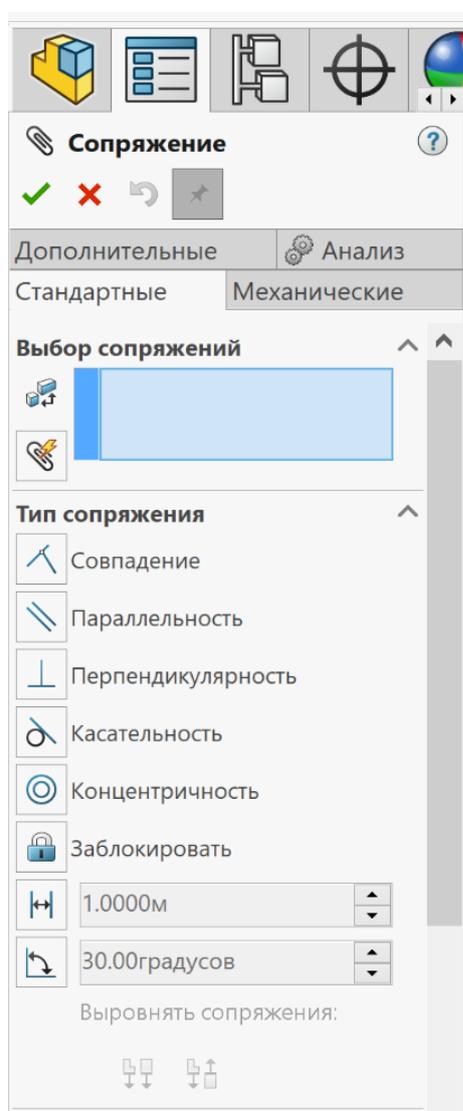


Рисунок 5.9 – Стандартні сполучення

 **Збіг** – елементи деталей (осі, кромки, поверхні, грані) збігаються на нескінченності;

 **Паралельність** – вказує на паралельне розташування граней, поверхонь, кромок або осей деталей;

 **Перпендикулярність** – обрані елементи розташовуються під кутом 90°;

 **Дотичність** – вказує на дотичність відзначених поверхонь, при цьому хоча б одна поверхня повинна бути неплоскою (сферична, циліндрична, конічна);

 **Концентричність** – забезпечує концентричне розташування циліндричних, конічних, сферичних поверхонь і кромок;

 **Заблокувати** – дозволяє прив'язати два компоненти збірки друг до друга, зберігаючи їх взаємне розташування й орієнтацію;

 **Відстань** – виділені поверхні, осі, кромки розташовуються на зазначеній відстані;

 **Кут** – виділені елементи розташовуються під деяким заданим кутом.

Стандартні сполучення застосовуються лише для стандартних поверхонь (площина, циліндр, конус і т.п.), а для більш складних потрібно використовувати додаткові сполучення.

Умови сполучення визначають взаємне розташування компонентів у збірці відносно один одного. Для додавання сполучення в **Диспетчері команд** перемикаємось на вкладку *Збірка, Умови сполучення* . Елементами сполучення можуть бути грані, кромки, вершини компонентів. Більшість сполучень виконуються між парою об'єктів. *Збіг* і *Концентричність* – два найбільш часто використовуваних типи сполучення.

Розглянемо додавання необхідних сполучень при побудові збірки шатуна. Почнемо з умови співпадіння кришки та корпусу шатуна. Вказуємо грані цих деталей (вони будуть підсвічуватись блакитним кольором) та обираємо тип сполучення *Збіг* (рис. 5.10). Тип сполучення можна обирати з контекстного меню, яке з'являється після виділення граней, або на Панелі властивостей. Обрані грані будуть розташовані в одній площині й з'являться в вікні вибору сполучень.

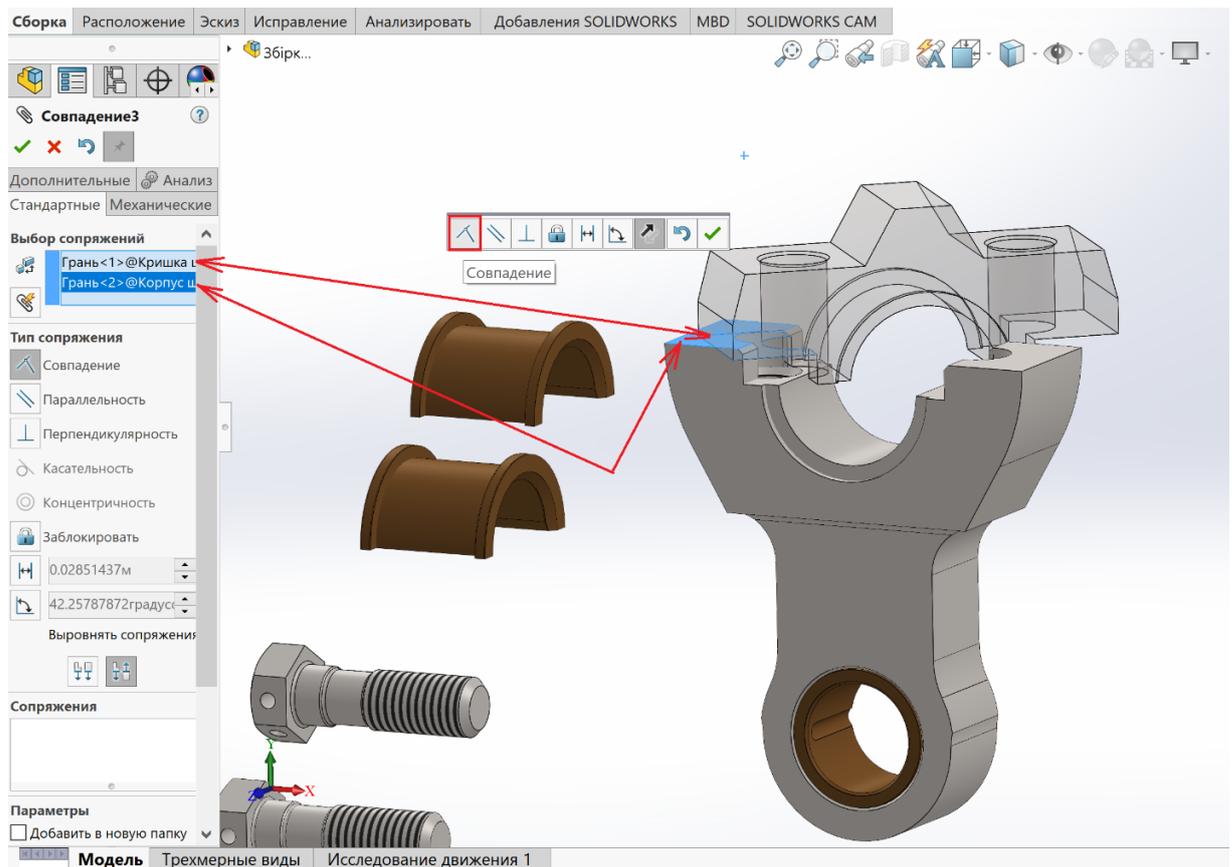


Рисунок 5.10 – Умова сполучення «Збіг»

Наступним кроком додаємо концентричність поверхонь. Для цього треба вказати на отвір в кришці шатуна й на відповідний отвір в корпусі шатуна (рис. 5.11).

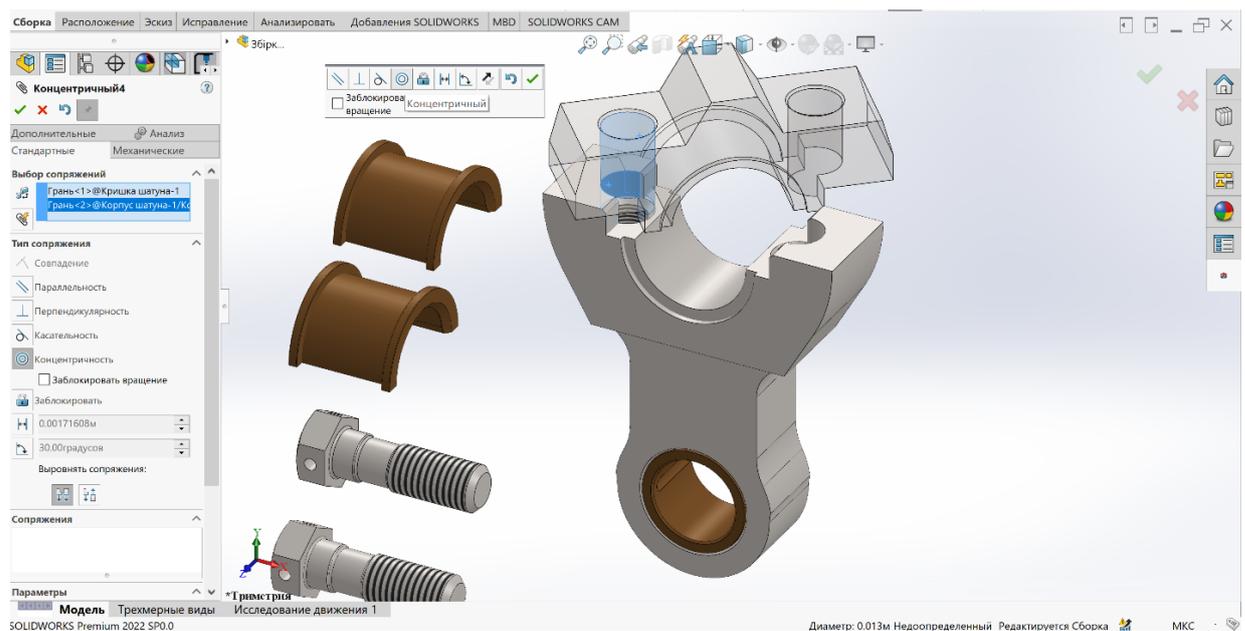


Рисунок 5.11 – Умова сполучення «Концентричність»

Тимчасово закриваємо вікно сполучень і спробуємо перемістити кришку шатуна. Бачимо, що у деталі залишилася одна степінь свободи – обертання навколо осі отвору (рис. 5.12). Для того, щоб повністю зафіксувати, необхідно додати паралельність торцевих поверхонь корпусу шатуна та кришки (рис. 5.13).

