


**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

**СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ  
МЕХАТРОННИМИ КОМПЛЕКСАМИ:**

**методичні рекомендації  
до виконання практичних робіт**

Запоріжжя 2024



УДК 681.5:004.9(072)  
С34

Рекомендовано Науково-методичною радою  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
(протокол № 8 від 12.07.2024 р)

**Укладачі:**

Голотюк М. В., канд. техн. наук, доцент,  
Налобіна О. О., докт. техн. наук., професор,  
Бундза О. З., канд. техн. наук, доцент.

С34 Системи управління мехатронними комплексами : методичні  
рекомендації до виконання практичних робіт / уклад.:  
М. В. Голотюк, О. О. Налобіна, О. З. Бундза. Запоріжжя :  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»,  
2024. 51 с.

У методичних рекомендаціях наведено поради і методичні підходи до виконання практичних робіт, які виконуються в процесі вивчення дисципліни. Матеріал містить короткі теоретичні викладки за тематикою роботи, завдання для її виконання, порядок оформлення звіту та питання для підготовки до її захисту.

УДК 681.5:004.9(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТИНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024

## Зміст

Вступ .....	4
Правила виконання практичних робіт .....	4
Загальні вказівки щодо оформлення звіту та критерії оцінювання	4
Практична робота № 1. Знайомство з SolidWorks. Загальні принципи тривимірного проектування виробів у SolidWorks .....	6
Практична робота № 2. Виконня креслення плоскої деталі зі спряженнями .....	26
Практична робота № 3. Виконання креслення деталі з циліндричними та конічними поверхнями за двома проекціями .....	26
Практична робота № 4. Виконання креслення деталі з циліндричними поверхнями та ребрами жорсткості за двома проекціями ...	27
Практична робота № 5. Виконання креслення деталі з циліндричними та конічними поверхнями за її ізометричною моделлю .....	28
Практична робота № 6. Ознайомлення з 3D моделюванням в CAD системах .....	28
Практична робота № 7. Виконання 3D моделі деталі типу “вал” .	29
Практична робота № 8. Виконання 3D моделі деталі з плоскими гранями за двома проекціями .....	29
Практична робота № 9. Виконання 3D моделі деталі з плоскими гранями за її ізометричною моделлю .....	30
Практична робота № 10. Виконання 3D моделі деталі з циліндричними та конічними поверхнями за двома проекціями.....	30
Практична робота № 11. Виконання 3D моделі деталі з циліндричними та конічними поверхнями за її ізометричною моделлю.....	31
Практична робота № 12. Виконання 3D моделі деталі з циліндричними поверхнями та ребрами жорсткості за двома проекціями ...	31
Література .....	33
Додатки .....	34



## **ВСТУП**

Системи управління мехатронними комплексами - дисципліна, яка сприяє формуванню у студентів навичок створювати та удосконалювати технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування; критичного осмислення передових для галузевого машинобудування наукових фактів, концепцій, теорій, принципів та здатність їх застосовувати для розв'язання складних задач галузевого машинобудування і забезпечення сталого розвитку; створювати нові техніку і технології в галузі механічної інженерії; проектувати і використовувати техніку з комп'ютерним управлінням.

Дисципліна є фундаментальною та орієнтована на вивчення методів вирішення науково-технічних задач в галузі машинобудування з використанням сучасних методів автоматизації виробництва. Також формує здатність проектувати, створювати, експлуатувати мехатронні та робототехнічні системи.

Набуті знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі створення мехатронних і робототехнічних систем, дозволять виконати дослідження в рамках виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

### **Правила виконання практичних робіт**

1. Практичні роботи виконуються згідно із затвердженим семестровим графіком, який викладається в Moodle.
2. Звіт про виконання роботи в обов'язковому порядку завантажується в систему Moodle в розділі відповідного курсу.
3. При захисті роботи студент зобов'язаний знати основні теоретичні положення за даною роботою.

### **Загальні вказівки щодо оформлення звіту та критерії оцінювання**

Звіт повинен містити найменування та мету даної роботи, виконані розрахунки, за потреби висновки і практичні рекомендації.

Практичні роботи здобувачами виконуються за допомогою обчислювальної техніки, в середовищі SolidWorks. Результатом виконання практичної роботи є оформлений за вимогами та зданий звіт. Максимальна кількість балів, яку здобувач може отримати за виконання кожної практичної роботи – 5.

Критерії оцінювання та вимоги до оформлення звітів

Кількість балів	Критерій оцінювання
5	Здобувач(ка) працював(ла) на практичних заняттях, приймав(ла) активну участь у виконанні завдання, виконав(ла) роботу в повному обсязі за своїм варіантом та завантажив(ла) оформлений відповідно до вимог звіт в Moodle згідно з семестровим графіком (до наступного заняття)
4	Здобувач(ка) працював(ла) на практичних заняттях, виконав(ла) роботу в повному обсязі за своїм варіантом та завантажив(ла) оформлений відповідно до вимог звіт в Moodle згідно з семестровим графіком (до наступного заняття), але припустив(ла)ся незначних помилок в програмі
3	Здобувач(ка) не працював(ла) на практичних заняттях, повністю виконав(ла) завдання та завантажив(ла) звітні матеріали відповідно до методичних рекомендацій в Moodle пізніше терміну вказаного у семестровому графіку
2-1	Здобувач(ка) не працював(ла) на практичних заняттях, частково або з суттєвими помилками виконав(ла) завдання та завантажив(ла) звітні матеріали в Moodle пізніше терміну вказаного у семестровому графіку
0	Здобувач(ка) був(ла) відсутня на практичних заняттях та не завантажив(ла) звіт (сертифікат) в Moodle



## Практична робота № 1 Знайомство з SolidWorks.

### Загальні принципи тривимірного проектування виробів у SolidWorks

**Мета роботи** - вивчення загальних принципів побудови тривимірних моделей деталей і збірок у системі автоматизованого проектування SolidWorks.

#### Особливості інтерфейсу SolidWorks

Інтерфейс SolidWorks відповідає звичному графічному інтерфейсу програм сімейства Windows Microsoft. Стандартні функції Windows забезпечують роботу з файлами (створення, відкриття, збереження тощо). Друк ескізів, 3D-моделей з екрана і креслень у SolidWorks здійснюється на будь-який пристрій графічного виводу (плоттер, принтер), встановлений в операційній системі.

Проектування в SolidWorks включає створення об'ємних моделей деталей і збірок зможливістю генерувати на їх основі робочі креслення. Створення нового документа в SolidWorks супроводжується вибором шаблону документа: **Деталь**, **Збірка** або **Креслення**. У разі вибору шаблонів **Деталь** або **Збірка** графічна область являє собою тривимірний простір [1, 2].

Основними елементами інтерфейсу SolidWorks є: меню, панелі інструментів, область побудови, рядок стану (рис. 1.1). Для наочного представлення

Процесу проектування в SolidWorks існує **Дерево конструювання** або **Дерево побудови** (Feature Manager). Воно реалізоване в стилі традиційного **Провідника** Windows, зазвичай розташовується в лівій частині робочого вікна SolidWorks і являє собою послідовність конструктивних елементів, що утворюють деталь, а також додаткові елементи побудови (осі, площини). **Дерево побудови** містить повну інформацію про тривимірний об'єкт і динамічно пов'язане з областю побудови. У режимі складання **Дерево побудови** відображає список деталей, що входять до збірки, а також необхідні сполучення деталей і збірок (рис. 1.1).

Основними функціями **Дерева конструювання** (FeatureManager) є:

- вибір елементів за іменем (після натискання лівої кнопки миші);
- визначення і зміна послідовності, в якій створюються елементи;
- відображення розмірів елемента, яке можна виконати, двічі натиснувши на ім'я елемента;
- відображення і гасіння елементів деталі та компонентів збірки.

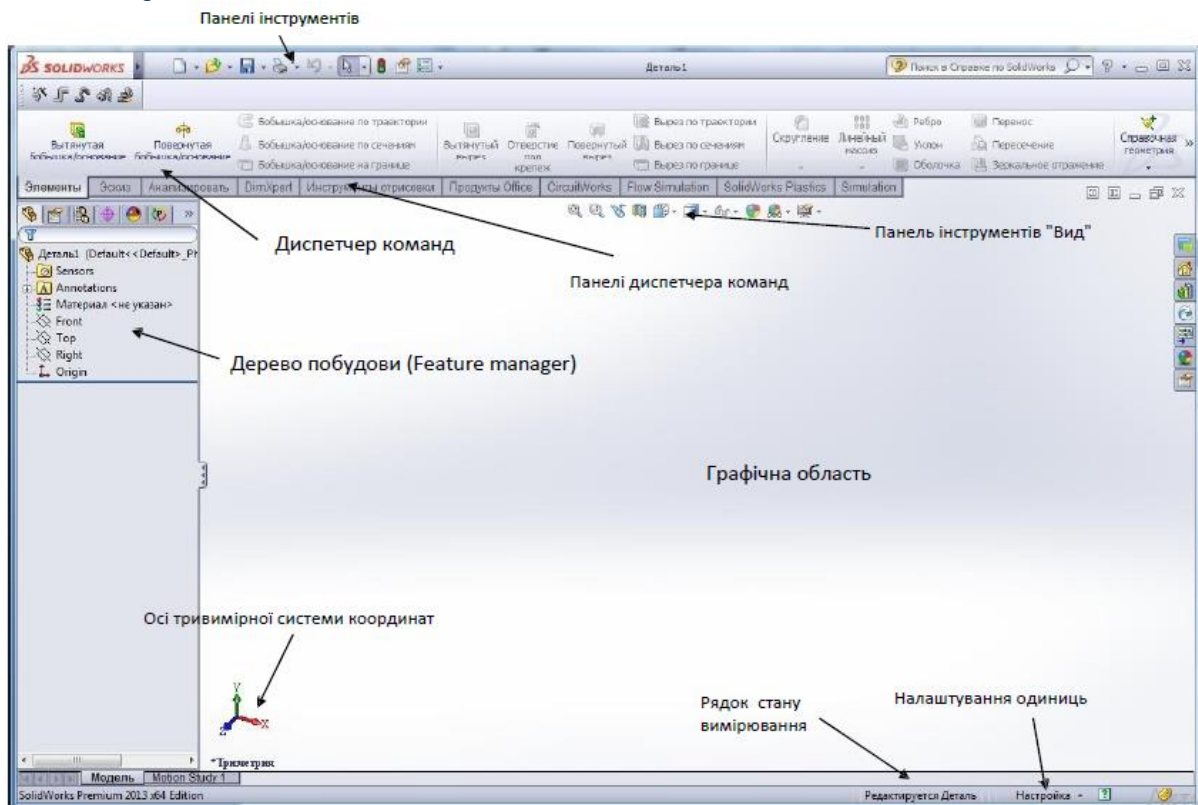


Рисунок 1.1- Елементи інтерфейсу SolidWorks

Під час побудови нової тривимірної моделі деталі в **Дереві побудови** за замовчуванням присутні такі графічні елементи (рис. 1.2):

- вихідна точка з нульовими початковими координатами;
- три взаємно перпендикулярні площини: **Спереду, Зверху, Справа.**

**Панель інструментів** є налаштованим елементом інтерфейсу.

Користувач має можливість встановлювати розташування панелей інструментів, їх відображення залежно від типу документа.

**Диспетчер команд** - це контекстна панель інструментів, яка оновлюється автоматично залежно від панелі інструментів, до якої потрібен доступ. Під час побудови деталі **Диспетчер команд** за замовчуванням містить панелі інструментів: **Елементи** та **Ескіз**, у режимі складання - панелі інструментів

**Збірка та Ескіз.**

Швидке налаштування **Панелей інструментів** і **Диспетчера команд** здійснюється при натисканні правої кнопки миші на межі вікна відповідної панелі.

**Верхнє меню** містить команди SolidWorks у повному обсязі (рис. 1.2). Верхнє меню з'являється на екрані при наведенні курсору миші на напис SolidWorks у лівому верхньому кутку екрана. За відсутності команди на панелі інструментів її завжди можна знайти через верхнє меню.

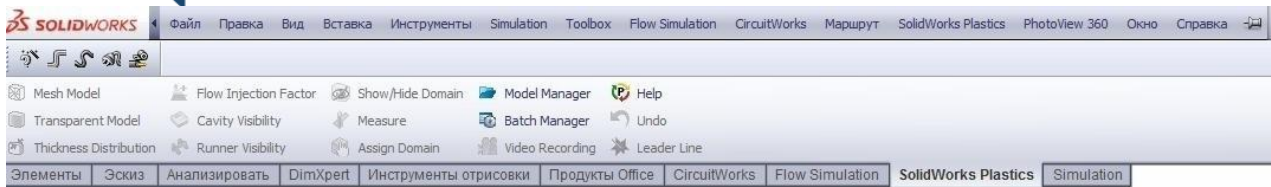


Рисунок 1.2 - Верхнє меню SolidWorks

У **рядку стану** в нижній частині вікна SolidWorks представлено інформацію, пов'язану з виконуваною функцією.

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

Вибір об'єктів (елементів у дереві побудови, поверхонь твердотільної моделі в області побудови, вибір об'єктів у плоскому ескізі) здійснюється під час натискання лівої кнопки миші. Натискання правої кнопки миші відповідає запуску спливаючого меню об'єкта.

Загальний принцип створення твердотільних об'єктів виражається наведеною послідовністю:

1. Вибір площини для побудови **Ескізу**.

2. Побудова об'єктів плоского ескізу, проставлення розмірів, визначення взаємозв'язків.

3. Виконання дії над плоским ескізом, надання товщини плоским об'єктам ескізу (витягування, поворот тощо).

В режимі конструювання деталі виконаємо побудову простого циліндричного елемента методом витягнутої бобишки, і на прикладі розглянемо основні інструменти SolidWorks.

### Створення циліндричного твердотільного елемента

Для побудови моделі тривимірного циліндра слід виконати такі дії:

1. Почати новий документ - деталь SolidWorks.

2. На панелі інструментів **Елементи** натиснути кнопку **Витягнута бобишка/основа**. При цьому буде активізовано команда створення твердотільного елемента методом витягнутої бобишки (рис. 1.3).

3. Система запропонує вибрати одну з трьох початкових площин: **Спереду**, **Зверху**, **Справа** для побудови **Ескізу** майбутнього тривимірного елемента.