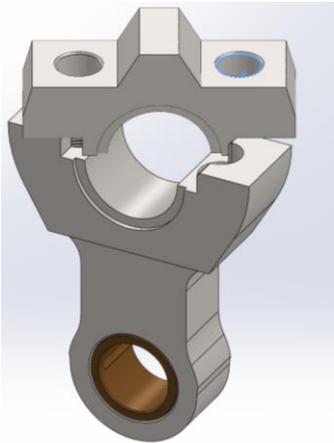


Рисунок 5.12

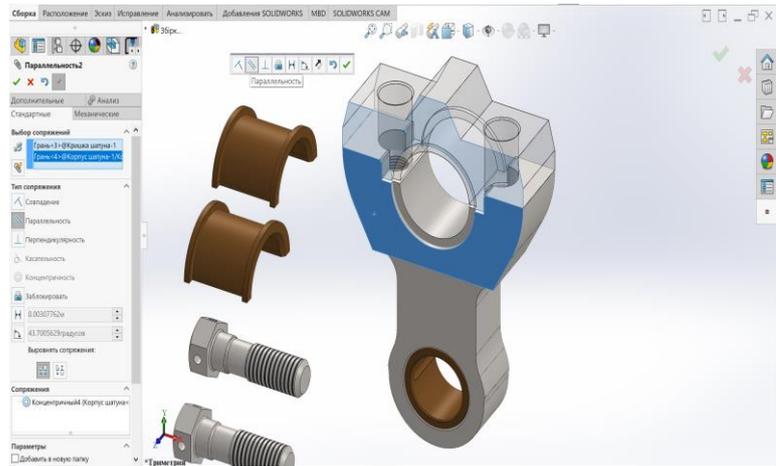


Рисунок 5.13 – Умова сполучення «Паралельність»

Наступним кроком з'єднаємо кришку з корпусом за допомогою болтів спеціальних. Накладаємо умови сполучень *Збіг* (рис. 5.14).

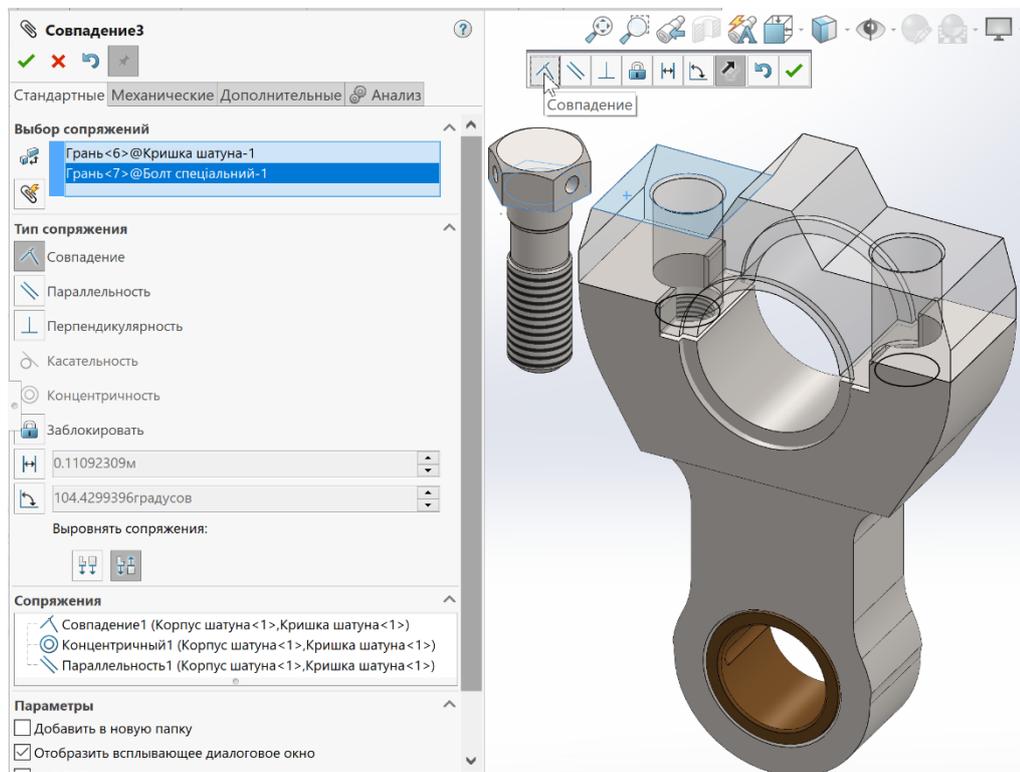


Рисунок 5.14 – Умова сполучення «Збіг»

Далі Концентричність (рис. 5.15).

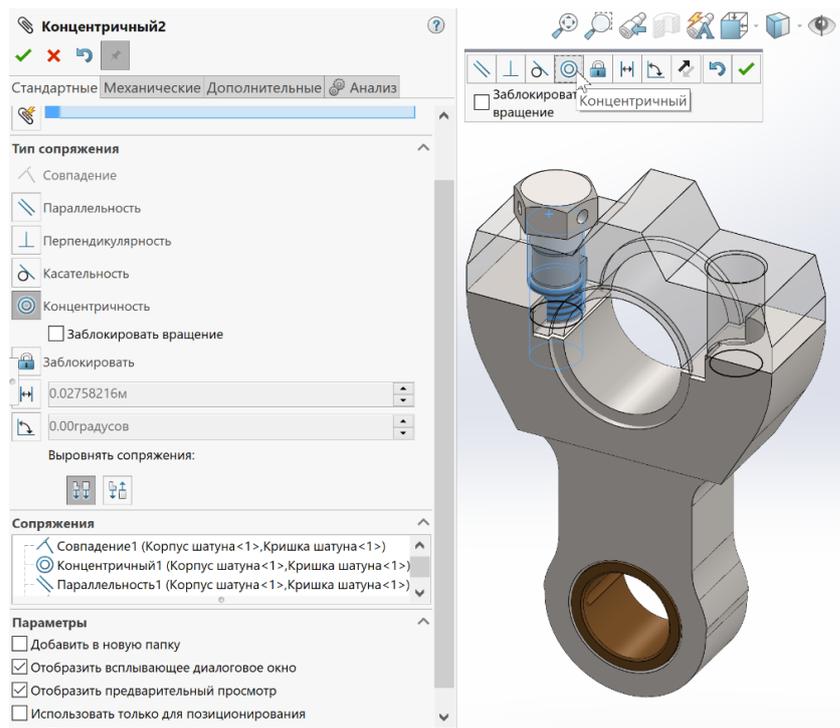


Рисунок 5.15 – Умова сполучення «Концентричність»

Наступна умова Паралельність, тому що болт не зафіксовано, його можна обертати. Для того, щоб повністю зафіксувати, необхідно додати паралельність торцевих поверхонь кришки та головки болта (рис. 5.16).

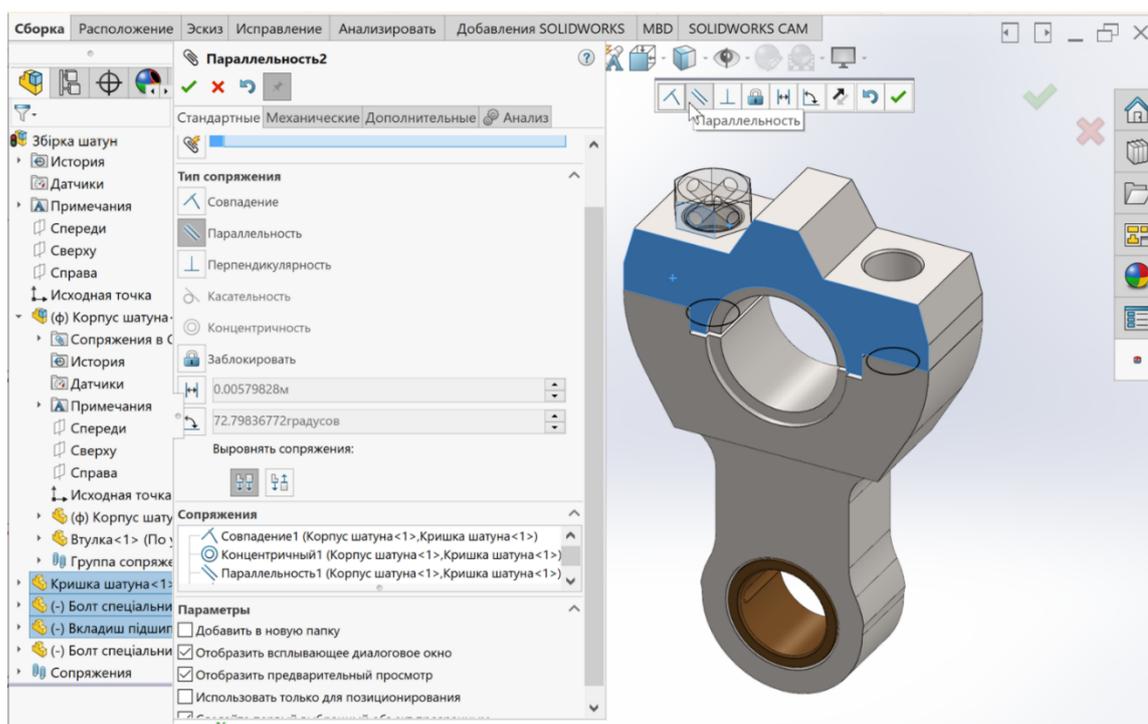


Рисунок 5.16 – Умова сполучення «Паралельність»

Аналогічно додаємо до збірки другий болт.

Далі сполучаємо вкладиш підшипника з корпусом. Умови сполучень які треба накласти на деталі це: *Концентричність*, *Збіг* та *Паралельність*.

Збірка готова (рис. 5.17). Правильність збірки перевіряється її визначеністю та відсутністю конфліктних сполучень.

В залежності від стану компонентів збірка може бути визначеною, недовизначеною, перевизначеною.

Збірка вважається **визначеною** якщо всі компоненти визначені й не мають конфліктів.

Збірка **недовизначена** якщо хоча б один з компонентів недовизначено.

Збірка **перевизначена** якщо хоча б один з компонентів перевизначено.

Стан **Збірки**, так само як і стан **Деталі** відображається в стрічці стану (рис. 5.17).

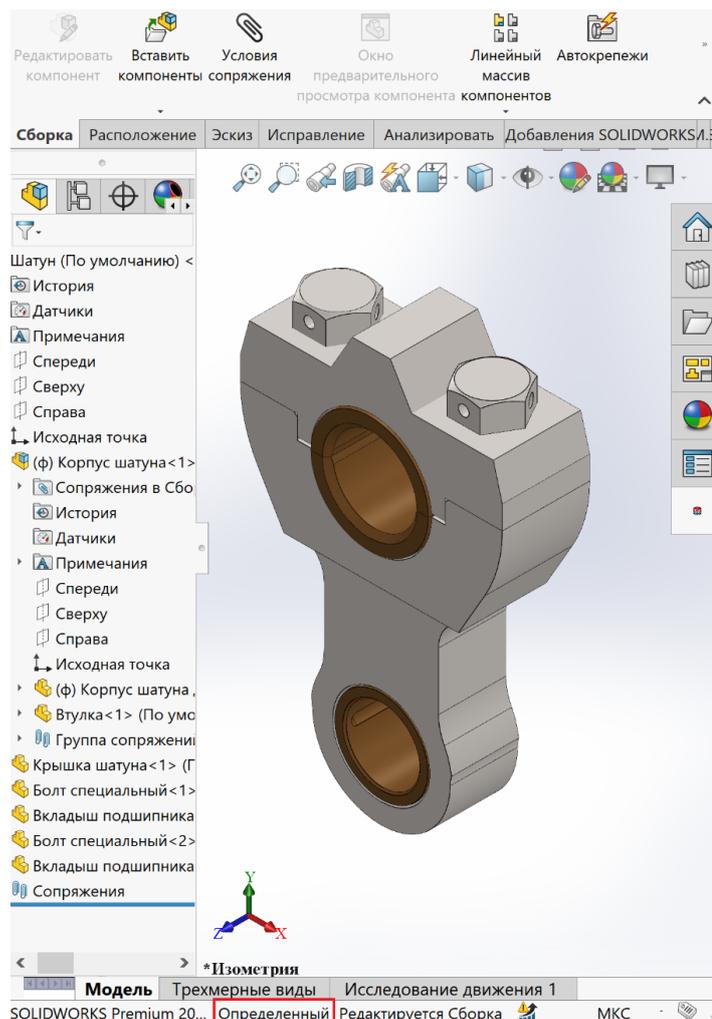


Рисунок 5.17 – Визначеність збірки

## 5.4. Інтерференція і конфлікти між компонентами в SolidWorks

Інтерференція і конфлікти між компонентами в SolidWorks виникають, коли деталі в збірці перетинаються або займають одне й те саме фізичне просторове положення, що є неприпустимим для коректного складання. Це може призвести до проблем під час виготовлення, монтажу або експлуатації виробу.

При використанні властивості **Стандартне переміщення** не враховується інтерференція об'єктів (можлива ситуація накладання об'єктів). Для вирішення такого завдання в SolidWorks реалізовані два параметра в режимі переміщення і обертання компонентів.

**Визначення конфліктів.** Найбільш часто використовувана функція даного параметра – обмеження руху обраного об'єкта при першому торканні з іншими елементами збірки (якщо встановлено прапорець **Зупинити при конфлікті**). Цей параметр корисний при перевірці можливості установки деталі в збірці.

У великих збірках буває важко візуально виявити місця перетину компонентів. Інструмент **Перевірка інтерференції** дозволяє знайти й показати такі перетини між компонентами. Після налаштування параметрів та вибору опцій потрібно натиснути кнопку **Обчислити**. Усі знайдені інтерференції будуть відображені в вікні **Результати**. Користувач може обрати конкретну інтерференцію зі списку, і в графічній області вона буде підсвічена червоним кольором.

## 5.5. Корисні поради при створенні збірки

1. Ретельно плануйте структуру збірки. Перед початком створення збірки важливо мати чітке уявлення про компоненти та їх взаємодію.

2. Використовуйте підзбірки. Якщо збірка містить велику кількість компонентів, поділіть її на підзбірки. Це допоможе зберегти порядок, спростить роботу з великою кількістю елементів і полегшить редагування.

3. Правильно встановлюйте сполучення (Mates). Уникайте зайвих сполучень або конфлікуючих. Так ви зменшите навантаження на обчислення та зробите збірку стабільнішою.

4. Контролюйте ступінь свободи. Регулярно перевіряйте, чи всі необхідні компоненти зафіксовані. Незакріплені частини можуть створювати проблеми під час переміщення збірки або підготовки креслеників.

5. Використовуйте інструмент **Перевірка інтерференції** (Interference Detection) для пошуку зіткнень між деталями. Це допоможе уникнути помилок перед виробництвом і забезпечить правильне збирання на практиці.

6. Використовуйте бібліотеку стандартних деталей SolidWorks Toolbox для швидкого додавання кріпильних виробів та інших елементів, таких як болти, гайки, підшипники тощо.

### **Питання для самостійної перевірки знань**

1. Способи виконання збірки. Чим вони відрізняються?
2. Як додати в файл збірки нову деталь?
3. Яким чином виконується копіювання вже доданого компонента збірки?
4. Як переміщувати незафіксовані компоненти по робочому полю?
5. Як можна дізнатися про визначеність компонента збірки?
6. Що таке умови сполучень?
7. Які існують умови сполучень? Навіщо їх застосовувати?
8. В якому випадку застосовують стандартні сполучення?
9. Де знаходиться інформація про стан збірки (визначеність)?
10. Які компоненти бібліотеки Toolbox доступні для використання?
11. Які інструменти дозволяють уникнути конфліктів при створенні збірки?

## 6. ДОДАТКОВІ ПРИЙОМИ РОБОТИ В СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

Знання додаткових прийомів роботи в SolidWorks може значно підвищити ефективність та продуктивність роботи.

### 6.1. Жести миші

Розглянемо інструмент жести миші, який буде корисним при побудові й прискорює процес роботи в SolidWorks.

Жести миші – це кругове меню (рис. 6.1), що з'являється при натисканні в робочому полі правою кнопкою миші й перетягуванні її в напрямку потрібного інструменту. Елементи керування будуть відрізнятися один від одного в залежності від типу робочого документа: «Деталь», «Збірка», «Кресленик», «Ескіз».

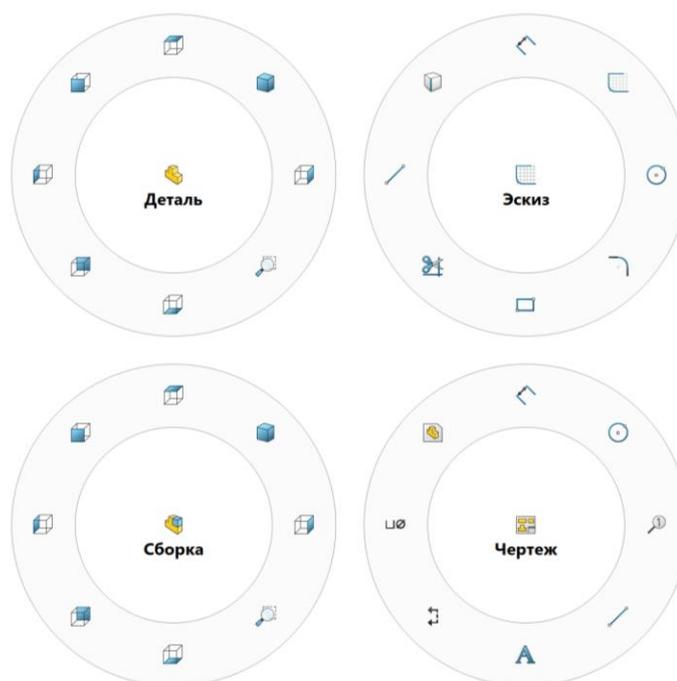


Рисунок 6.1 – Жести миші

Можна самостійно призначити інструменти, що будуть активні для того чи іншого типу документа. Для цього треба перейти до діалогового вікна *Параметри > Налаштування > Жести миші* (рис. 6.2).

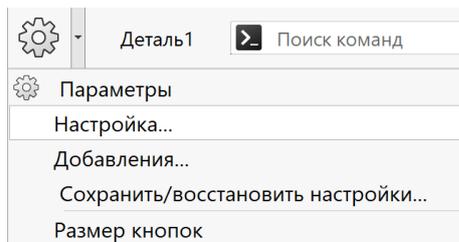


Рисунок 6.2 – Налаштування

В цьому вікні можна ввімкнути або вимкнути цей інструмент (рис. 6.3). Також можна обрати кількість жестів миші: 2-3-4-8-12. За замовчуванням обрано 4 жести. На рисунку 6.3 наведено приклад з 8 жестами. Також у цьому меню можна налаштувати, які інструменти будуть на штурвалі в тому чи іншому документі простим перетягуванням їх зі списку команд на відповідний штурвал.

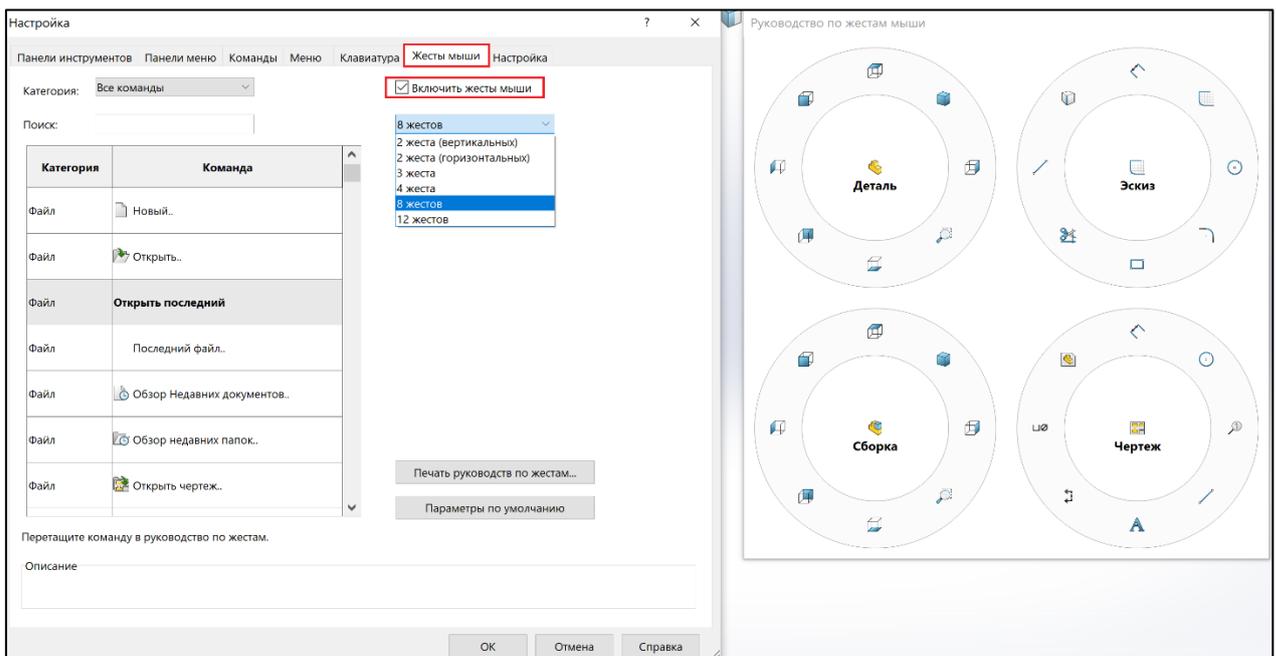


Рисунок 6.3 –Налаштування жестів миші

Буде виконано наступні дії:

- якщо перетягнути інструмент у порожнє положення, інструмент додається до списку жестів миші;

- якщо перетягнути інструмент у зайняте положення, він замінює інструмент у списку жестів миші;

– якщо перетягнути інструмент із одночасним натисканням клавіші **Ctrl** з одного положення у списку жестів миші в інше положення, він копіюється у друге положення.

Ця функція дозволяє вивести найчастіше використовувані команди та інструменти у швидкий доступ.

По закінченню налаштування натискаємо ОК.

## 6.2. Гарячі клавіші

Гарячі клавіші SolidWorks – це клавіші або комбінації клавіш швидкого доступу. Ознайомитись з переліком гарячих клавіш можна в діалоговому вікні *Налаштування > Клавіатура* (рис. 6.4).

Також можна створити свої гарячі клавіші.