4. Вибрати площину **Спереду** (вибір здійснюється за написом найменування площини). При цьому зображення над дисплеєм зміниться таким чином, що площина **Спереду** буде повернута на користувача, перпендикулярно напрямку його погляду. Вибір площини для побудови ескізу може бути виконаний до активізації команди створення твердотільного елемента.

5. На панелі інструментів **Ескіз інструментом** **Окружність** побудувати коло довільним радіусом із центром у **Вихідній точці** з


нульовими координатами.

6. Натиснути кнопку **Автоматичне нанесення розмірів** і, вибравши дугу кола, змінити розмір у вікні, що з'явилося, на значення 100 мм.



7. Натиснути значок **Вихід з ескизу** у вікні **Кут ухвалення рішення**, щоб завершити ескіз, водночас система автоматично запропонує вибір параметрів створюваного елемента **Витягти** у вікні **Менеджера властивостей** (ліва частина екрана), а також у графічній ділянці відобразиться попередній вигляд створюваного тривимірного елемента (рис. 1.4).

8. У розділі **Напрямок 1** вікна **Менеджера властивостей** установити параметр **Глибина** дорівнює 100 мм (рис. 1.4).

9. Натиснути **Enter**, або **Ok**, або значок  прийняття елемента у вікні **Кут** (правий верхній кут екрана) для вибору в графічній області системи SolidWorks.

10. Зберегти деталь під іменем Деталь1.sldprt.

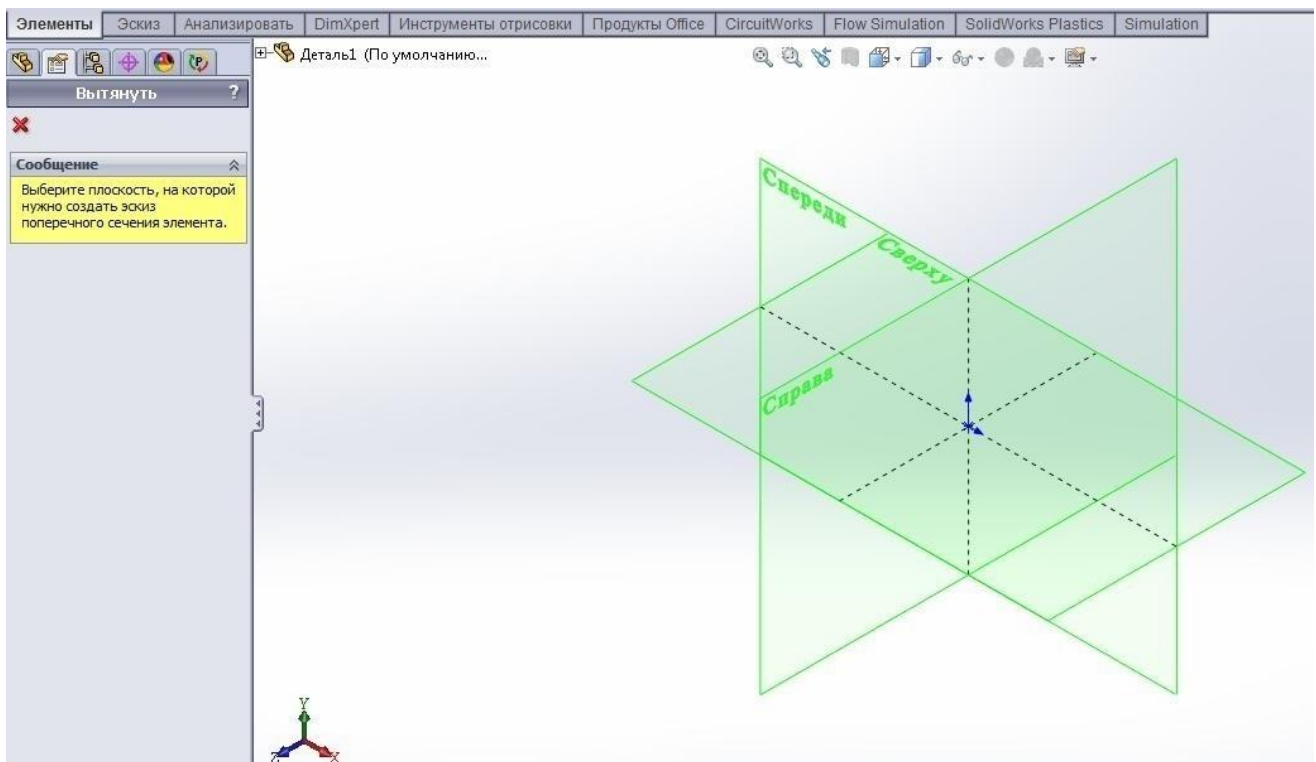


Рисунок 1.3 - Графічна область під час створення твердотільного елемента командою Витягнута бобишка/основа

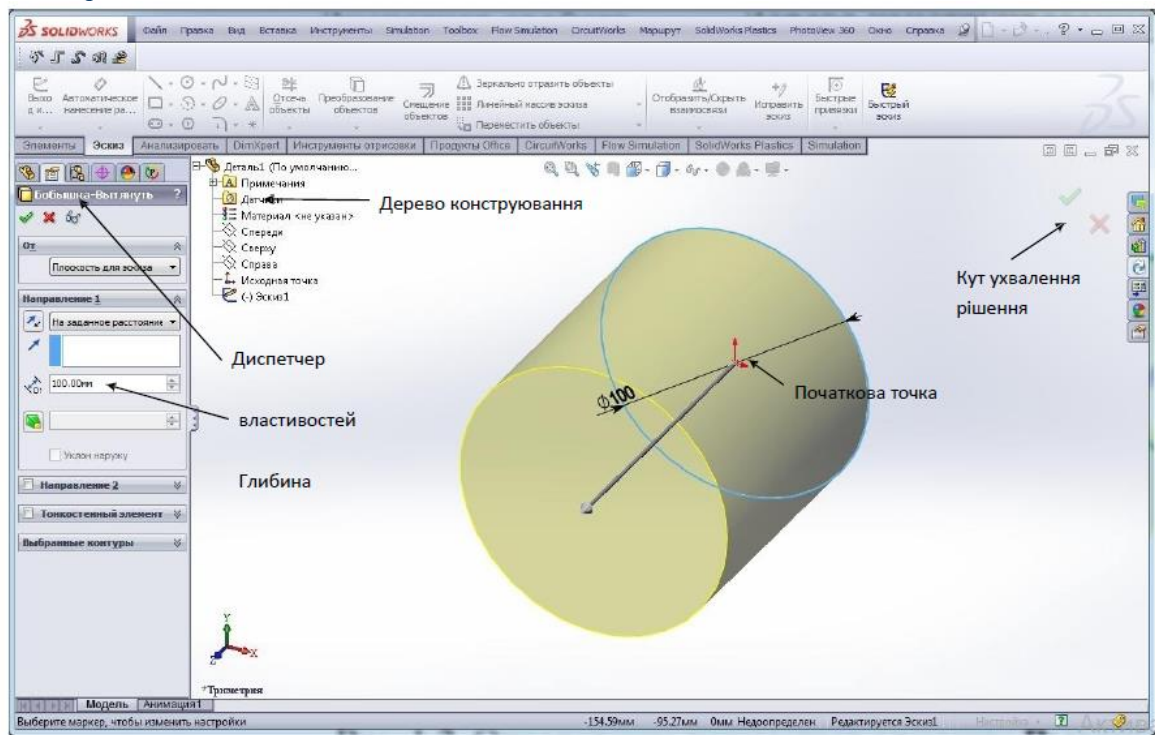


Рисунок 1.4 - Визначення параметрів елемента **Витягнути**

В результаті була побудована тривимірна модель циліндра с діаметром основи 100 мм і висотою 100 мм. Побудований елемент відображається в графічній частині системи і динамічно пов'язаний з об'єктом у **Дереві побудови** під найменуванням **Витягнути 1**.

### Зміна орієнтації виду

Для зміни орієнтації виду існує панель інструментів **Орієнтація видів** (рис. 1.5). Вона дає змогу вибрати один із шести стандартних видів: **Спереду**, **Ззаду**, **Зверху**, **Знизу**, **Справа**, **Зліва**, а також ізометричні проєкції **Ізометрія**, **Диметрія**, **Триметрія**. Орієнтації видів відповідають розташуванню трьох основних початкових площин: **Спереду**, **Зверху**, **Справа**. При виборі виду **Спереду** площина екрана монітора відповідає площині **Спереду**.

Також панель **Орієнтація видів** дає змогу встановити вид **Перпендикулярно** напрямку погляду спостерігача. У цьому випадку попередньо необхідно вибрати плоску грань або площину, або циліндричну чи конічну грань.

Також може бути задано кількість видів у графічній області: **Один вид**, **Два види** або **Чотири види**.

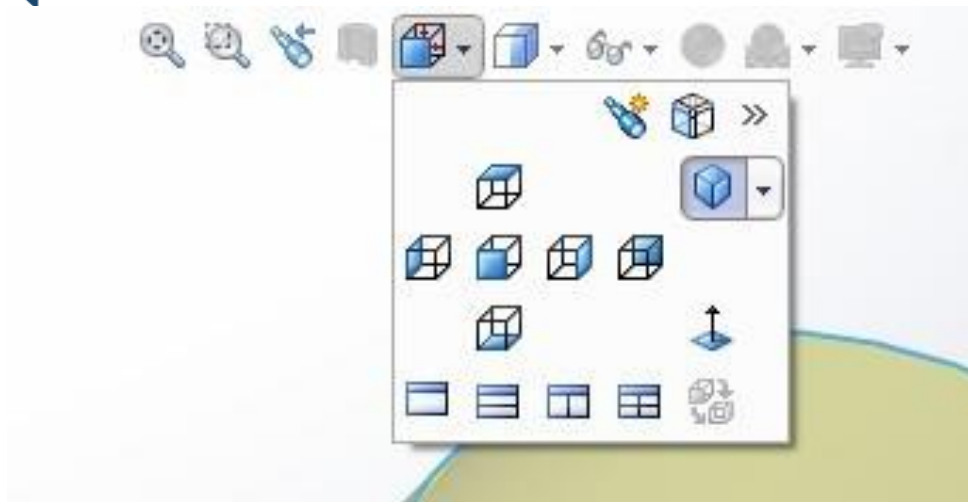


Рисунок 1.5 - Панель **Орієнтація видів** на панелі інструментів **Вид**

### **Зміна масштабу, обертання і переміщення виду**

Команди зміни масштабу, обертання і переміщення вигляду містяться на панелі інструментів **Вид** (див. рис. 1.5). Зміна масштабу вигляду виконується двома основними командами:

–Збільшити елемент виду



–**Змінити в розмір екрана**



Команда **Змінити в розмір екрана** змінює масштаб виду так, щоб модель, збірка або аркуш креслення були видні повністю. Команда **Збільшити елемент виду** може бути успішно замінена зміною масштабу виду за допомогою колеса "скролу" миші. Поворот колеса миші назад відповідає збільшенню масштабу, поворот колеса миші вперед - зменшенню масштабу виду. Під час обертання покажчик миші є центром зміни масштабу.

Обертання виду може бути виконано за командою **"Обертати вид"** або під час натискання середньої кнопки миші чи колеса "скролу". В останньому випадку для повороту виду необхідно натиснути "скрол" і, не відпускаючи його, переміщати покажчик миші.

Переміщення деталі виконується за командою **Переміщати вид**. Переміщення вигляду може виконуватися також аналогічно повороту вигляду (переміщенням миші з натиснутим колесом прокрутки) при натиснутій клавіші Ctrl.

Найбільш ефективно зміна параметрів виду моделі може бути досягнута в разі спільного використання маніпулятора "миші" - його колеса прокрутки "скролу", а також кнопок панелі інструментів **Вигляд**.



## Приклад побудови тривимірної деталі

Завдання. Побудувати модель деталі, зображеної на рис. 1.6.

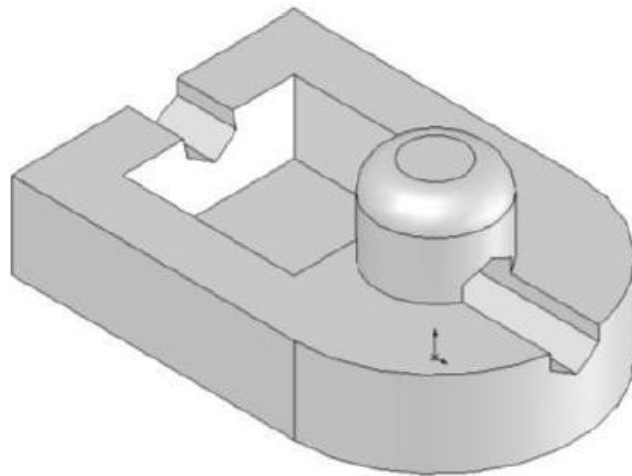


Рисунок 1.6 - Деталь

Вказівки до виконання деталі

1. Виконати аналіз заданої деталі.

Аналіз рекомендується проводити з метою оптимізації кількості побудов і правильного визначення вихідної площини для побудови основи та методів побудови. На рис. 1.7 представлено один із можливих варіантів побудови деталі, де кожен наступний крок доповнює деталь.

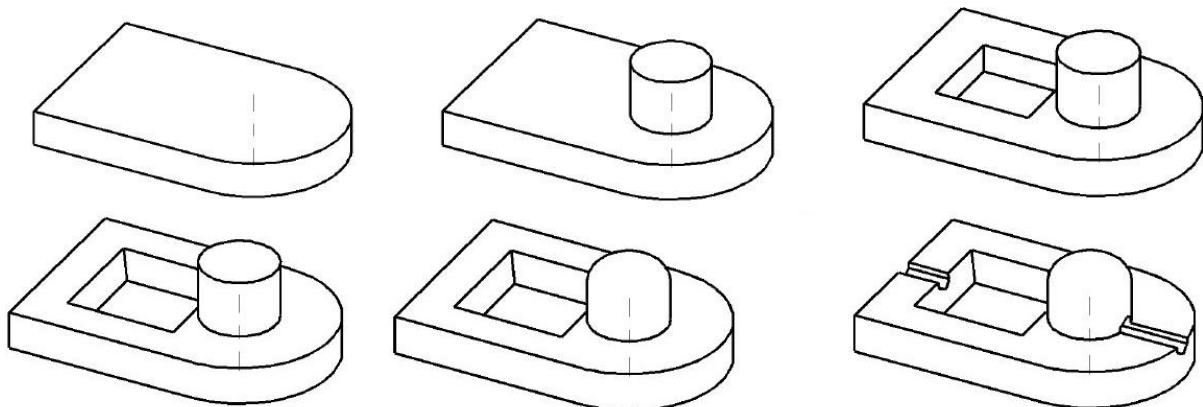


Рисунок 1.7 - Етапи побудови деталі

2. Створити документ SW "Деталь". Викликати послідовно функції: "Файл", "Створити", "Деталь", "ОК".