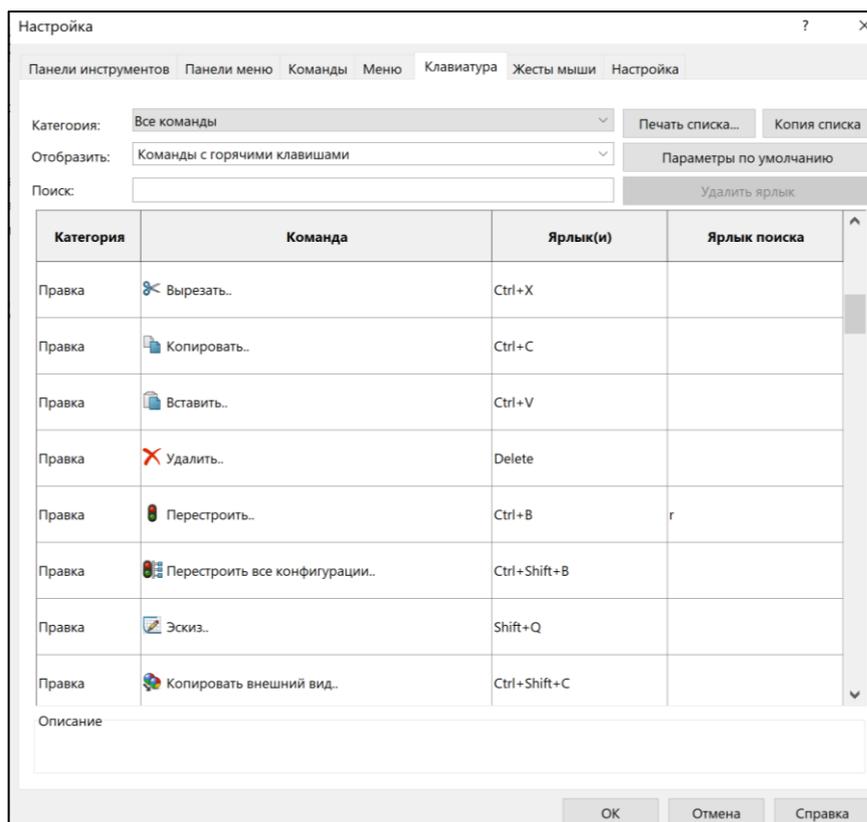


Рисунок 6.4 – Гарячі клавіші

## 6.3. Пошук команд через S-клавішу

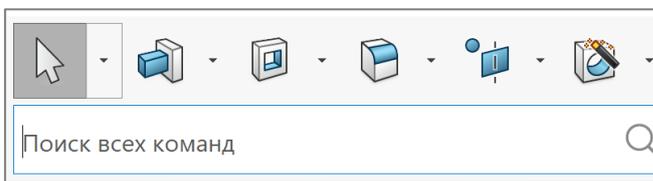
Натиснувши клавішу **S** на клавіатурі, відкривається панель швидкого доступу до найчастіше використовуваних інструментів. Ця панель

налаштовується, тож можна додати туди ті інструменти, які користувач використовує найчастіше, що зекономить час на їх пошук у меню.

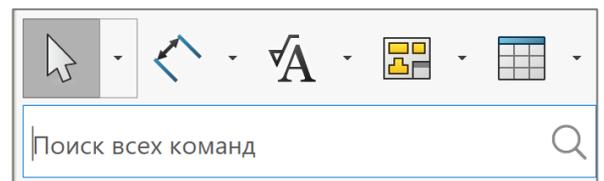
В залежності від активного документа ця панель виглядає по-різному. В режимі ескізу (рис. 6.5 а), в режимі деталь (рис. 6.5 б), в режимі кресленик (рис. 6.5 в).



а



б



в

Рисунок 6.5 – Пошук команд

#### 6.4. Динамічне дзеркальне відображення

Динамічне дзеркальне відображення (Dynamic Mirror) в програмі SolidWorks дозволяє миттєво відображати зміни, що внесені в одній половині ескізу, в протилежній половині. Це корисна функція, коли вам потрібно створити симетричний ескіз (рис. 6.6).

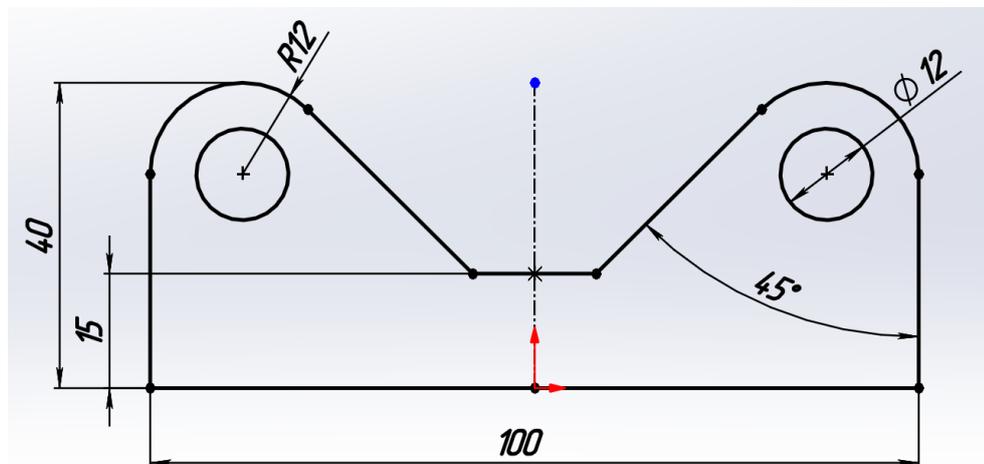


Рисунок 6.6 – Приклад симетричної деталі

Можна відображати ескізи щодо наступних елементів: осьові лінії, лінії, лінійні краї моделі, лінійні кромки на креслениках.

Під час малювання об'єктів вони відбиваються дзеркально щодо обраного раніше об'єкта ескізу.

Щоб скористатися динамічним дзеркальним відображенням потрібно:

1. В головному меню обрати **Інструменти** > **Інструменти ескізу** > **Динамічне відображення ескізу** (рис. 6.7).

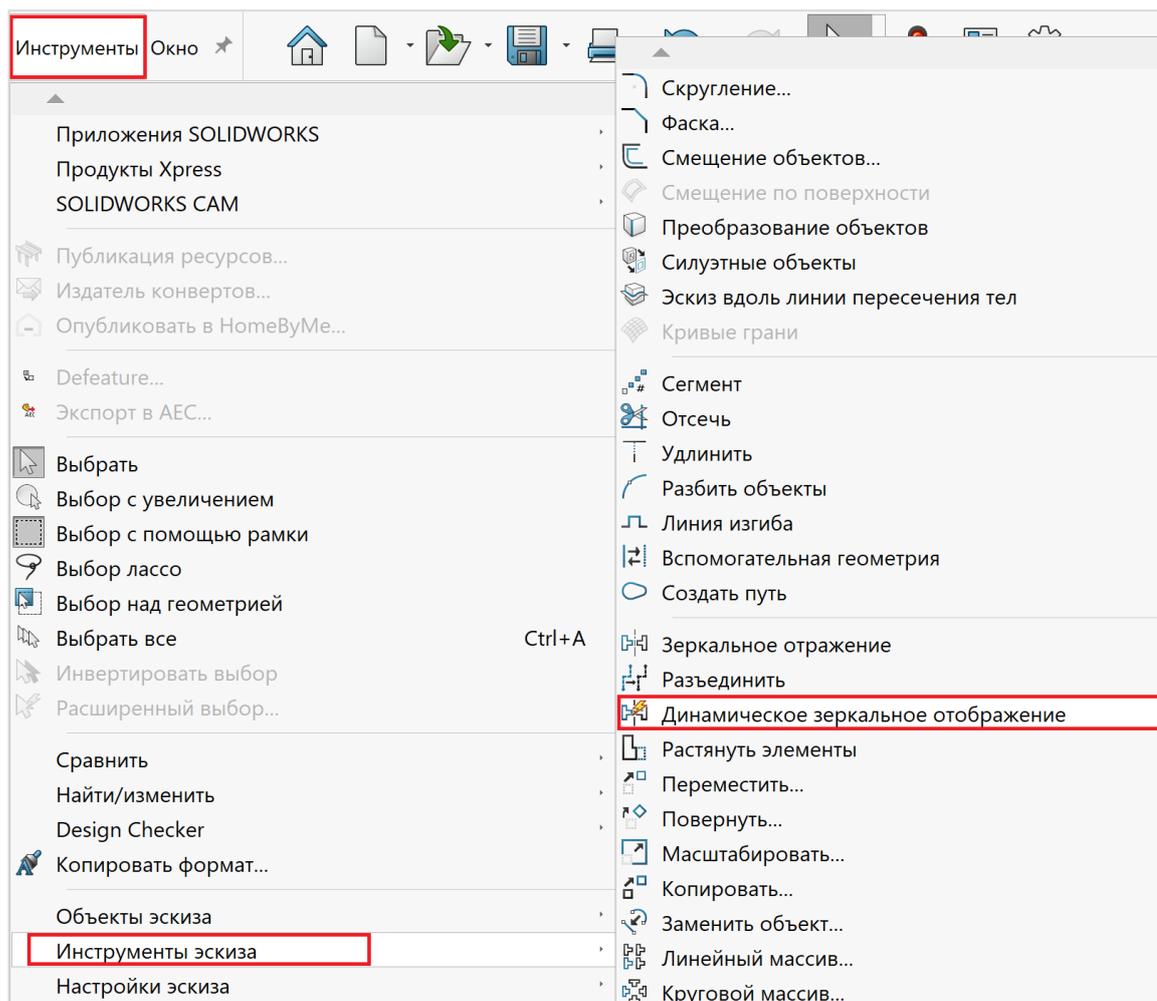


Рисунок 6.7 – Динамічне дзеркальне відображення

2. Обрати лінію або кромку моделі, відносно якої буде виконуватись динамічне відображення. В даному прикладі це ось симетрії (рис. 6.8).

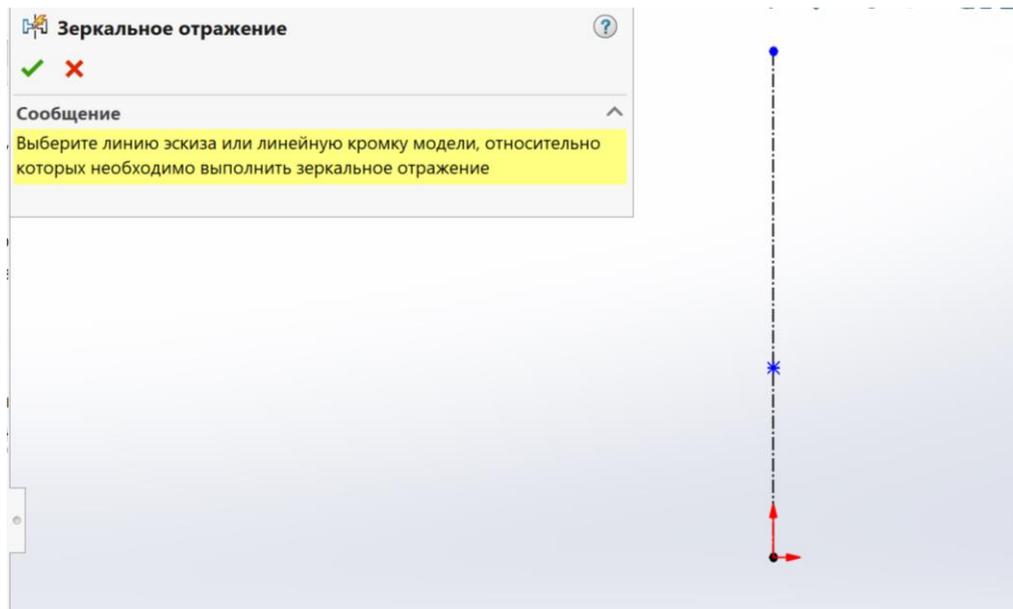


Рисунок 6.8 – Вибір осі симетрії для дзеркального відображення

3. Після активації цієї функції, будь-які елементи, що користувач малює або редагує в одній половині ескізу, автоматично відображаються у протилежній половині (рис. 6.9).

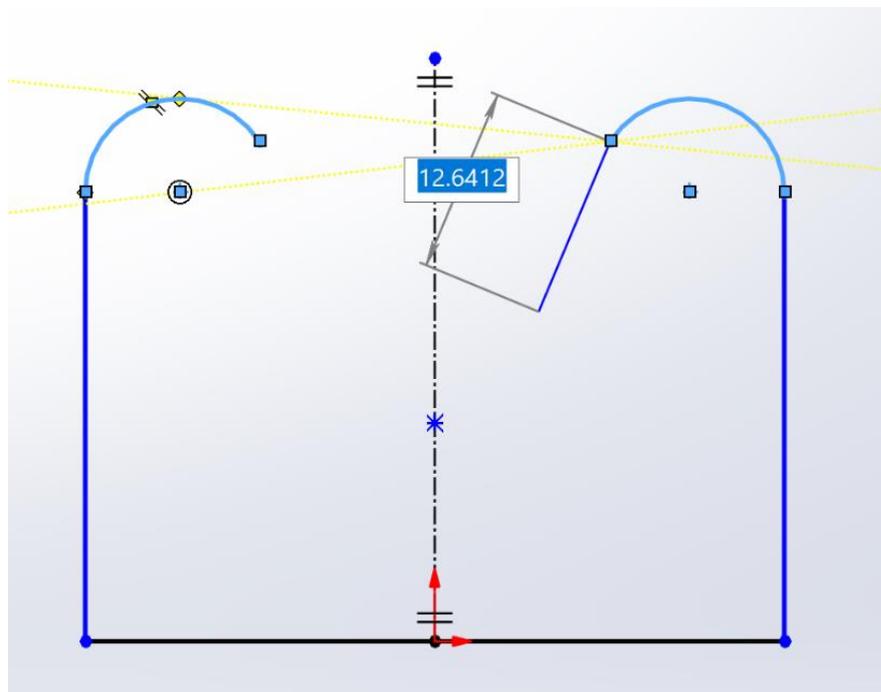


Рисунок 6.9 – Побудова симетричного ескізу

4. Вийти з режиму динамічного дзеркального відображення можна так само, як і заходили.

## 6.5 . Інструмент Instant 3D

Розглянемо ще один корисний інструмент **Instant 3D** . Він дозволяє швидко й інтуїтивно редагувати 3D-моделі без необхідності відкривати діалогові вікна для зміни розмірів або параметрів елементів, використовуючи маркери моделі. Зміни негайно відображаються на моделі, що дозволяє швидко оцінити результат і внести коригування. Цей інструмент значно спрощує і прискорює процес моделювання.

Для активації режиму переходимо на вкладку **Елементи** і вмикаємо команду **Instant 3D** . Обираємо ескіз деталі. В нашому прикладі це коло. Поруч з покажчиком миші з'явиться стрілка (рис. 6.10).

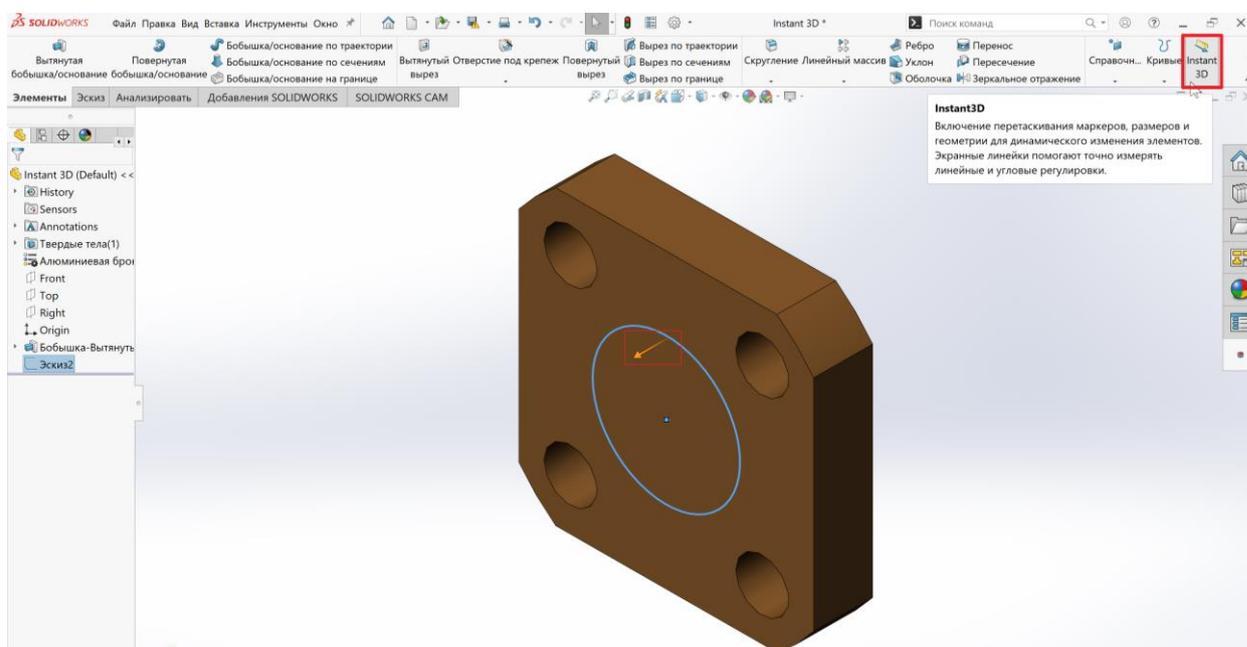
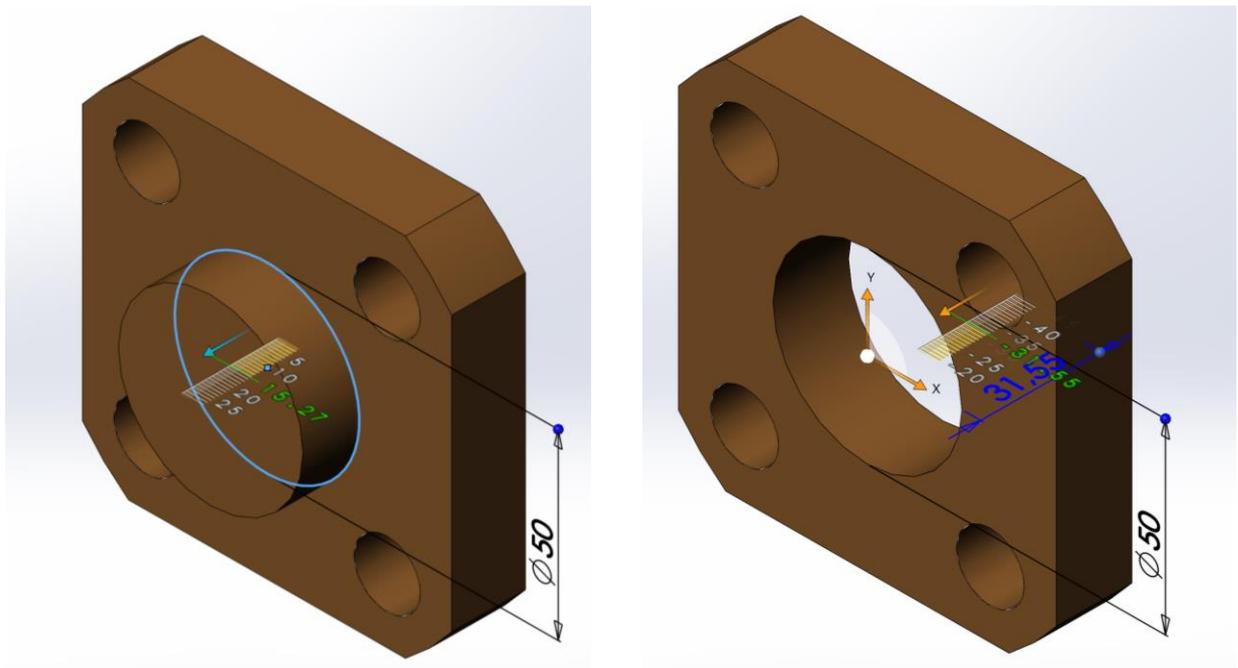


Рисунок 6.10 – Інструмент Instant 3D

Потягнувши за неї можна побудувати витягнуту бобишку (рис. 6.11 а), або витягнутий виріз (рис. 6.11 б) в залежності від напрямку витягування, не використовуючи відповідні інструменти. Зверніть увагу, що при створенні вирізу шкала поділів показує від'ємне значення.