3. Створити основу деталі.

3.1. Вибрати в Дереві конструювання, шляхом наведення курсору і натискання лівої кнопки миші, площину "Зверху" (рис. 1.9).

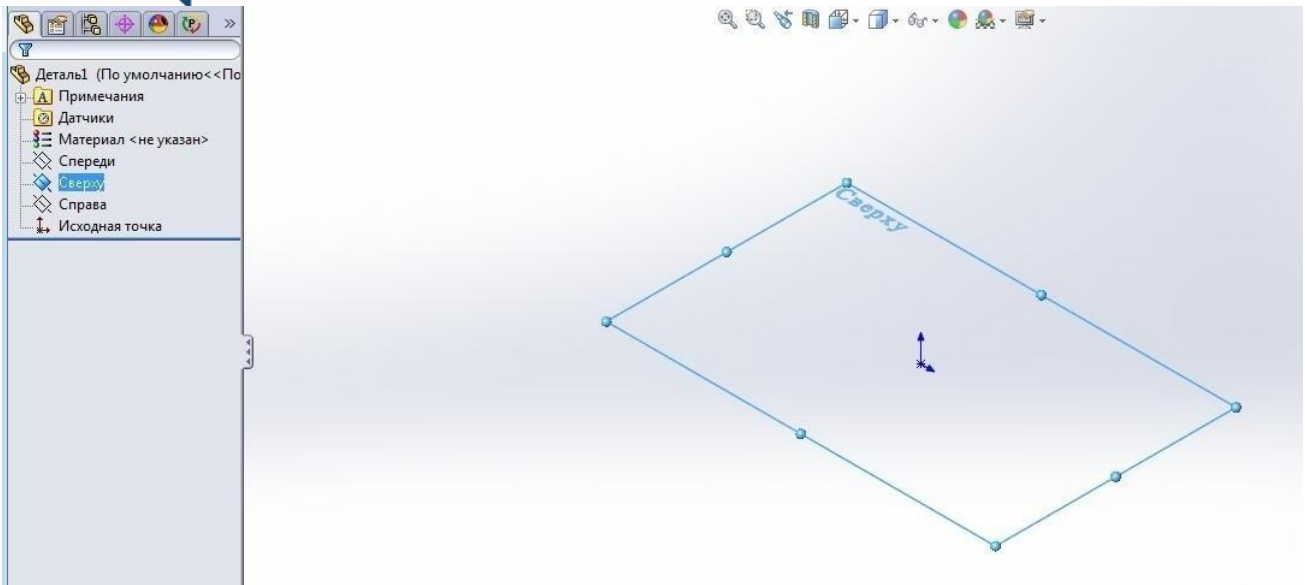



Рисунок 1.8 - Вибір площини для побудови деталі

3.2. Орієнтувати обрану площину в напрямку "Перпендикулярно" (рис. 1.9), вибравши кнопку  в панелі **Орієнтація видів**.

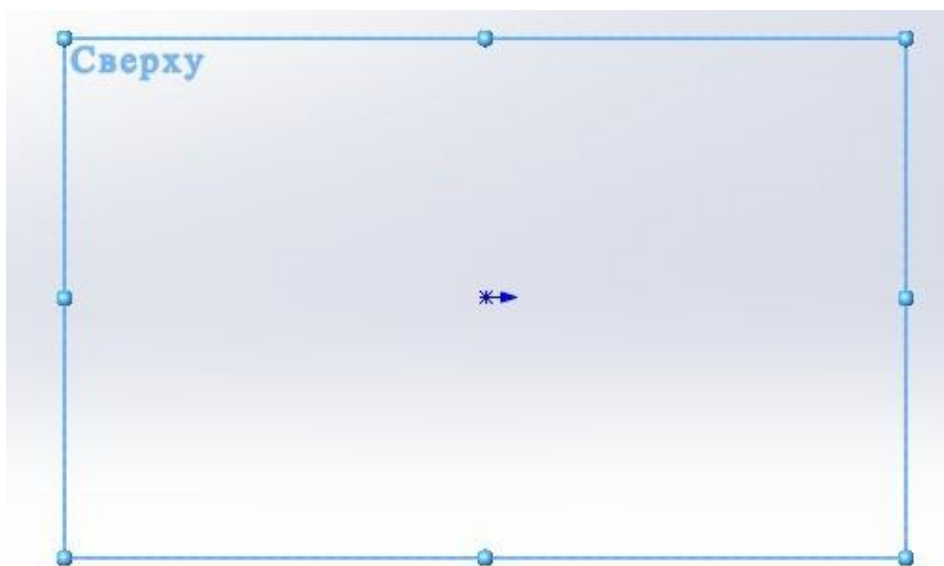


Рисунок 1.9 - Перпендикулярна орієнтація площини проектування

3.3. Активувати функцію "Прямокутник" у панелі інструментів **Ескіз** і викреслити прямокутник в ескізі, як показано на рис. 1.10.

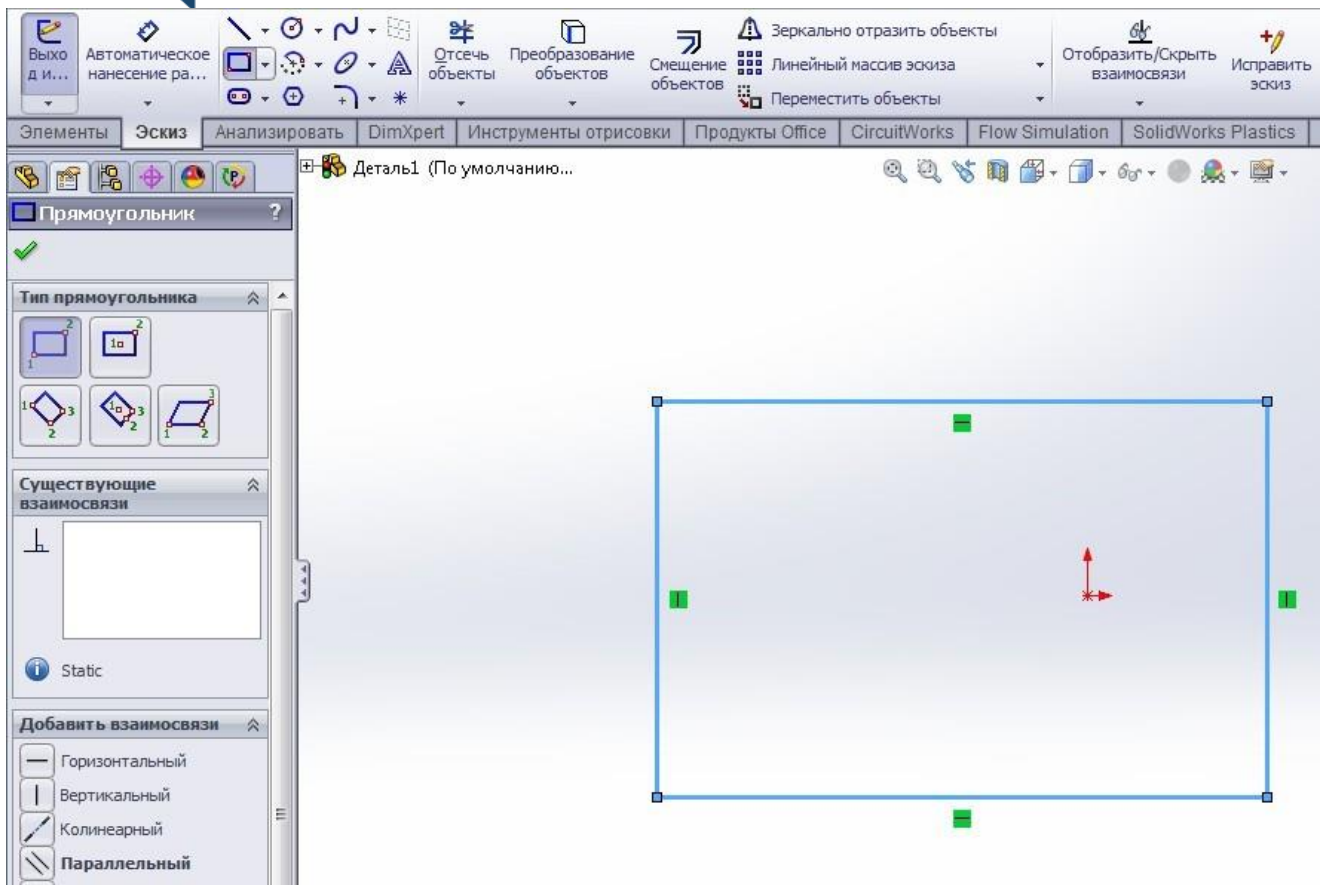




Рисунок 1.10 - Відображення прямокутника

3.4. Натиснути лівою кнопкою миші на кнопку  для деактивації функції "Прямокутник".

3.6. Натиснути лівою кнопкою миші в будь-якому вільному місці вікна креслення. При цьому прямокутник забарвиться в синій колір, що свідчить про невизначеність ескізу (відсутні взаємозв'язки між елементами ескізу та їхні розміри).

3.7. Видалити одну сторону прямокутника, натиснувши на неї лівою кнопкою миші, і далі видалити вибраний елемент кнопкою Delete на клавіатурі. На рис. 1.11 показано результат виконаної команди Delete.

3.8. Намалювати дугу. Активувати функцію "Дуга через три точки"  . Першу і другу точки вибрати натисканням лівої кнопки миші, як показано на рис. 1.12, далі рухати курсор миші праворуч доти, доки центр дуги не опиниться на спливаючій пунктирній лінії, що з'єднує першу і другу точки, і натиснути на ліву кнопку миші (рис. 1.12).

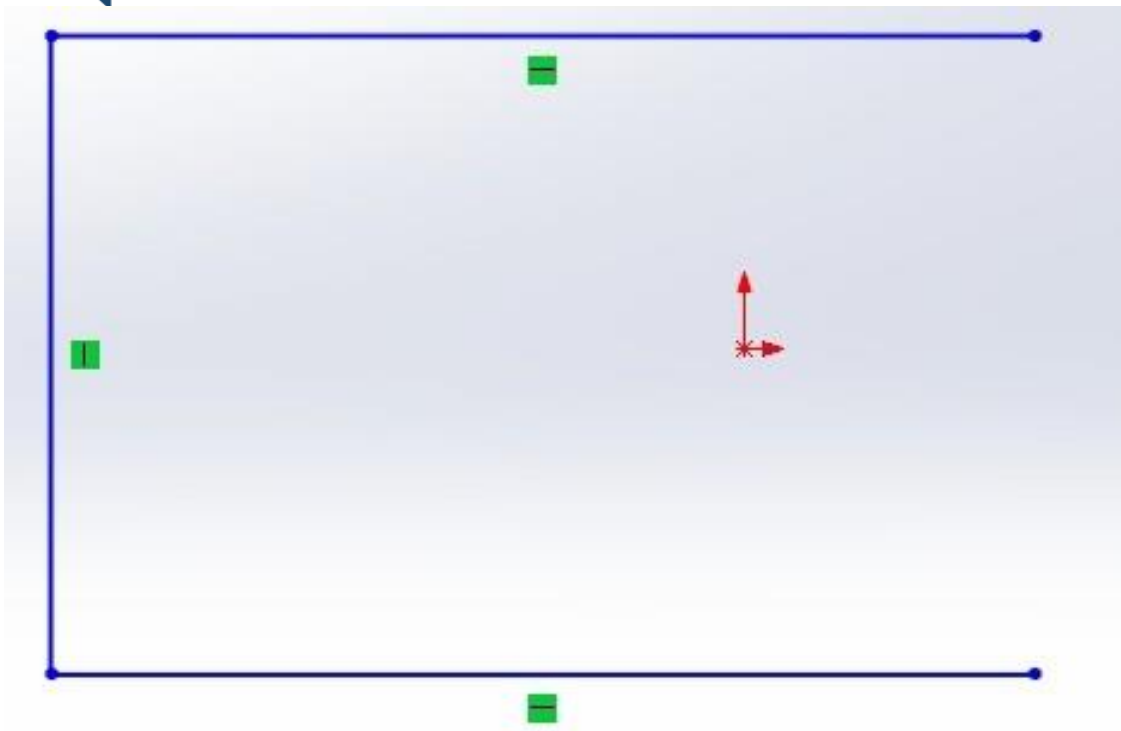


Рисунок 1.11 - Результуючий ескіз після видалення однієї сторони прямокутника

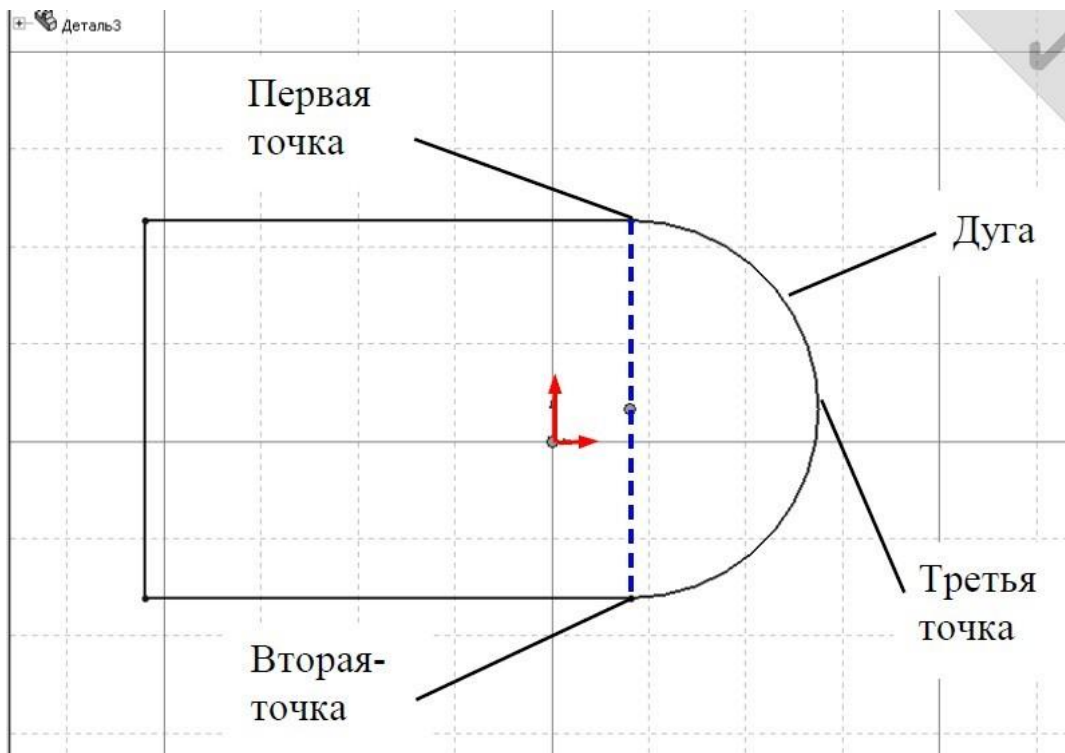
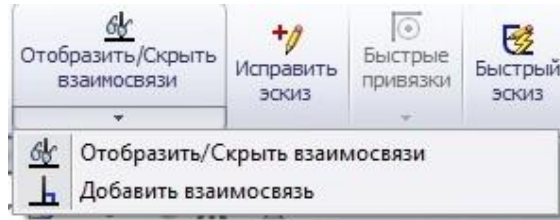


Рисунок 1.12 - Створення дуги

3.9. Виконати взаємозв'язок елементів ескизу з вихідною точкою.  
Послідовність виконуваних дій така. Активувати функцію "Додати взаємозв'язок":



Вибрати "Центр дуги" і "Вихідну точку". На рис. 1.13 і рис 1.14 наведено приклад встановлення взаємозв'язку "Збіг". Встановити взаємозв'язок "Збіг", застосувати його [1 - 5].