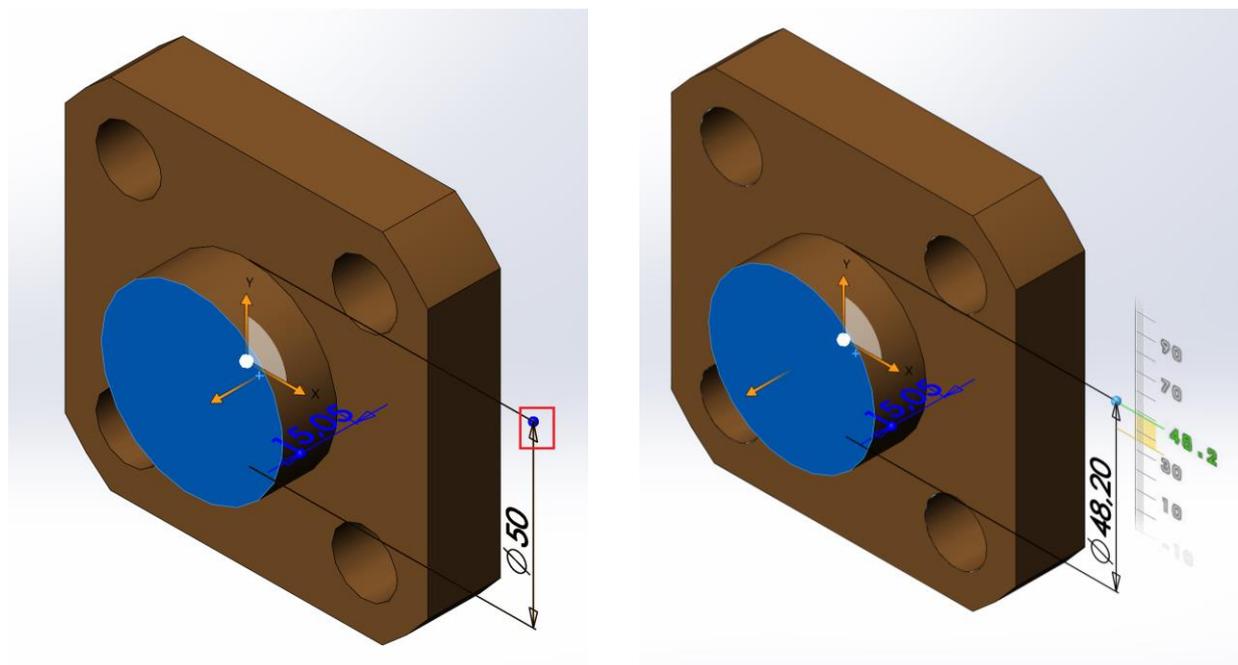


а

б

Рисунок 6.11 – Створення витягнутої бобишки або витягнутого вирізу

Таким способом можна корегувати не тільки глибину елемента, але й розміри самого ескізу. Для цього треба потягнути за точку поруч з однією зі стрілок розміру (рис. 6.12 а). Поруч побачите шкалу поділів (рис. 6.12 б).



а

б

Рисунок 6.12 – Корегування розмірів за допомогою Instant 3D

## 6.6. Перевірка елемента в ескізі

Інструмент *Перевірити елемент в ескізі* перевіряє ескізи на наявність помилок у контурі, які можуть зашкодити для створення елемента. Цей інструмент перевіряє наявність помилок, загальних для всіх видів контурів, і, якщо обрати тип елемента, він також перевірить на тип контуру, необхідного для конкретного типу елемента. Коли виявлено помилки, проблемна геометрія висвічується.

Наприклад, було побудовано ескіз й обрано елемент **Бобишка Витягнута**. Але SolidWorks видає помилку й повідомляє, що ескіз містить кілька незамкнених контурів (рис. 6.13).

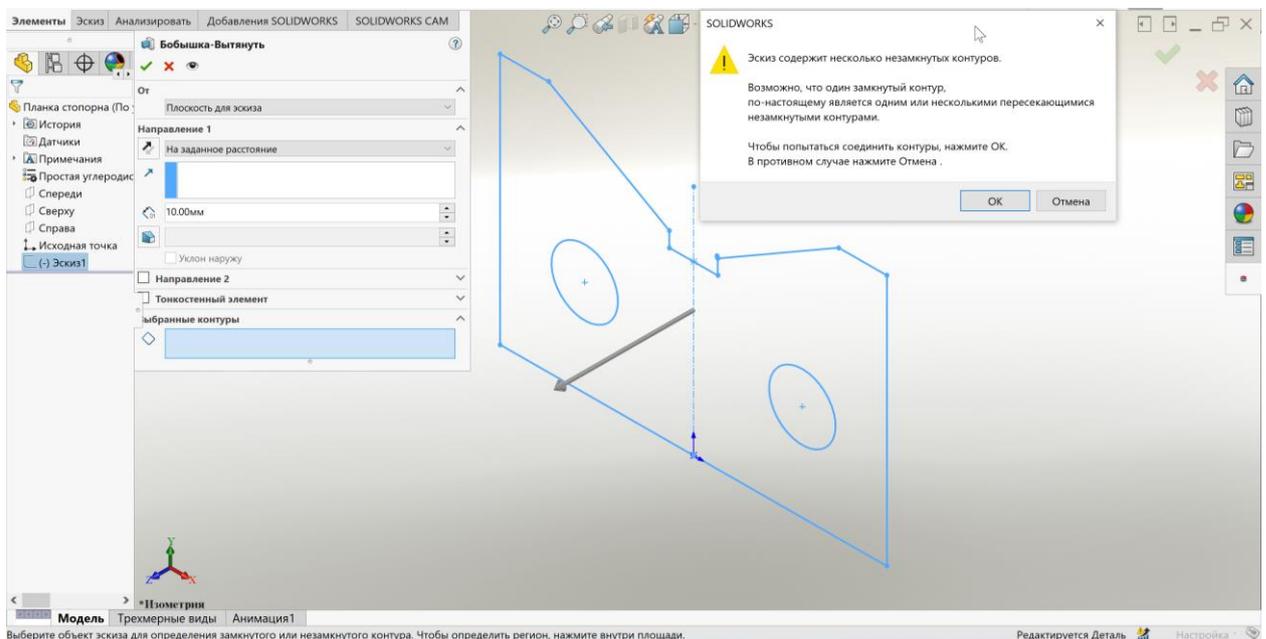


Рисунок 6.13 – Помилка при створенні елемента

Часто при швидкому створенні ескізу створюються короткі відрізки, так звані артефакти, що непомітні при звичайному масштабі деталі. Для того, щоб не витратити час на пошук помилки, повертаємось в режим редагування ескізу. Заходимо на панель головного меню *Інструменти* > *Інструменти ескізу* > *Чи відповідає ескіз елементу* (рис. 6.14).

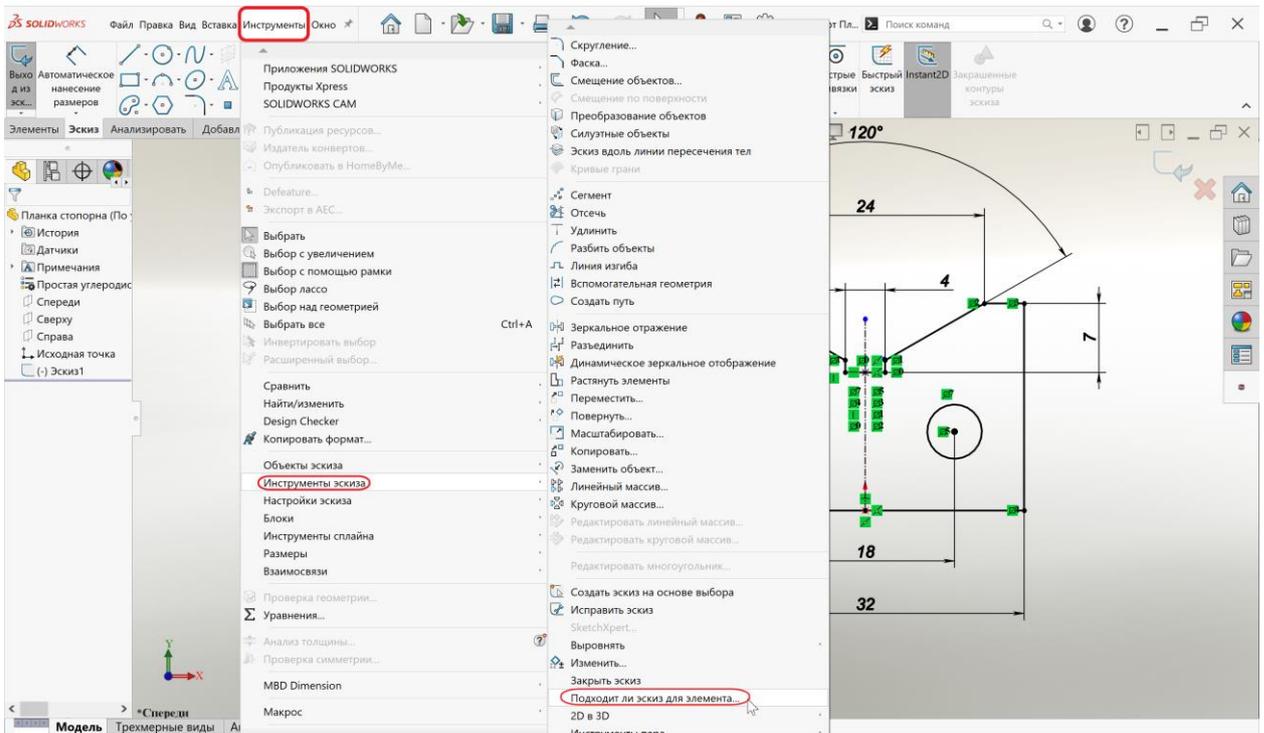
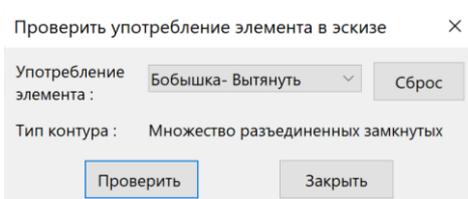
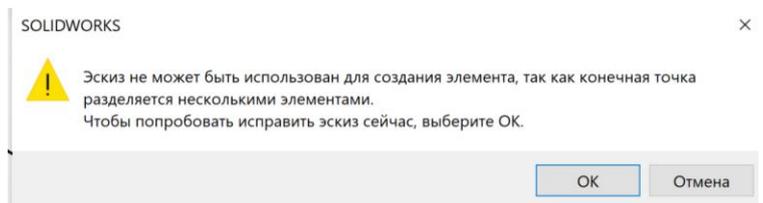


Рисунок 6.14 – Місце розташування функції перевірки ескізу

У вікні, що відкрилось обираємо *Застосування елемента > Бобышка Витягнути* (рис. 6.15 а). Натискаємо *Перевірити*. Далі на екрані з'являється повідомлення діагностики: ескіз не може бути використаний для створення елемента, оскільки кінцева точка розділяється кількома елементами (рис. 6.15 б). Натискаємо ОК і на екрані буде показано помилку: зайвий відрізок буде виділено блакитним кольором (або зеленим) в залежності від версії SolidWorks і обведено колом (рис. 6.16). Також буде описано проблему: три та більше сегментів контуру зустрічаються в цій точці.