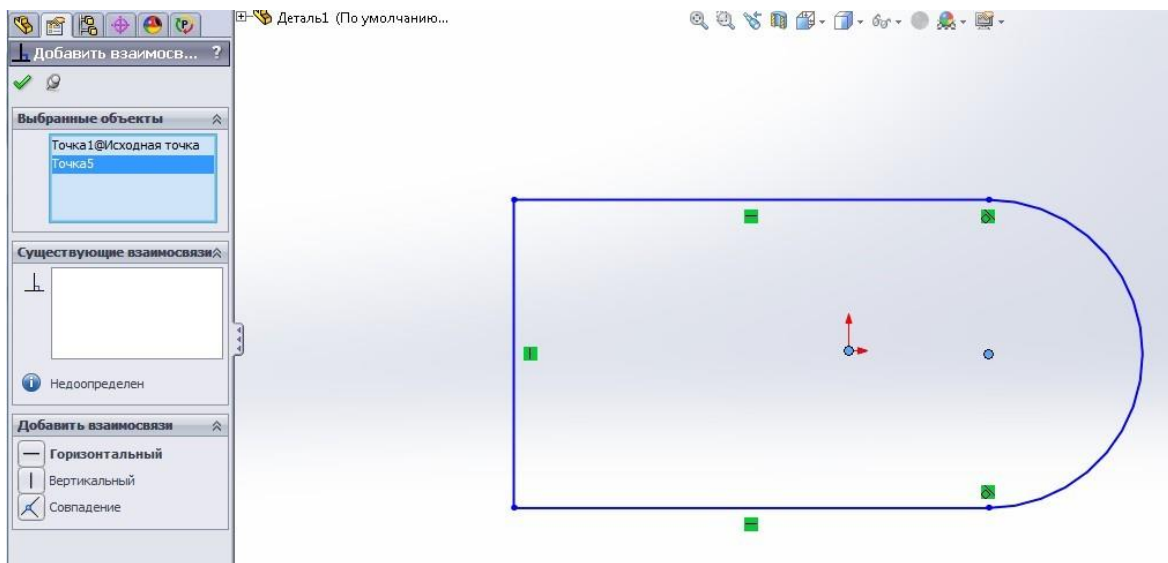


Рисунок 1.13 - Встановлення взаємозв'язку "Збіг": вибір елементів

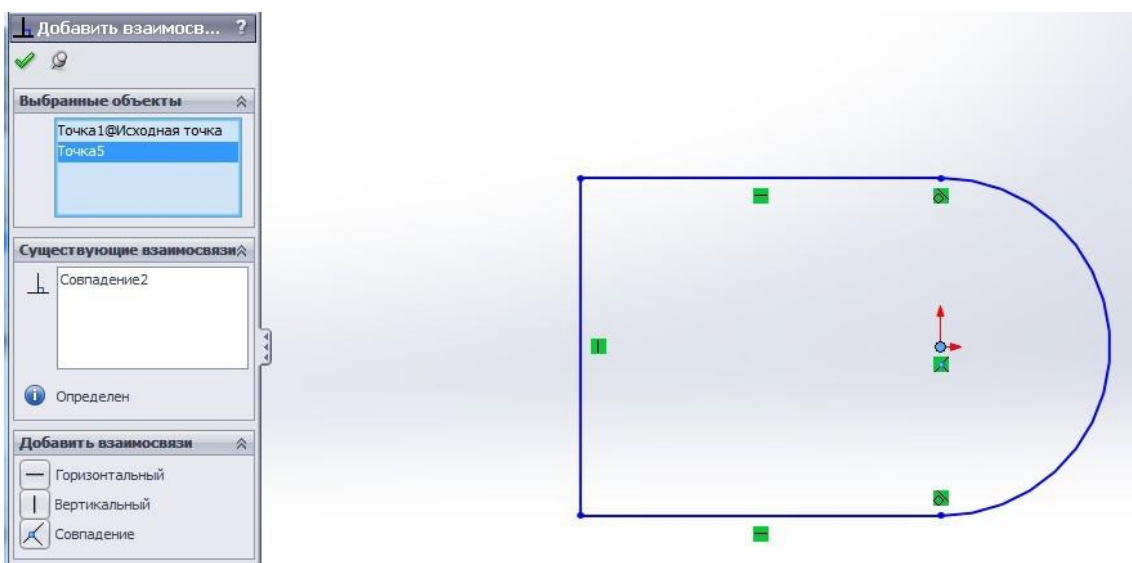


Рисунок 1.14 - Встановлення взаємозв'язку "Збіг": результат

3.10. Встановити розміри в ескізі.

3.10.1. Активізувати функцію "Автоматичне нанесення розмірів". Натиснути перший раз лівою кнопкою миші на будь-яку точку на дузі, друге натискання зробити увільному місці вікна креслення, у діалоговому вікні, яке з'явилося, вказати потрібне значення діаметра кола (40 мм) (рис. 1.15).

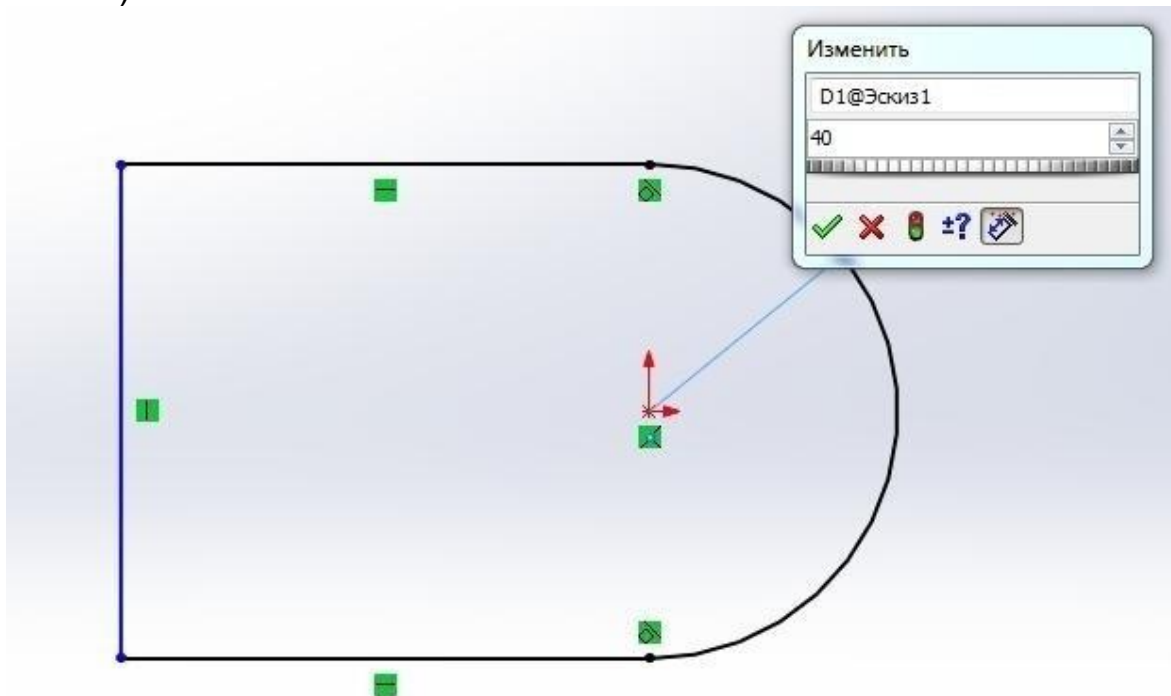


Рисунок 1.15 - Нанесення розміру дуги

У діалоговому вікні "Змінити" вказано дійсне значення відображеного елемента, яке можна змінювати.

3.10.2. Активувати функцію "Автоматичне нанесення розмірів".

Натиснути лівою кнопкою миші на будь-яку точку вертикальної лінії ескізу, натиснути лівою кнопкою миші в будь-якому місці креслярського вікна, встановити необхідний розмір лінії (100 мм). Результат виконання зазначених дій проілюстровано на рис. 1.16.

3.11. Створити твердотільний елемент.

3.12. Активувати функцію "Витягнута бобишка/основа" в панелі інструментів "Елементи". Встановити необхідне значення витягування (30 мм). Застосувати функцію. На рис. 1.17 представлено фрагмент роботи програми під час створення елемента "Витягнута бобишка".

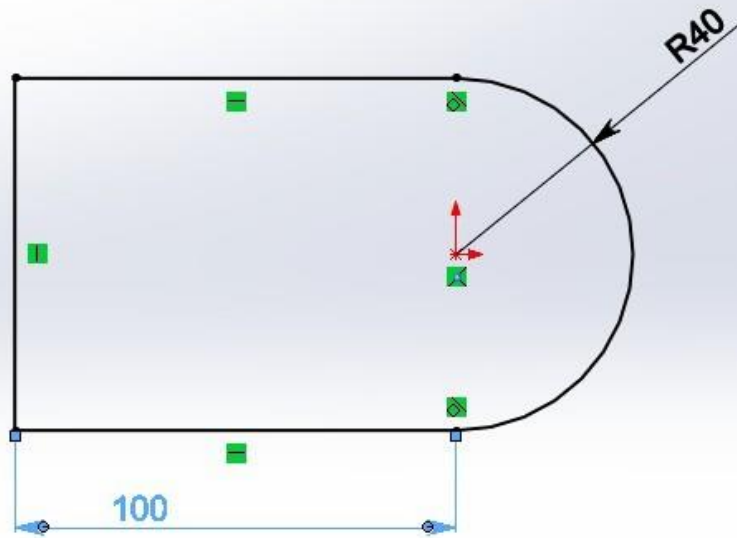


Рисунок 1.16 - Функція "Автоматичне нанесення розмірів"

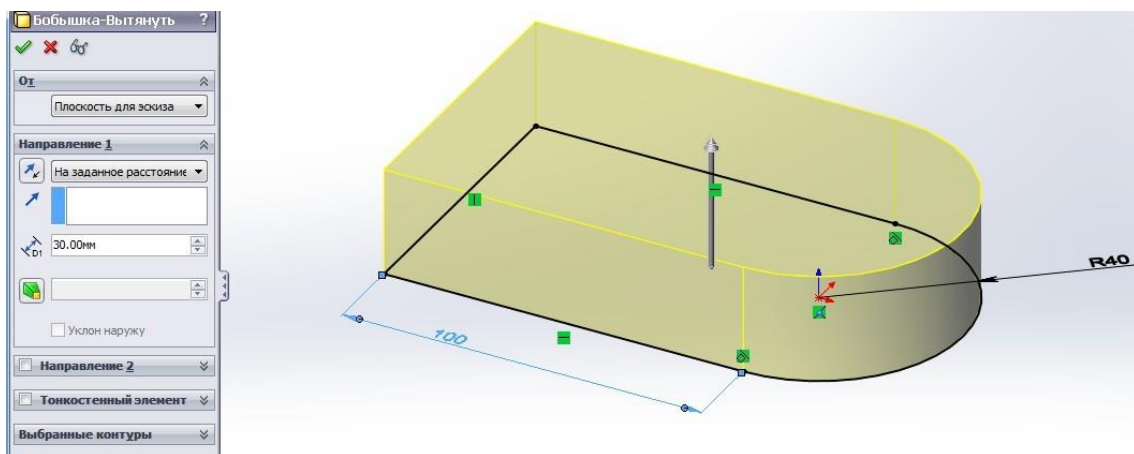


Рисунок 1.17 - Створення елемента "Витягнута бобишка"

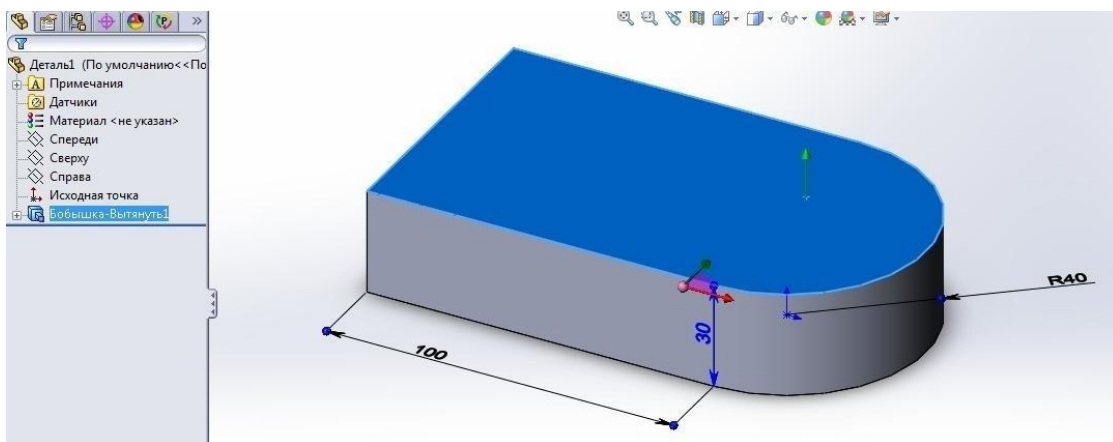



Рисунок 1.18 - Вибір площини проектування другого елемента

4. Створити циліндр. Натисканням лівої кнопки миші активізувати верхню грань основи. Результат зазначеної дії представлено на рис.

1.18. Викликати команду "Створити ескіз"  , викликати функцію "Перпендикулярно" для того щоб орієнтувати площину ескізу.

4.3. Активувати функцію "Коло"  .

4.4. Встановити курсор у вихідну точку, натиснути ліву кнопку миші, відсунути курсор миші від встановленого центру, натиснути повторно ліву кнопку миші для позначення однієї з точок бажаного кола.

4.5. Встановити розмір кола. Активізувати функцію "Автоматичне нанесення розмірів". Натиснути лівою кнопкою миші на будь-яку точку окружності, вивести розмірну лінію шляхом перетягування курсору миші по вікну креслення, повторно натиснути на ліву кнопку миші в місці, де бажаєте розташувати напис розміру, установити в діалоговому вікні потрібний розмір окружності (40 мм). Результат виконання зазначених дій представлено на рис. 1.19.

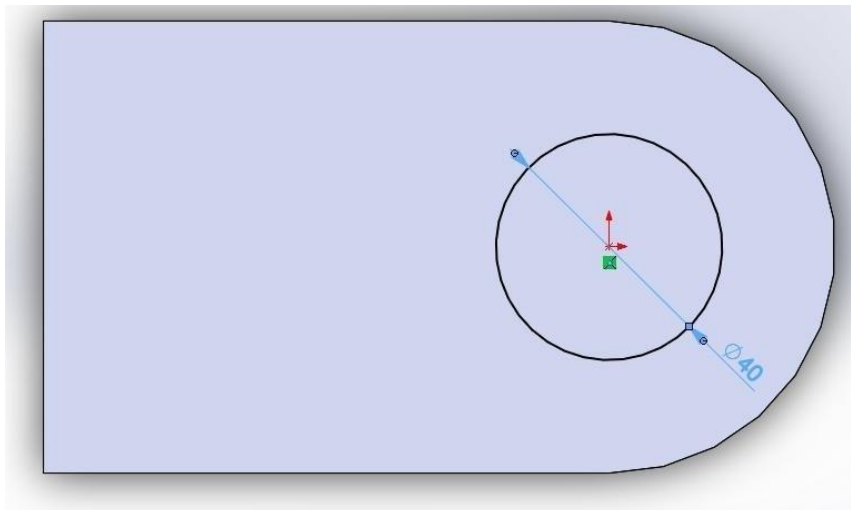


Рисунок 1.19 - Елемент коло

4.6. Витягнути коло на 30 мм с за допомогою функції "Витягнута бобишка/основа".

5. Побудувати квадратний виріз.

5.1. Натиснути ліву кнопку миші, активізувати верхню грань основи. Натиснути функцію "Створити ескіз", орієнтувати площину ескізу "Перпендикулярно", як зазначено на рис. 1.20.

5.2. Активувати функцію "Прямокутник", викреслити прямокутник, встановити необхідні розміри квадрата і його розташування щодо наявних крайок деталі, як показано на рис. 1.21.

5.3. Активувати функцію "Витягнутий виріз" і встановити значення 20 мм. Результат дії зазначеної функції представлено на рис. 1.22.

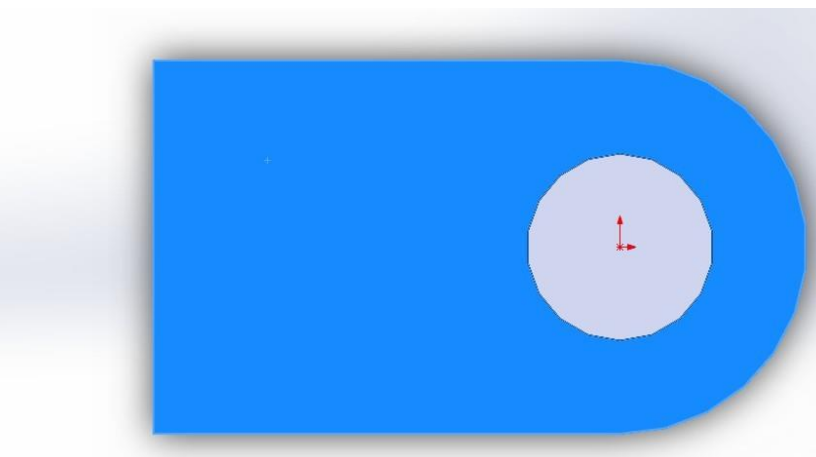
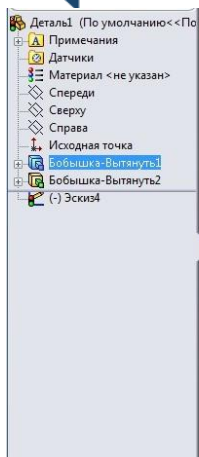


Рисунок 1.20 -Вибір та орієнтація нової площини проектування

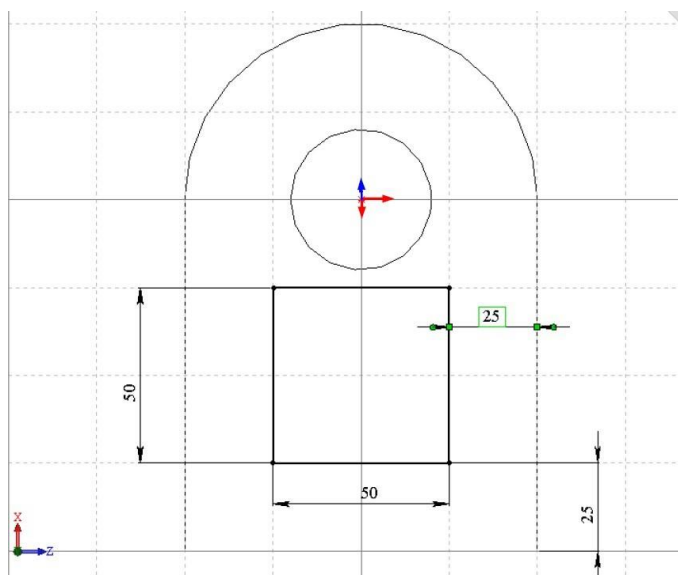


Рисунок 1.21 - Встановлення розмірів

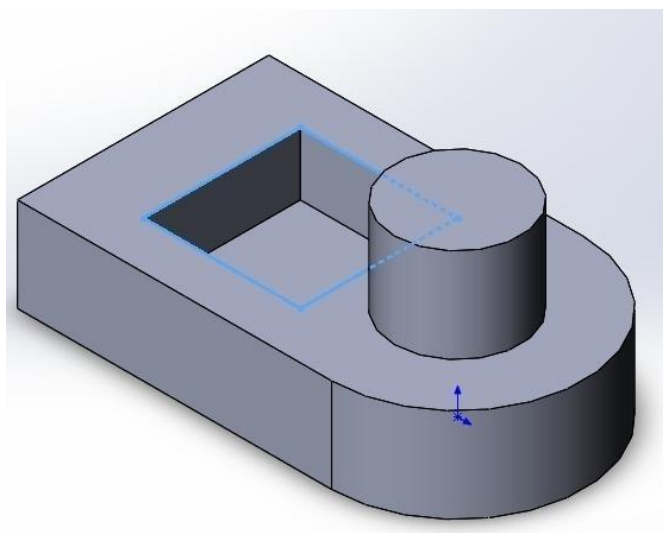



Рисунок 1.22 - Створення витягнутого вирізу

## 6. Створити ухил.


Активувати функцію "Ухил" . У діалоговому вікні встановити необхідні параметри в такому порядку:

-у графі "Кут ухилу" - 15 градусів;

-у графі "Нейтральна площина" (якщо графа біла, то натисканням лівої кнопки миші на діалоговому вікні графа вона активізується і стане рожевого кольору) прописати дно квадратного вирізу шляхом натискання на нього;

-у діалоговому вікні "Грані під ухил" прописати бічні грані квадратного вирізу шляхом послідовного натискання на них лівою кнопкою миші. З метою зручності вибору граней під ухил рекомендується обертати деталь. На рис. 1.23 наведено приклад встановлення значень елементів деталі для створення елемента "Ухил".

## 7. Створити заокруглення.

Активувати функцію "Округлення" . У діалоговому вікні функції вказати значення радіуса заокруглення (10 мм). Натиснути на деталі кромку, яку необхідно скруглити. На рис. 1.24-1.25 наведено результат виконання функції "Округлення".