а



б

Рисунок 6.15 – Перевірка ескізу на відповідність елементу

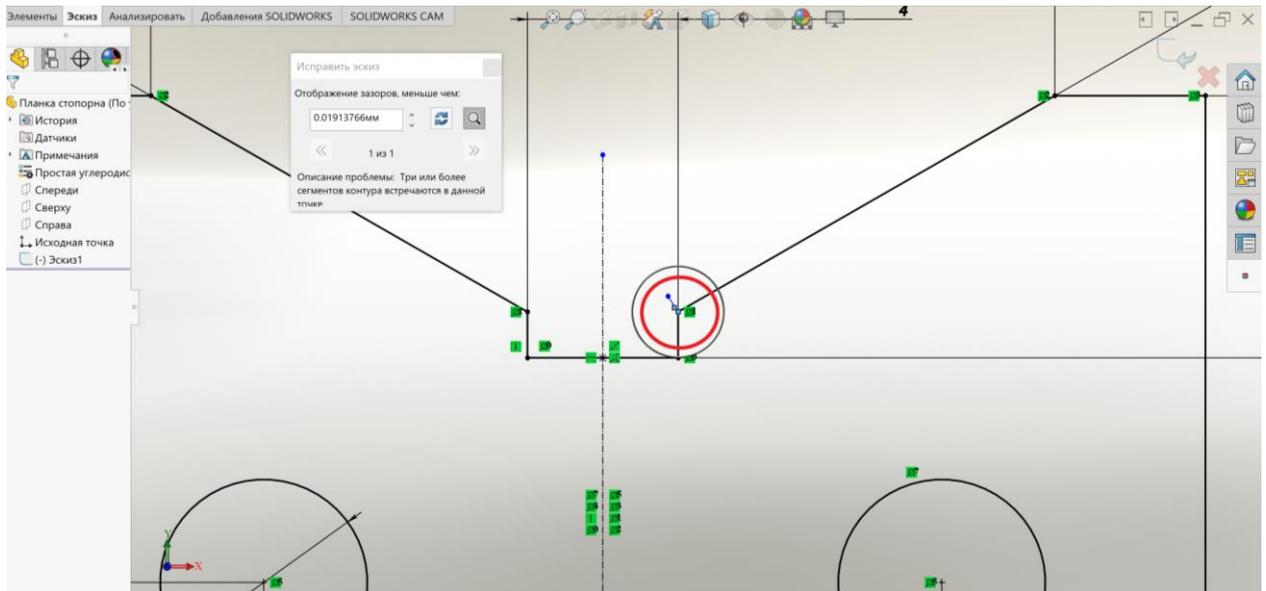


Рисунок 6.16 – Висвітлення помилки в побудові

Видаляємо підсвічену лінію і знову запускаємо перевірку. Тепер помилок немає. Система повідомляє, що помилок не знайдено. Можна виходити з ескізу й виконувати побудову елементу **Витягнута бобишка**.

## 6.7. Імпорт та експорт документів в SolidWorks

Імпорт та експорт документів в SolidWorks – важливі функції, які дозволяють інтегрувати SolidWorks з іншими програмами і забезпечувати обмін даними.

Імпорт документів дозволяє відкривати файли, створені в інших САПР-програмах, та працювати з ними в SolidWorks.

Експорт документів дозволяє зберігати файли SolidWorks у форматах, які можуть бути використані іншими САПР-програмами або для інших цілей.

SolidWorks надає широкі можливості взаємодії із різними додатками двовимірного і тривимірного проектування. Підтримувані формати перетворення даних із різних додатків для документів SolidWorks представлені у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Підтримувані формати перетворення даних для документів SolidWorks

Додатки	Деталі		Збірки		Кресленики	
	Імпорт	Експорт	Імпорт	Експорт	Імпорт	Експорт
ACIS (*.sat)	+	+	+			
Autodesk Inventor	+					
CADKEY(*.prt)	+		+			
Catia Graphics (*.cgr)	+	+	+	+		
DXF 3D (*.dxf)	+					
<b>DXF/DWG (*.dxf, *.dwg)</b>	+				+	+
eDrawing (*.eprt, *.easm, *.edrw)		+		+		+
HCG (*.hcg)		+		+		
HOOPS (*.hsf)		+		+		
IGES (*.igs, *.iges)	+	+	+	+		
<b>JPEG (*.Jpg)</b>		+		+		+
Mechanical Desktop (*.dxf, *.dwg)	+		+			
<b>Pro/Engineer (*.prt, *.xpr, *.asm, *.xas)</b>	+	+	+	+		
Solid Edge (*.par)	+					
STEP AP203/214(*.step, *.stp)	+	+	+	+		
STL(*.stl)		+		+		
TIFF(*.tif)	+	+	+	+		+
Unigraphics II (*.prt)	+		+			
VDAFS (*.vda)	+	+				
Viewpoint (*.mts)		+		+		
VRML(*.wrl)	+	+	+	+		
RealityWaveZGL(*.zgl)		+	+	+		

Порядок дій при імпорті документів із інших програм в SolidWorks схожий на порядок відкриття документа у цій програмі. Для прикладу імпортуємо документ у форматі AutoCAD (\*.dwg).

Спочатку треба запустити SolidWorks. Далі відкриваємо потрібний файл формату (\*.dwg) (рис. 6.17).

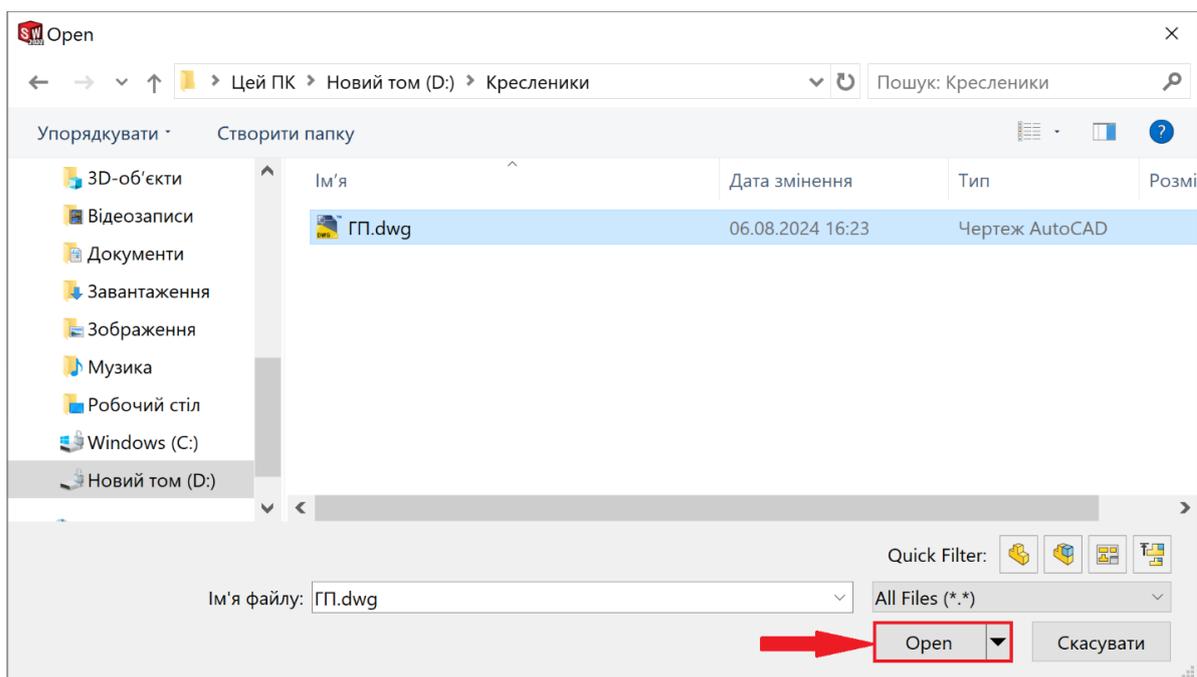


Рисунок 6.17 – Відкриття файлу

Перед користувачем з'явиться вікно імпорту файлів DXF/DWG (рис. 6.17), яке дозволяє вибрати метод відкриття файлу. У вікні, що відкрилося можна вибрати **Створити нове креслення, перетворити в об'єкти SolidWorks** і натиснути **Далі**.

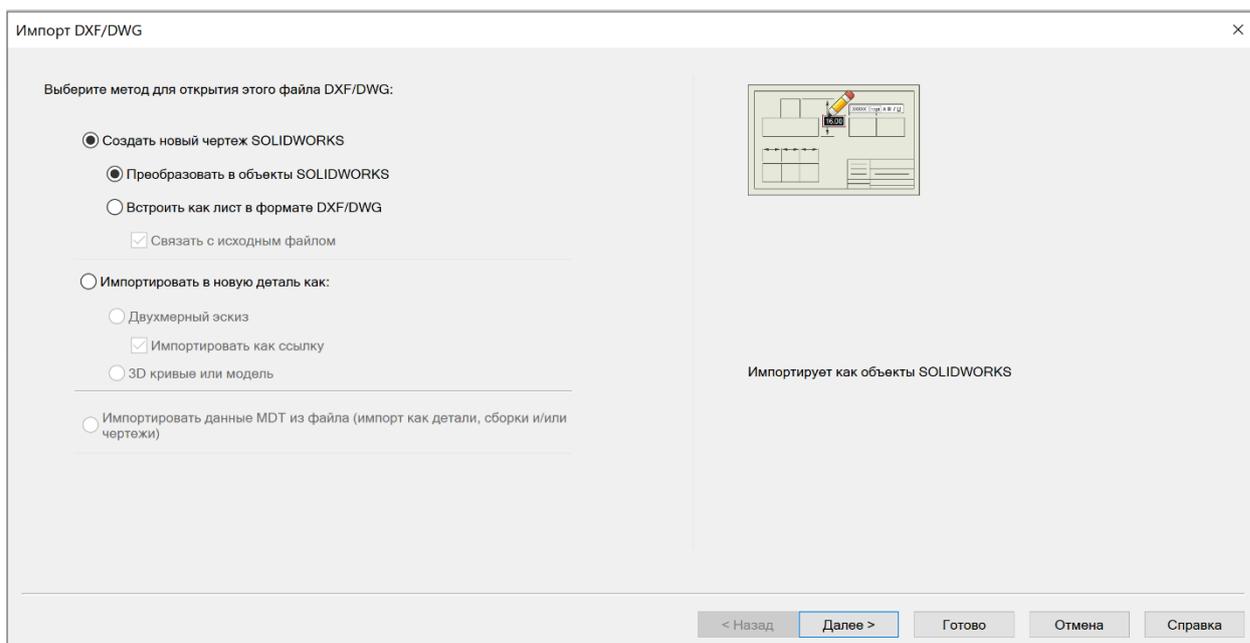


Рисунок 6.18 – Вікно імпорту файлів

У наступному вікні можна вибрати потрібні шари кресленника (рис. 6.19), далі встановити необхідні параметри кресленника (рис. 6.20) і натиснути **Готово**.

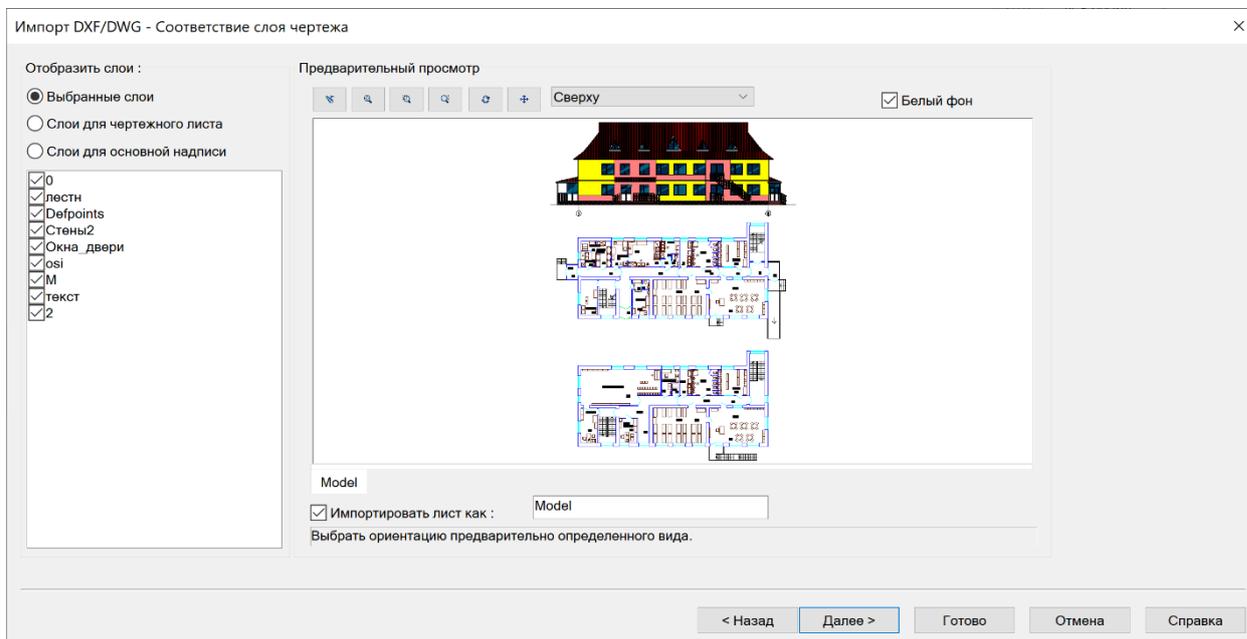


Рисунок 6.19 – Вибір шарів кресленника

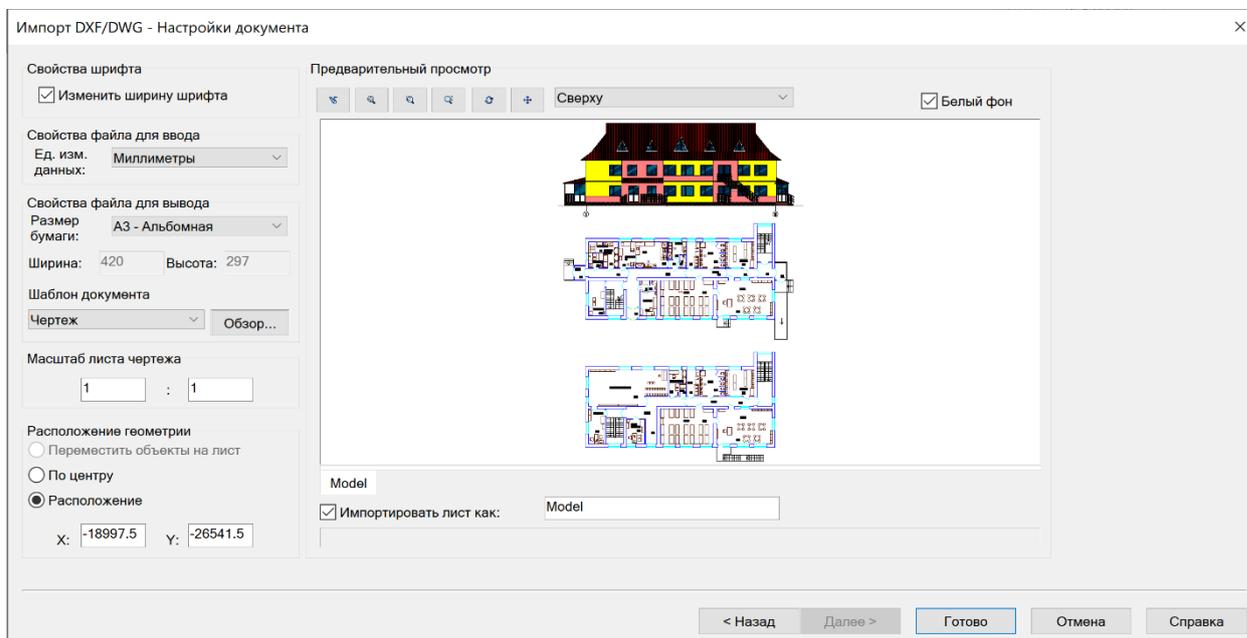


Рисунок 6.20 – Налаштування параметрів кресленника

SolidWorks відкриє потрібний документ, із яким далі можна працювати як зі звичайним документом цієї програми.

Порядок дій при експорті документів SolidWorks в інші формати схожий на процедуру збереження документа у цій програмі.

Щоб експортувати деталь або збірку треба перейти до меню **Файл > Зберегти як**. У вікні, що з'явиться, вибрати потрібний формат файлу зі списку **Тип файлу**. Найбільш поширені формати:

– **STEP (.step, .stp)** – для обміну 3D-моделями між різними САПР-програмами.

– **IGES (.iges, .igs)** – стандарт для 3D-моделей у промисловості.

– **STL (.stl)** – для 3D-друку або передачі даних у програми для аналізу і моделювання.

– **Parasolid (.x\_t, .x\_b)** – рідний формат SolidWorks для обміну 3D-даними з іншими системами на основі ядра Parasolid.

– **DXF/DWG (.dxf, .dwg)** – для обміну 2D-креслениками з програмами, як-от AutoCAD.

Після вибору типу файлу обрати місце збереження та натиснути **Зберегти**.

Деякі формати, такі як **STL**, дозволяють налаштувати якість експорту. Перед збереженням можна вказати ступінь деталізації (точність сітки) для експорту моделей, що важливо для 3D-друку або аналізу.

Для цього вибрати **Параметри (Options)** у вікні збереження та налаштувати потрібні параметри (висота трикутника, допуск і т. д.).

Якщо потрібно зберегти модель або кресленик як зображення (для презентацій або документації), можна використовувати формати, такі як **JPEG (.jpg)** або **PNG (.png)**. Зверніть увагу, що при збереженні файлу в таких форматах буде збережена тільки та частина кресленика, яка відображається в графічній області. Усі елементи, що знаходяться поза межами видимого екрану, не потраплять у збережене зображення.

Отже, застосування розглянутих додаткових прийомів дозволяє працювати в SolidWorks більш ефективно та зручно. Використовуйте

налаштування під себе, автоматизуйте процеси та оптимізуйте робочий процес, щоб зекономити час.

### **Питання для самостійної перевірки знань**

1. Як активізувати інструмент жести миші?
2. Як налаштувати інструмент жести миші?
3. Які гарячі клавіші для роботи в SolidWorks вам відомі?
4. Як можна швидко перейти до пошуку команд?
5. В якому випадку застосування інструменту динамічне дзеркальне відображення буде корисним?
6. Інструмент Instant 3D.
7. За допомогою якого інструменту можна перевірити ескіз на наявність помилок для побудови того чи іншого елемента?
8. Як імпортувати файл в SolidWorks?
9. Як експортувати файл в формат JPEG? Яка особливість збереження в цьому форматі
10. Як відбувається експорт файлу в STL формат?

## Предметний покажчик

### І

Instant 3D, 5, 117, 118, 126

### А

Автоматичне нанесення розмірів,  
38

Асоціативні кресленики, 82

### Б

Бобишка/основа по перетинах, 71,  
73, 74, 81

Бобишка/основа по траєкторії, 4,  
63, 69, 70, 71, 81

### В

Взаємозв'язки, 3, 33, 41, 51, 61

Визначеність ескізу, 3, 39

Витягнута бобишка/основа, 62

Відсікти об'єкти, 51

### Г

Гарячі клавіші, 5, 113

Головне меню, 9

Графічна область, 9

### Д

Дерево конструювання, 3, 11, 12,  
14, 15, 27, 100, 101

Деталь, 8, 12, 20, 28, 32, 54, 62, 64,  
67, 76, 87, 89, 96, 99, 101, 110, 114,  
125

Диспетчер команд, 3, 16

### Е

Експорт документів, 121

Елементи, 3, 9, 16, 20, 33, 43, 44, 45,  
61, 62, 71, 73, 94, 111, 117

Ескіз, 3, 16, 24, 28, 29, 30, 34, 38,  
42, 61, 68, 71, 73, 90, 93, 111

### Ж

Жести миші, 5, 111

### З

Збірка, 8, 108, 109

Зміщення об'єктів, 52, 53

### І

Імпорт документів, 121

### К

Контекстне меню, 3, 17

Копіювання, 59, 61

Кресленик, 8, 9, 23, 82, 83, 84, 95,  
96, 114, 125

### Л

Лінії формування, 33

Лінія, 34, 44

Логотип програми, 8

### М

Масив ескізу, 55

Менеджер властивостей, 3, 11, 15,  
42, 83, 87

## **О**

Орієнтація виду, 18, 19

## **П**

Панель задач, 3, 22

Повернута бобишка/основа, 4, 62,  
67, 68, 69, 81

Початкова точка, 29

Пошук команд, 5, 113, 114

Прив'язки, 33

## **Р**

Розріз, 88, 93

## **С**

Сплайн, 36

Сполучення, 4, 102, 103, 104, 105,  
106, 107, 110

Стиль відображення, 19

## Література

1. Dassault System SolidWorks. URL: <https://help.solidworks.com/>
2. Козяр М.М., Фещук Ю.В., Парфенюк О.В. Комп'ютерна графіка: SolidWorks: навч. посіб. Херсон: Олді-плюс, 2018. 252 с.
3. Методичні вказівки до виконання лабораторних і практичних робіт з курсу «Основи моделювання процесів в обробці тиском» для студентів освітньої програми «Прикладна механіка» денної і заочної форми навчання. А. О. Окунь, С. О. Губський, В. Л. Чухліб, А. В. Ашкелянєць, О. А. Юрченко. Харків: НТУ «ХП», 2021. 88 с.
4. Сухарькова О.І., Куценко Л.М., Назаренко С.Ю., Калиновський А.Я., Савельєв Д.І. Комп'ютерна графіка. Практикум. Харків: НУЦЗУ, 2024. 105 с.
5. Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Клак Ю.В. Інженерна графіка в SolidWorks: навч. посіб. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с.
6. ДСТУ ISO 128-30:2005 «Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 30. Основні положення про види». [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2006. 8 с.
7. ДСТУ ISO 128-40:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 40. Основні положення про розрізи та перерізи (ISO 128-40:2001, IDT). [Чинний від 2007-04-01]. Вид. офіц. Київ, 2007. 6 с.
8. ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 Єдина система конструкторської документації. Нанесення розмірів і граничних відхилів). [Чинний від 2014-09-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 39 с.
9. Bethune J.D., Brown N. Engineering Design and Graphics with SolidWorks 2023/ J.D. Bethune // Longman (Pearson Education), 2024. 784 p.
10. Randy H. Shih Paul J. Schilling. Parametric Modeling with SOLIDWORKS 2023. SDC Publications, 2023. 614 p.