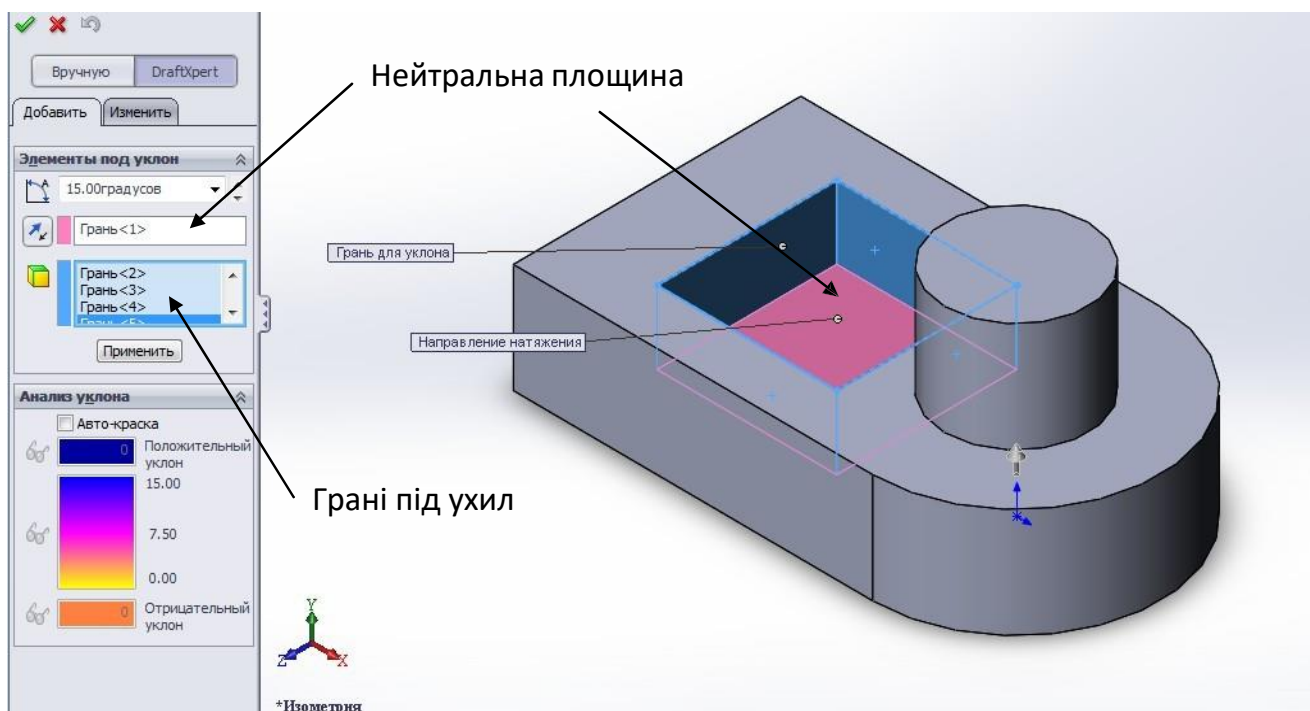


Рисунок 1.23 - Створення ухилу

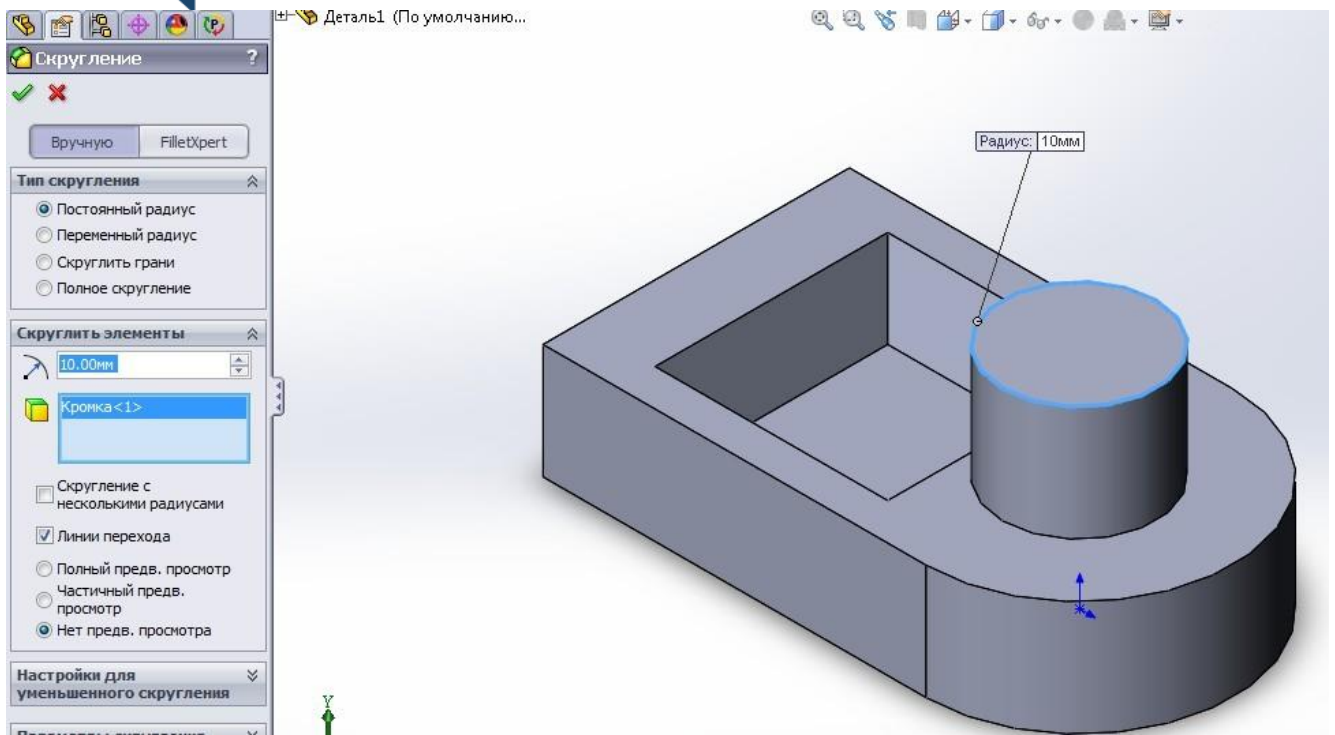


Рисунок 1.24 - Створення заокруглення

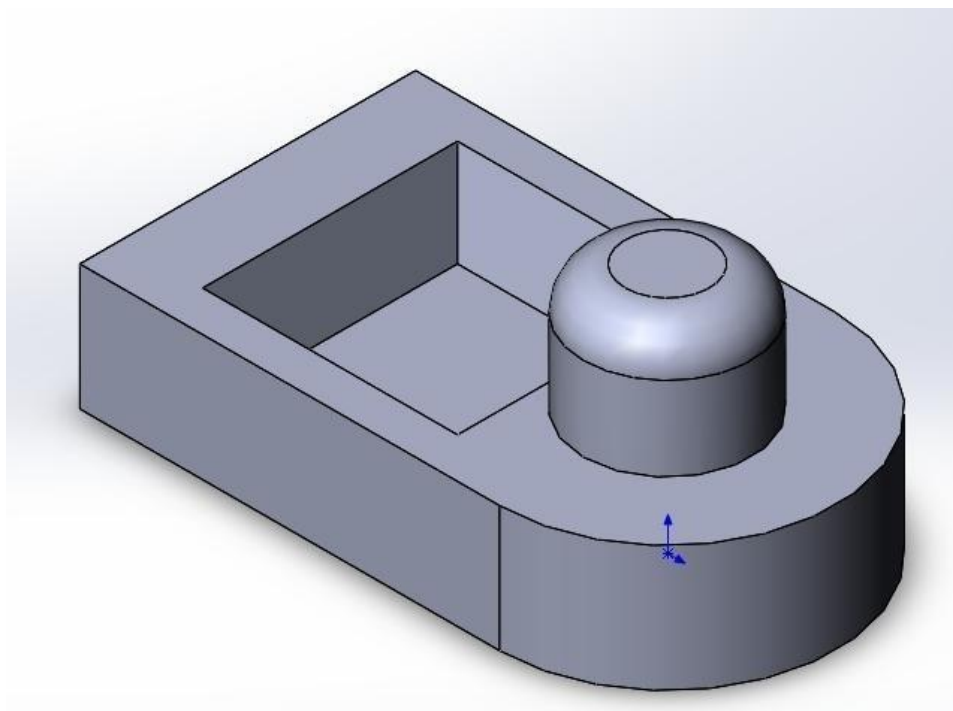


Рисунок 1.25 - Результат операції заокруглення

8. Створити виріз.

8.1. Вибрати плоску грань основи (для зручності деталь рекомендується обертати), перпендикулярну напрямку вирізу (рис. 1.26). Натисканням лівої кнопки миші активізувати її, викликати функцію "Створити ескіз".

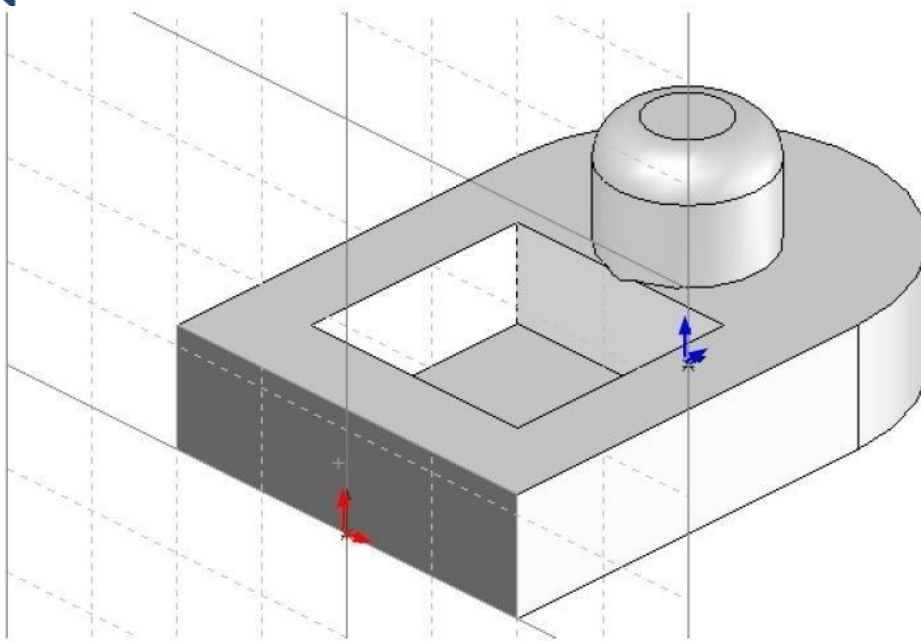


Рисунок 1.26 - Вибір площини проектування

8.2. Орієнтувати площину ескізу "Перпендикулярно" .

8.3. Вибрати елемент ескізу "Багатокутник" ("Інструменти" - "Об'єкти ескізу" - "Багатокутник"). Натиснути лівою кнопкою миші на місце бажаного положення центру багатокутника шляхом пересування курсору по вікну креслення. За активним зображенням багатокутника вибрати його бажаний розмір і орієнтацію та повторно натиснути ліву кнопку миші для зазначення положення однієї з вершин багатокутника. (Зазначення числа граней здійснюють у діалоговому вікні "Налаштування" функції "Багатокутник").

8.4. Для зазначеного об'єкта необхідно виконати взаємозв'язок елементів багатокутника для визначення його орієнтації в площині. Для цього необхідно активізувати функцію "Додати взаємозв'язок:", натисканням лівої кнопки миші на одну з крайок шестикутника встановити взаємозв'язок "Вертикальний", як зазначено на рис. 1.27.

8.5. Встановити розмір кромки багатокутника (10 мм), як зазначено на рис. 1.27.

8.6. Встановити розмір положення центру багатокутника (рис. 1.28).

8.7. Установити взаємозв'язок "Вертикальний" між центром багатокутника та вихідною точкою. Результат виробленого взаємозв'язку представлено на рис. 1.28.

8.8. Активувати функцію "Витягнутий виріз" і встановити значення 150 мм у напрямку всередину деталі. Результат описаних дій наведено на рис. 1.29.

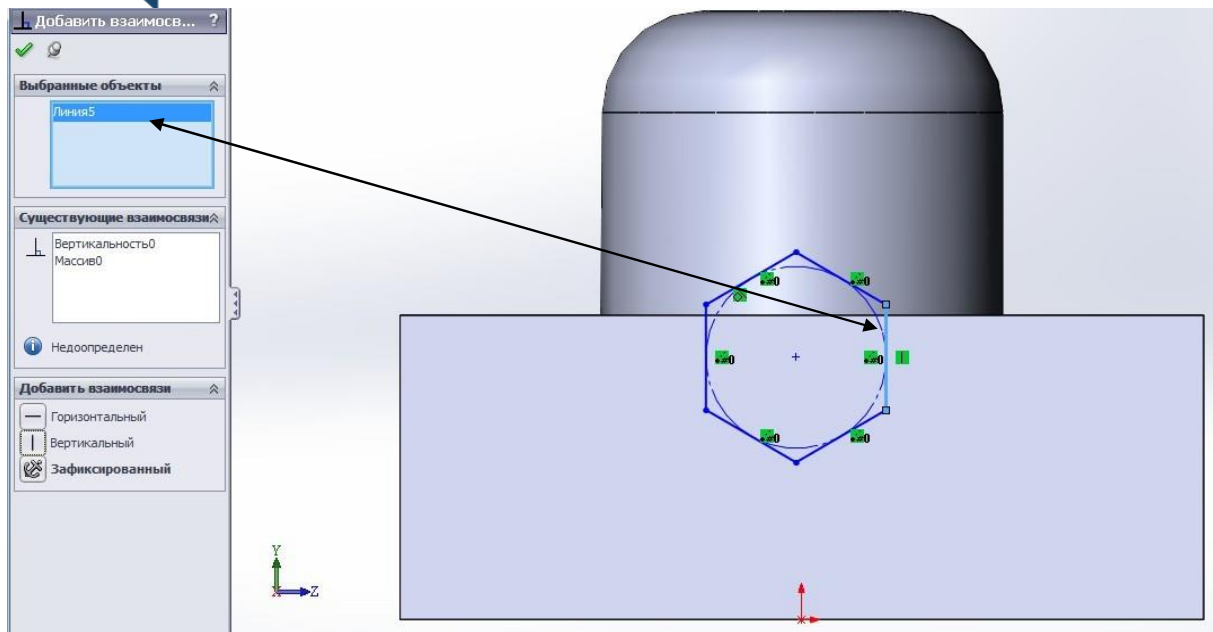


Рисунок 1.27 - Встановлення взаємозв'язку "Вертикальний" для однієї зі сторін багатокутника

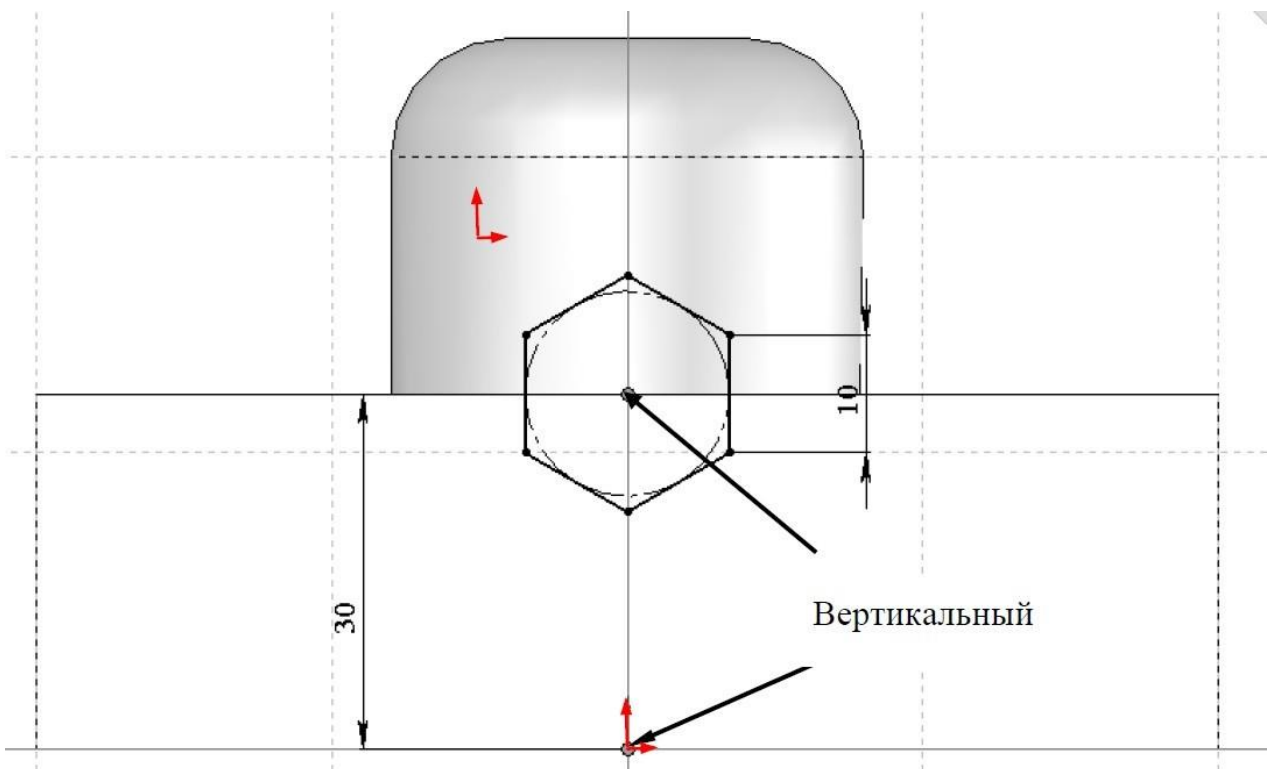


Рисунок 1.28 - Розміри багатокутника

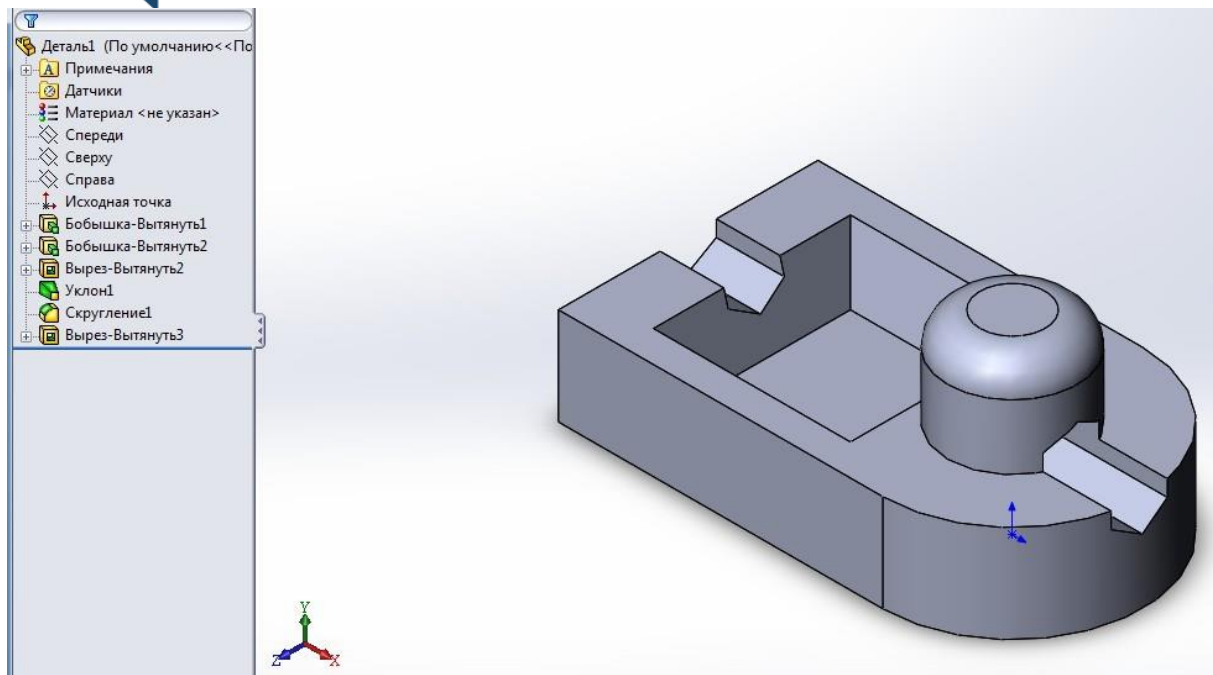


Рисунок 1.29 - Результат створення деталі

На першому практичному занятті студент повинен ознайомитися з основами роботи в одній із CAD систем: AUTOCAD, FreeCAD, SolidWorks чи іншій. CAD система обирається викладачем залежно від наявності відповідних ліцензійних документів в університеті. В процесі ознайомлення можуть використовуватися навчальні відеоматеріали. Робота виконується безпосередньо під керівництвом викладача.

Будь-які побудови деталей починаються із зображення осьових ліній, переважно за допомогою допоміжних прямих. Допоміжні прямі також потрібно будувати на лініях проекційного зв'язку.

Креслення деталі можна розділити на такі етапи:

1. Побудова контурів та елементів деталі за її розмірами. Зображення невидимих елементів штриховими лініями. Побудова додаткових розрізів та перерізів.

2 Наведення осьових штрих пунктирних ліній.

3 Проставлення розмірів деталей та їх основних елементів.

### **Завдання.**

1. Виконати креслення деталі типу «вал» на форматі А3 відповідно до варіанту (додаток 1) за вимогами ЄСКД. Вад А на завданні вказую на фронтальну проекцію.

2. Накреслити вказані перерізи А, Б, та В.

3. Побудувати відповідні осьові лінії та проставити геометричні розміри.

4. Заповнити основний напис формату.

### **Питання для самоперевірки**

1. Опишіть основні способи проектування об'єктів.
2. Дати визначення поняття «проектування».
3. Поясніть розходження між поняттями «стадія», «етап», «процедура проектування».
4. Сформулюйте головну ціль автоматизації проектування.
5. Яке призначення САД-систем?
6. Що використовується в САМ і САЕ-системах?

## **Практична робота № 2 ВИКОННЯ КРЕСЛЕННЯ ПЛОСКОЇ ДЕТАЛІ ЗІ СПРЯЖЕННЯМИ**

Для плоских деталей виконують лише одну проекцію та вказують їх товщину з буквою *S*, наприклад *S10* [1, 2].

### **Завдання.**

1. Виконати креслення плоскої деталі зі спряженнями на форматі А4 відповідно до варіанту (додаток 2) за вимогами ЄСКД.
2. Побудувати осьові лінії та проставити відповідні геометричні розміри.
3. Заповнити основний напис формату.


### **Питання для самоперевірки**

1. Які завдання проектування вирішувалися при виконанні цієї роботи?
2. Які технології SolidWorks використовувалися при створенні моделі корпусу?
3. Які технології SolidWorks використовувалися при виконанні перевіркового розрахунку, і які граничні умови при цьому накладалися?
4. Яке призначення САД-систем?

## **Практична робота № 3 ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ ТА КОНІЧНИМИ ПОВЕРХНЯМИ ЗА ДВОМА ПРОЕКЦІЯМИ**

### **Завдання.**

1. Виконати креслення деталі з плоскими гранями за двома проекціями на форматі А3 відповідно до варіанту (додаток 3) за вимогами ЄСКД. Потрібно побудувати фронтальну, горизонтальну та профільну проекції деталі. У завданні наведені лише фронтальна та горизонтальна проекції деталі. Профільну проекцію потрібно побудувати користуючись відомими методами нарисної геометрії та інженерної графіки [1, 2].

- 
2. Побудувати осьові лінії та проставити відповідні геометричні розміри.
  3. Заповнити основний напис формату.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Інструменти побудови тривимірних моделей в SolidWorks.
2. Послідовність дій при створенні елементів операцією видавлювання.
3. Послідовність дій при створенні вирізів операцією видавлювання.
4. Алгоритм побудови лінійних та радіальних масивів тривимірних об'єктів засобами SolidWorks.

### **Практична робота № 4 ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ ПОВЕРХНЯМИ ТА РЕБРАМИ ЖОРСТКОСТІ ЗА ДВОМА ПРОЕКЦІЯМИ**

#### **Завдання.**

1. Виконати креслення деталі з плоскими гранями за двома проекціями на форматі А3 відповідно до варіанту (додаток 4) за вимогами ЄСКД. Потрібно побудувати фронтальну, горизонтальну та профільну проекції деталі. У завданні наведені лише фронтальна та горизонтальна проекції деталі. Профільну проекцію потрібно побудувати користуючись відомими методами нарисної геометрії та інженерної графіки [1, 2].
2. Побудувати осьові лінії та проставити відповідні геометричні розміри.
3. Заповнити основний напис формату.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Створення бобишки обертанням профілю навколо осі.
2. Створення тривимірної моделі методом витягування профілю по криволінійній траєкторії.
3. Створення тривимірної моделі методом завдання елементів по перетинах без напрямної кривої.
4. Створення тривимірної моделі методом завдання елементів по перетинах з напрямною кривою.
5. Створення та налаштування спіралеподібних кривих.



## **Практична робота № 5** **ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ ТА** **КОНІЧНИМИ ПОВЕРХНЯМИ ЗА ЇЇ ІЗОМЕТРИЧНОЮ** **МОДЕЛЛЮ**

### **Завдання.**

1. Виконати креслення деталі з циліндричними та конічними поверхнями за її ізометричною моделлю на форматі А3 відповідно до варіанту (додаток 5) за вимогами ЄСКД. Потрібно побудувати три проекції деталі, причому фронтальна проекція повинна відповідати виду А, зображеному на завданні [1, 2].

2. Побудувати осьові лінії та проставити відповідні геометричні розміри.

3. Заповнити основний напис формату.

### **Питання для самоперевірки**

1. Методи побудови та види допоміжних площин.

2. Методи побудови деталей складної конфігурації.

3. Створення елементів витягуванням за напрямними кривими.

4. Правила побудови напямної кривої.

5. Створення елементів, витягнутих по траєкторії.

## **Практична робота № 6** **ОЗНАЙОМЛЕННЯ З 3D МОДЕЛЮВАННЯМ В** **CAD СИСТЕМАХ**

На зайнятті викладач повинен ознайомити студента з основами 3D моделювання в одній із CAD систем: AUTOCAD, FreeCAD, SolidWorks чи іншій. В процесі ознайомлення потрібно використовувати навчальні відеоматеріали запропоновані викладачем [1, 2].

Побудова 3D моделі деталі можна розділити на такі етапи:

1. Аналіз деталі з точки зору мінімальної кількості операцій видавлювання.

2. Побудова видавлюванням найбільшого елемента деталі.

3. Побудова інших елементів видавлюванням та вирізанням.

4. Назвати деталь у дереві побудови. Зберегти і назвати файл.

5. Згенерувати фронтальну, горизонтальну та профільну проекції з позначеннями ліній невидимих об'єктів та одну з аксонометричних проекцій.

6 Наведення осьових ліній.

7 Проставлення розмірів деталей та їх основних елементів.

### **Завдання.**

1. За навчальними відеоматеріалами побудувати 3D модель деталі типу «вилка», чи іншої, такого ж рівня складності.

### **Питання для самоперевірки**

1. Інструменти побудови тривимірних ескізів.
2. Відмінності між двовимірним і тривимірним ескізом.
3. Двовимірні побудови в тривимірному просторі.
4. Система координат в тривимірному ескізі.
5. Види допоміжних кривих в Solid Works.
6. Послідовність дій при створенні об'єднаних кривих.

## **Практична робота № 7 ВИКОНАННЯ 3D МОДЕЛІ ДЕТАЛІ ТИПУ “ВАЛ”**

### **Завдання.**

1. Побудувати 3D модель деталі типу «вал» методом видавлювання циліндрів відповідних розмірів чи методом видавлювання обертанням відповідно до варіанту (додаток 1) [1, 2].
2. Згенерувати креслення деталі типу «вал» на форматі А3. Вад А на завданні вказую на фронтальну проекцію.
3. Згенерувати ізометрію чи диметрію деталі.
4. Згенерувати вказані на завданні перерізи А, Б, та В.
5. Побудувати відповідні осьові лінії та проставити геометричні розміри. Оформити креслення відповідно до вимог ЄСКД.
6. Заповнити основний напис формату.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що являє собою елемент «оболонка». Опишіть послідовність дій при створенні оболонки в SolidWorks. Зв'язок між радіусом округлення та товщиною оболонки. 59 Види отворів під кріплення, доступні для створення в SolidWorks. Опишіть способи створення отворів в SolidWorks.

## **Практична робота № 8 ВИКОНАННЯ 3D МОДЕЛІ ДЕТАЛІ З ПЛОСКИМИ ГРАНЯМИ ЗА ДВОМА ПРЕКЦІЯМИ**

### **Завдання.**

1. Побудувати 3D моделі двох деталей з плоскими гранями за їх двома проекціями методом видавлювання відповідно до варіанту (додаток 6) [1, 2].
2. Згенерувати креслення двох цих деталей на форматах А3, зобразивши їх фронтальні, горизонтальні та профільні проекції і відобразивши невидимі лінії.
3. Згенерувати ізометрію чи диметрію деталі.
4. Побудувати осьові лінії та проставити відповідні геометричні розміри. Оформити креслення відповідно до вимог ЄСКД.
5. Заповнити основний напис формату.

### **Питання для самоперевірки**

1. Моделювання базової крайки.
2. Додавання крайки під кутом.
3. Додавання нових згинів.
4. Моделювання елемента ребро–крайка і редагування його профілю в ескізі.
5. Додавання і згинання виступу.
6. Створення закритого кута.

## **Практична робота № 9 ВИКОНАННЯ 3D МОДЕЛІ ДЕТАЛІ З ПЛОСКИМИ ГРАНЯМИ ЗА ЇЇ ІЗОМЕТРИЧНОЮ МОДЕЛЛЮ**

### **Завдання.**

1. Побудувати 3D моделі двох деталей з плоскими гранями за їх ізометричними моделями методом видавлювання відповідно до варіанту (додаток 7) [1, 2].
2. Згенерувати креслення двох деталей на форматах А3. Потрібно згенерувати три проекції кожної деталі, причому фронтальна проекція повинна відповідати виду А, зображеному на завданні.
3. Згенерувати ізометрію чи диметрію деталі.
4. Побудувати осьові лінії та проставити відповідні геометричні розміри. Оформити креслення відповідно до вимог ЄСКД.
5. Заповнити основний напис формату.


### **Питання для самоперевірки**

1. Методи побудови та види допоміжних площин.
2. Методи побудови деталей складної конфігурації.
3. Створення елементів витягуванням за напрямними кривими.
4. Алгоритм побудови об'єднаної кривої.
5. Створення елементів, витягнутих по траєкторії з використанням напрямної кривої.

## **Практична робота № 10 ВИКОНАННЯ 3D МОДЕЛІ ДЕТАЛІ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ ТА КОНІЧНИМИ ПОВЕРХНЯМИ ЗА ДВОМА ПРОЕКЦІЯМИ**

### **Завдання.**

1. Побудувати 3D модель деталі з циліндричними чи конічними поверхнями за двома проекціями методом видавлювання відповідно до варіанту (додаток 3) [1, 2].
2. Згенерувати креслення деталі на форматі А3. Потрібно зобразити фронтальну, горизонтальну та профільну проекції деталі та невидимі лінії.
3. Згенерувати ізометрію чи диметрію деталі.

- 
4. Побудувати осьові лінії та проставити відповідні геометричні розміри. Оформити креслення відповідно до вимог ЄСКД.
  5. Заповнити основний напис формату.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Види проектування складальної одиниці.
2. Принцип створення складальної одиниці «зверху донизу».
3. Принцип створення складальної одиниці «знизу доверху».
4. Типи сполучень між частинами складальної одиниці.
5. Інтерференція і конфлікти між компонентами складальної одиниці.
6. Використання спрощень при проектуванні складальних одиниць.

### **Практична робота № 11 ВИКОНАННЯ 3D МОДЕЛІ ДЕТАЛІ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ ТА КОНІЧНИМИ ПОВЕРХНЯМИ ЗА ЇЇ ІЗОМЕТРИЧНОЮ МОДЕЛЛЮ**

#### **Завдання.**

1. Побудувати 3D модель деталі з циліндричними чи конічними поверхнями за її ізометричною моделлю методом видавлювання відповідно до варіанту (додаток 5) [1, 2].
2. Згенерувати креслення деталі на форматі А3. Потрібно зобразити три проекції деталі та відобразити невидимі лінії, причому фронтальна проекція повинна відповідати виду А, зображеному на завданні.
3. Згенерувати ізометрію чи диметрію деталі.
4. Побудувати осьові лінії та проставити відповідні геометричні розміри. Оформити креслення відповідно до вимог ЄСКД.
5. Заповнити основний напис формату.


#### **Питання для самоперевірки**

1. Визначення та зміст документу «специфікація».
2. Вимоги до оформлення специфікацій. Опишіть структуру специфікації.
3. Вкажіть функції додатку Swr-специфікація.
4. Опишіть послідовність дій для підключення додатку Swrспецифікація до системи SoolidWorks.

### **Практична робота № 12 ВИКОНАННЯ 3D МОДЕЛІ ДЕТАЛІ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ ПОВЕРХНЯМИ ТА РЕБРАМИ ЖОРСТКОСТІ ЗА ДВОМА ПРОЕКЦІЯМИ**

#### **Завдання.**

1. Побудувати 3D модель деталі з циліндричними поверхнями та ребрами жорсткості за її двома проекціями методом видавлювання відповідно до варіанту (додаток 4) [1, 2].



2. Згенерувати креслення деталі на форматі А3. Потрібно зобразити фронтальну, горизонтальну та профільну проекції деталі і відобразити невидимі лінії.

3. Згенерувати ізометрію чи диметрію деталі.

4. Побудувати осьові лінії та проставити відповідні геометричні розміри. Оформити креслення відповідно до вимог ЄСКД.

5. Заповнити основний напис формату.

### **Питання для самоперевірки**

1. Опишіть загальний алгоритм створення специфікації засобами системи автоматизованого проектування SolidWorks?

2. Опишіть послідовність дій при додаванні до специфікації матеріалу.

3. Як виконати сортування даних у специфікації?

4. Як виконати імпорт інформації про деталі складальної одиниці у програму SWR-Спецификация?



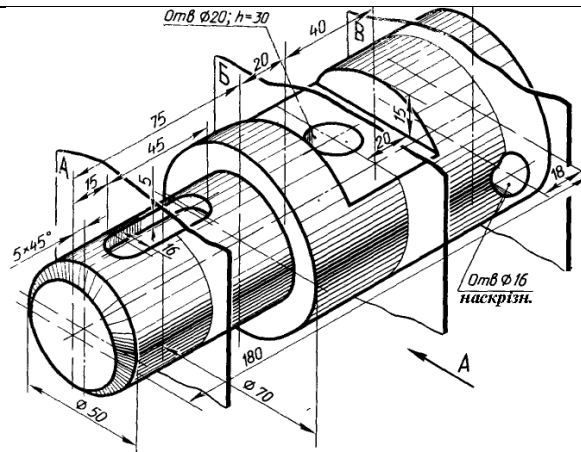
## ЛІТЕРАТУРА

1. Козяр М. М., Фещук Ю. В., Парфенюк О. В. Комп'ютерна графіка: SolidWorks : навч. посібник. Херсон : ОЛДІ-плюс, 2018. 252 с.
2. Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні / Л. Є. Пелевін та ін. Київ : Інтерсервіс, 2016. 258 с.
3. Автоматизація виробничих процесів / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед. Київ : Ліра-К, 2021. 378 с.
4. Webster J. G., Eren H. Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook Spatial, Mechanical, Thermal, and Radiation Measurement. CRC Press, 2017. 1640 p.
5. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Човнюк Ю. В. Механотроніка : Київ : КНУБА, 2012. 357 с.

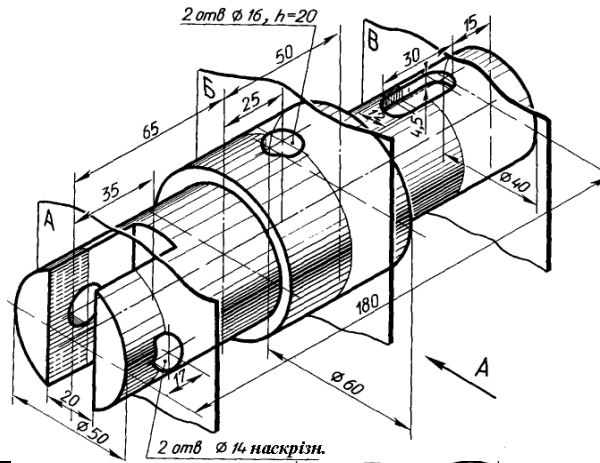
<p>1</p>	
<p>2</p>	
<p>3</p>	
<p>4</p>	



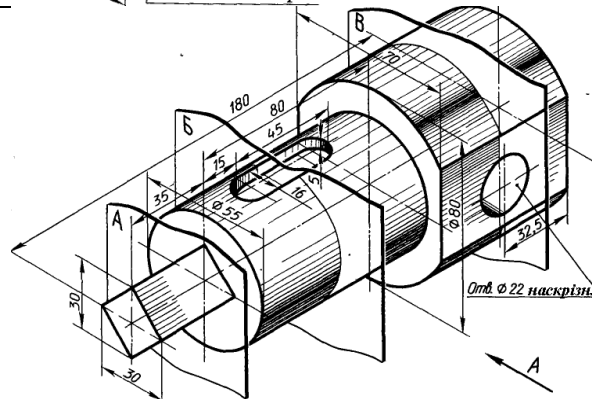
9



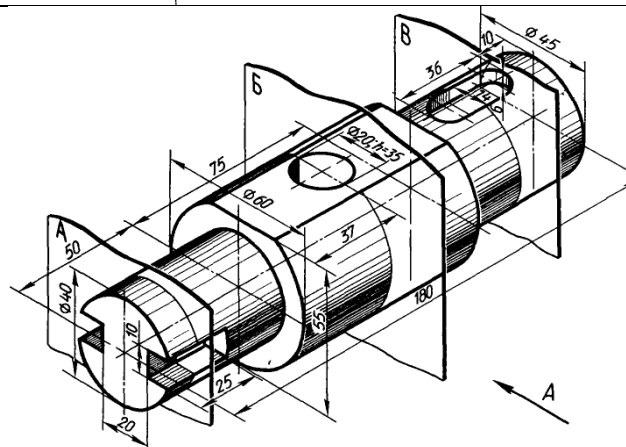
10



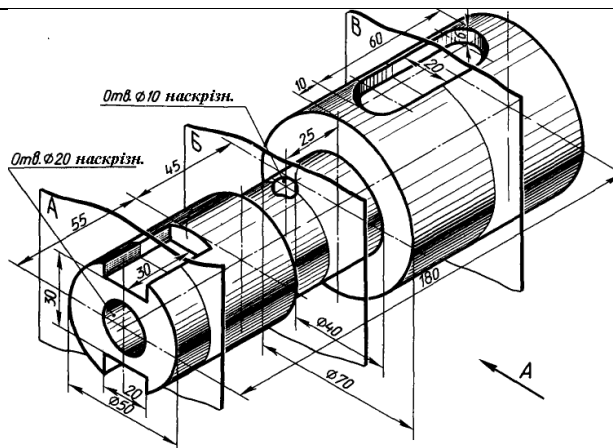
11



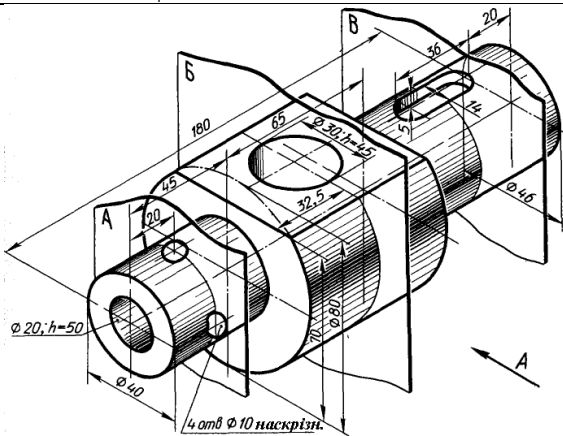
12

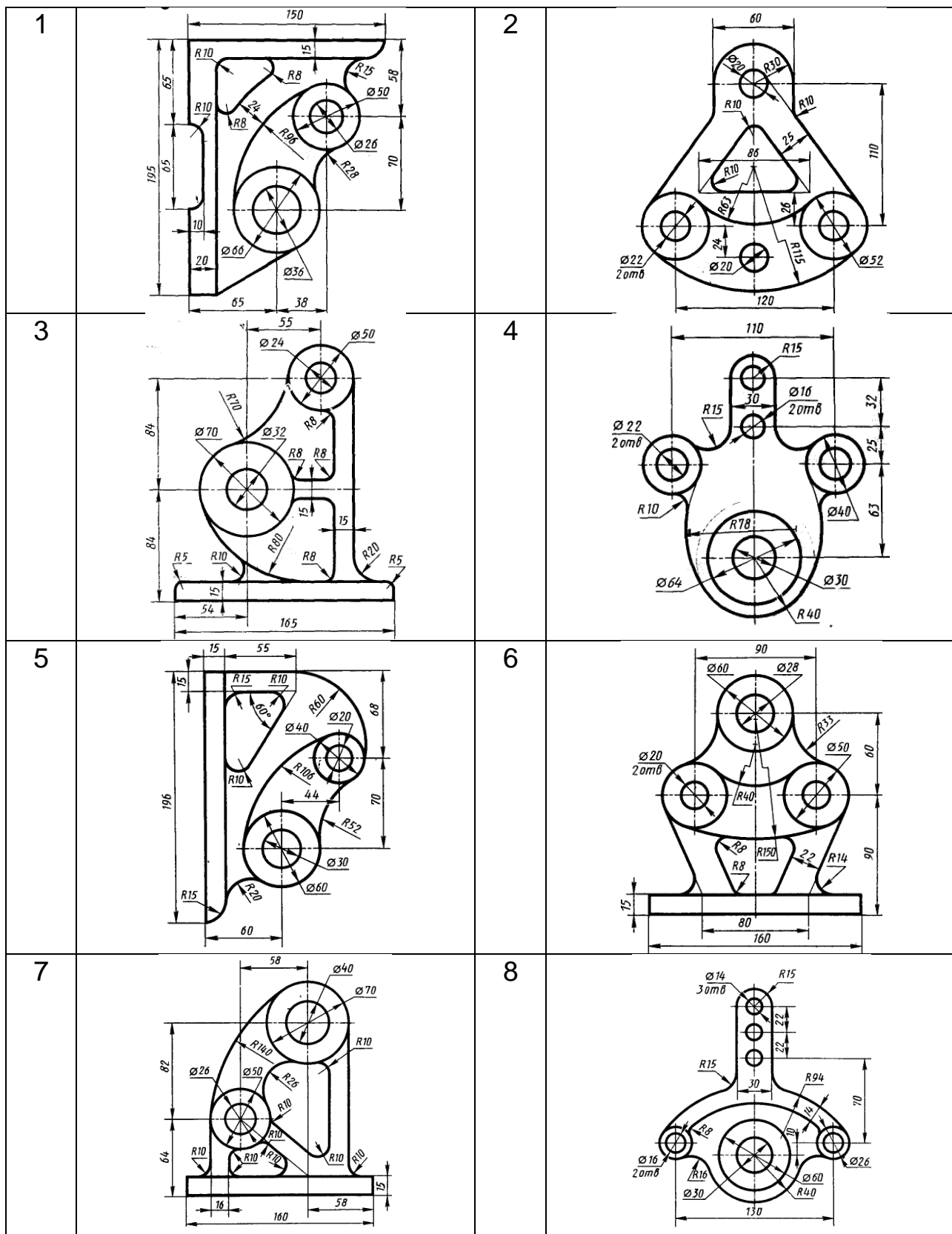


13



14







<p>1</p>		<p>2</p>	
<p>3</p>		<p>4</p>	
<p>5</p>		<p>6</p>	
<p>7</p>		<p>8</p>	

9		10	
11		12	
13		14	



9	<p>11</p>	10	<p>12</p>
11	<p>12</p>	12	<p>12</p>
13	<p>15</p>	14	<p>14</p>



<p>1</p>	
<p>2</p>	
<p>3</p>	
<p>4</p>	

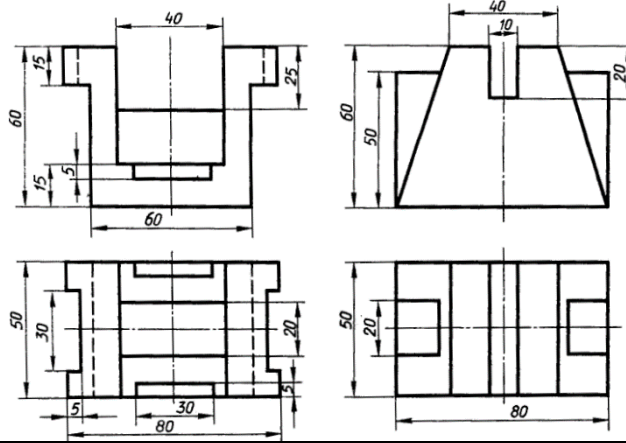


5		
6		
7		
8		

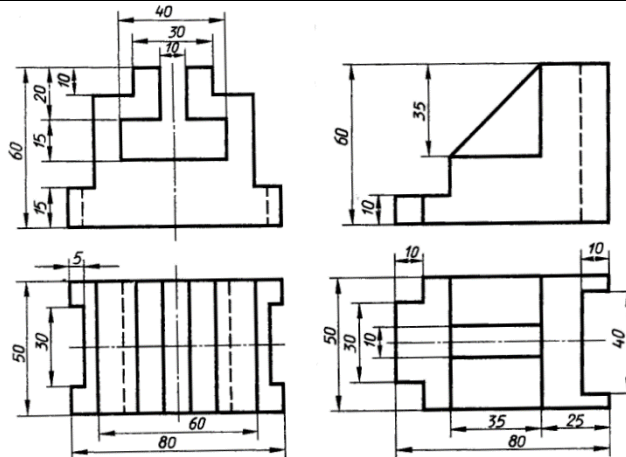


9	<p>Technical drawing for problem 9 showing front, top, and side views of a stepped shaft. Dimensions include: 60, 40, 25, 10, 50, 30, 15, 15, 50, 20, 60, 80, 50, 10, 5, 5, 10, 80.</p>
10	<p>Technical drawing for problem 10 showing front, top, and side views of a stepped shaft. Dimensions include: 40, 30, 40, 10, 20, 20, 60, 20, 15, 20, 20, 30, 35, 50, 10, 50, 80, 10, 50, 30, 80.</p>
11	<p>Technical drawing for problem 11 showing front, top, and side views of a stepped shaft. Dimensions include: 60, 40, 20, 20, 50, 20, 10, 20, 80, 35, 35, 60, 10, 50, 20, 25, 15, 10, 30, 5, 15, 15, 35, 80.</p>
12	<p>Technical drawing for problem 12 showing front, top, and side views of a stepped shaft. Dimensions include: 60, 50, 40, 15, 60, 10, 20, 30, 10, 60, 10, 50, 30, 80, 10, 50, 30, 80, 20.</p>

13



14









*Навчально-методичне видання*

**Микола Віталійович Голотюк  
Олена Олександрівна Налобіна  
Олег Зіновійович Бундза**

**СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ  
МЕХАТРОННИМИ КОМПЛЕКСАМИ**

**методичні рекомендації  
до виконання практичних робіт**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції