

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

# **ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

**Розділ 1. Основи твердотілого параметричного  
моделювання в системі SolidWorks**

**Навчальний посібник**

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра,  
за освітньою програмою «Технічні та програмні засоби автоматизації»  
спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Електронне мережне навчальне видання

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2022

Укладач: *Плашихін С.В.*, канд. техн. наук, доцент  
*Складанний Д.М.*, канд. техн. наук, доцент  
*Запорожець Ю.А.*, канд. техн. наук  
*Мердох С.Л.*, канд. техн. наук

Рецензент: *Степанюк А.Р.*, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний редактор: *Ковалюк Д.О.*, канд. техн. наук, доцент

*Гриф надано Методичною Радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(протокол № 2 від 30.09.2022 р.)*

*За поданням Вченої ради інженерно-хімічного факультету  
(протокол № 8 від 01.09.2022 р.)*

Навчальний посібник є частиною навчально-методичного забезпечення з дисципліни та розроблений у відповідності до її програми (силабусу). Посібник призначений для надання допомоги здобувачам в процесі підготовки та виконання комп'ютерних практичних робіт. До кожної роботи подано теоретичні відомості, порядок та приклад проведення розрахунків, оброблення результатів та оформлення звіту з практикуму. Для студентів, які навчаються за освітньою програмою Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Реєстр. № НП 22/23-096. Обсяг 3,5 авт. арк.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056  
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>5</b>
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 ІНТЕРФЕЙС ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ SOLIDWORKS ТА ПОБУДОВА ГРАФІЧНИХ ПРИМІТИВІВ .....</b>	<b>7</b>
1.1. Короткі теоретичні відомості.....	7
1.2. Опис практичних засобів та обладнання.....	11
1.3. Заходи безпеки під час виконання практичної роботи.....	11
1.4. Послідовність виконання практичної роботи .....	11
1.5. Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту .....	11
1.6. Контрольні запитання .....	12
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 СТВОРЕННЯ ЕСКІЗУ ДЕТАЛІ В SOLIDWORKS .....</b>	<b>13</b>
2.1. Короткі теоретичні відомості.....	13
2.2. Опис практичних засобів та обладнання.....	21
2.3. Заходи безпеки під час виконання практичної роботи.....	21
2.4. Послідовність виконання роботи.....	21
2.5. Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту .....	21
2.6. Контрольні запитання .....	26
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ В SOLIDWORKS .....</b>	<b>27</b>
3.1. Короткі теоретичні відомості.....	27
3.2. Опис практичних засобів та обладнання.....	37
3.3. Заходи безпеки під час виконання практичної роботи.....	38
3.4. Послідовність виконання роботи.....	38
3.5. Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту .....	38
3.6. Контрольні запитання .....	38
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ЗБІРКИ В SOLIDWORKS .....</b>	<b>40</b>
4.1. Короткі теоретичні відомості.....	40
4.2. Опис практичних засобів та обладнання.....	44
4.3. Заходи безпеки під час виконання практичної роботи.....	45
4.4. Послідовність виконання роботи.....	45

4.5. Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту .....	45
4.6. Контрольні запитання .....	56
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>57</b>
<b>ДОДАТОК А. ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ .....</b>	<b>58</b>
<b>ДОДАТОК Б. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ №1 .....</b>	<b>63</b>
<b>ДОДАТОК В. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ №2 .....</b>	<b>65</b>
<b>ДОДАТОК Г. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ №3 .....</b>	<b>74</b>
<b>ДОДАТОК Д. ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ №4 .....</b>	<b>83</b>

## ВСТУП

Навчальна дисципліна «*Параметричне моделювання технологічних процесів*» вивчається здобувачами першого рівня підготовки спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології у п'ятому навчальному семестрі.

*Мета і завдання практикуму* – закріпити на практиці вміння та досвід, отримані в процесі вивчення кредитного модулю «Параметричне моделювання технологічних процесів». Матеріал практикуму спрямований на одержання практичних вмінь використання комп'ютерного моделювання для дослідження технологічних процесів.

Навчальна дисципліна є нормативною і згідно з структурно-логічною схемою навчання за освітньою програмою, для її успішного освоєння студент повинен:

- набути компетентності та отримати результати навчання, передбачені освітньою програмою вищої освіти ступеня бакалавра;
- мати уміння та досвід роботи з персональним комп'ютером на рівні впевненого користувача;
- засвоїти курс «Математичне моделювання» або аналогічний йому на рівні бакалаврської підготовки, а також в достатній мірі мати знання та розуміння технологічних процесів, процесів тепломасообміну та технологічних рішень; бути зацікавленим у набутті знань та досвіду у сфері вирішення практичних задач параметричного моделювання технологічних процесів.

В процесі опанування навчальної дисципліни заплановане виконання здобувачами дев'яти комп'ютерних практичних робіт. Для кожної роботи подано основні теоретичні відомості та розрахункові формули і розглянуто типовий приклад виконання. Для самоперевірки засвоєння матеріалу роботи подано контрольні запитання.

Протягом заняття здобувач повинен засвоїти тему, мету і завдання практичної роботи, повторити основні теоретичні положення за темою роботи і самостійно виконати розрахунки за своїм варіантом завдання. Роботи виконуються на персональному комп'ютері з використанням програми Solid Works. Вибір версії програмного забезпечення для їх виконання залишається за здобувачем.

# Практична робота №1


## Інтерфейс програмного комплексу SolidWorks та побудова графічних примітивів



**Мета та основні завдання:** Ознайомитися з інтерфейсом SolidWorks. Сформувані у студентів початкові навички роботи у програмному комплексі SolidWorks.

**Завдання<sup>1</sup>** Вивчити основні елементи інтерфейсу програмного комплексу SolidWorks. Розглянути пункти меню «Вставка», «Инструменты», «Панели инструментов».

### 1.1. Короткі теоретичні відомості

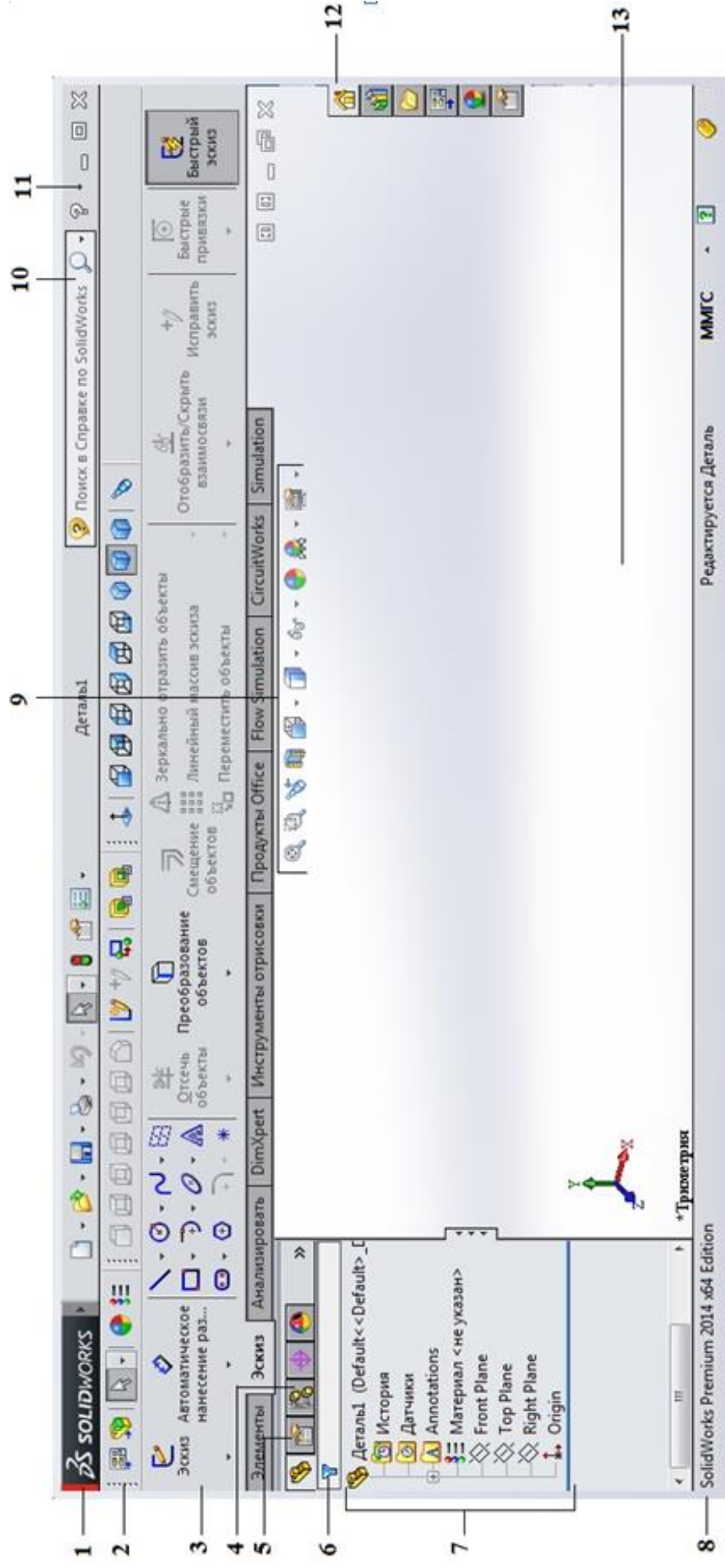
SolidWorks – це система автоматизованого проектування, що використовує знайомий користувачеві графічний інтерфейс Microsoft Windows. Цей легкий в освоєнні засіб дозволяє інженерам–проектувальникам швидко відображати свої ідеї в ескізі, експериментувати з елементами й розмірами, а також створювати моделі й креслення.

Запуск програми здійснюється натисканням по ярлику  на робочому столі або меню ПУСК→ПРОГРАМИ→SolidWorks.

Відразу після запуску SolidWorks відкривається інтерфейс (рисунок1), де можна або «Открыть»  існуючі файли деталей, збірок або креслень, або «Создать»  нові файли деталей, збірок і креслень.

---

<sup>1</sup> Відповіді на зазначені теоретичні питання занести в протокол при підготовці до виконання практичної роботи.



1 – Рядок меню; 2 – Панели инструментов; 3 – Диспетчер команд; 4 – Configuration Manager (Менеджер конфигурації); 5 – Property Manager (Менеджер властивостей); 6 – Feature Manager (Фільтр дерева конструювання); 7 – Feature Manager (Дерево конструювання); 8 – Рядок стану; 9 – Панель інструментів керування перегляду; 10–Пошук SolidWorks; 11 – Спливаюче меню "Довідка"; 12 – Панель завдань; 13 – Графічна область

Рисунок 1.1 – Интерфейс SolidWorks



Панелі інструментів. Кнопки Панелі інструментів дають можливість швидкого доступу до часто використовуваних команд. Можна розмістити Панелі інструментів так, як це буде зручно.

Для того, щоб відобразити або сховати окремі Панелі інструментів необхідно вибрати меню «Вид», «Панели инструментов» або правою кнопкою миші натиснути на рамку вікна SolidWorks. З'явиться список всіх Панелей інструментів. Панелі інструментів, відзначені галочкою, відображаються на екрані; а ті, які не відзначені, – приховані (рисунок 1.2).

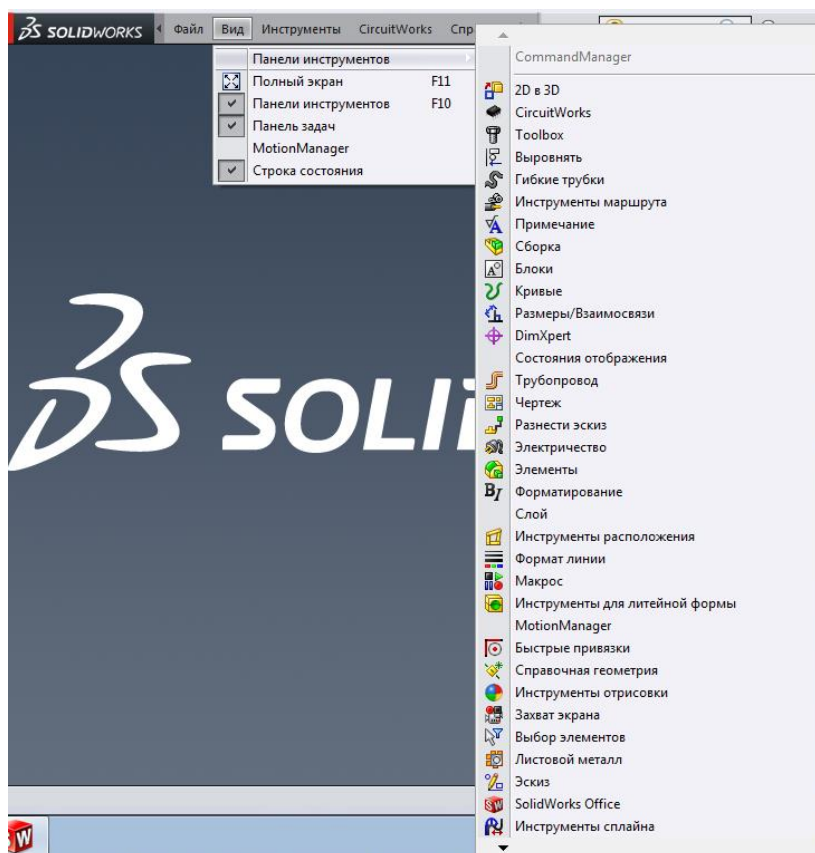


Рисунок 1.2 – Панелі інструментів SolidWorks

Налаштування Панелі інструментів. Для додавання й видалення командних кнопок для налаштування Панелі інструментів можна: перенести кнопки з однієї Панелі інструментів на іншу; зробити копії кнопок і розмістити їх на декількох Панелях інструментів; видалити ті кнопки, які ніколи не будуть використатися; перегрупувати командні кнопки на Панелях інструментів.

Для налаштування команд на Панелі інструментів необхідно:

1. Вибрати «**Інструменти**» → «**Налаштування**».
2. Натиснути на вкладку «**Команди**» (рисунок 1.3).
3. Натиснути на кнопку й перетягнути її з діалогового вікна в інше місце на Панелі інструментів або в іншу Панель інструментів.
4. Для видалення кнопки з Панелі інструментів, натиснути на кнопку й перетягнути її з Панелі інструментів у Графічну область.
5. Щоб перегрупувати командні кнопки на Панелях інструментів, необхідно перенести кнопки з однієї Панелі інструментів на іншу.
6. Внести виправлення й натиснути ОК.

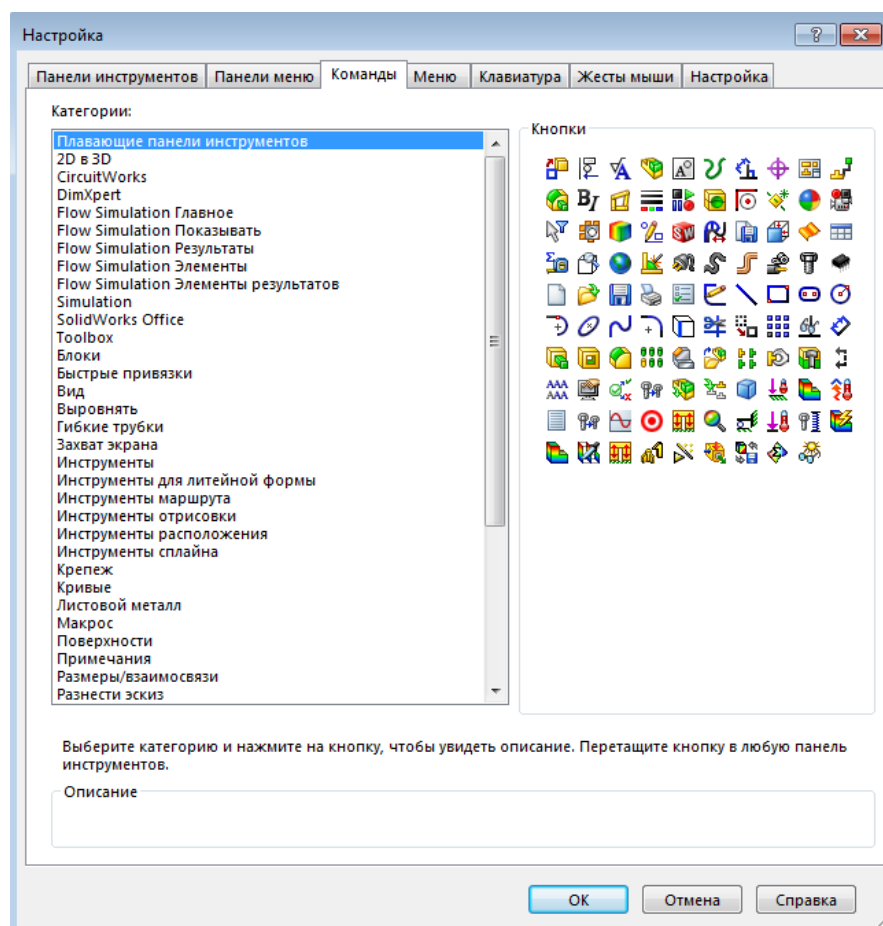


Рисунок 1.3 – Діалогове вікно «**Налаштування**»

З метою більш поглибленого вивчення теоретичних основ даної практичної роботи рекомендується використати конспект лекцій з курсу та список рекомендованої літератури до даних методичних вказівок.

## **1.2. Опис практичних засобів та обладнання**

Практична робота виконується на персональному комп'ютері стандарту IBM PC під керуванням операційної системи MS Windows зі стандартним пакетом MS Office та програмним комплексом SolidWorks.

## **1.3. Заходи безпеки під час виконання практичної роботи**

Заходи безпеки, яких треба дотримуватись при виконанні даної практичної роботи, наведені у Додатку А.

## **1.4. Послідовність виконання практичної роботи**

1. Відповідно до отриманого варіанту завдання (Додаток Б) в програмному комплексі SolidWorks виконати побудову наступних графічних примітивів:

- відрізок за заданими довжиною і кутом нахилу;
- прямокутник за заданими довжиною і висотою;
- дугу за заданими радіусом та початковим і кінцевим кутами;
- коло заданим діаметром, дотичне до вказаного елемента;
- еліпс за вказаними довжинами осей;
- правильний багатокутник із вказаною кількістю вершин і радіусом кола.

2. Продемонструвати результати роботи викладачу.

3. Оформити протокол практичної роботи.

## **1.5. Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту**

При оформленні звіту з практичної роботи до заздалегідь підготовленого протоколу (див. завдання до практичної роботи) додається:

- роздруковані аркуші з результатами виконаної роботи;
- опис по етапах порядку створення графічних примітивів.

## 1.6. Контрольні запитання

1. Опишіть основні елементи інтерфейсу програмного комплексу SolidWorks та вкажіть їх місцезнаходження за замовчуванням. Перерахуйте основні панелі інструментів програмного комплексу SolidWorks.
2. Що таке панель "Диспетчер команд"? Де вона знаходиться в програмному комплексі SolidWorks?
3. Для чого використовується Feature Manager (Дерево конструювання)? Де воно знаходиться в програмному комплексі SolidWorks?
4. Як називається Панель вікна SolidWorks, на якій відображається візуальне уявлення деталей, збірок і креслень?
5. З яких елементів складається модель SolidWorks? Чим вони відрізняються між собою?

## Практична робота №2

### Створення ескізу деталі в SolidWorks

**Мета та основні завдання:** Виробити у студентів уміння і навички побудови ескізів у програмному комплексі SolidWorks.

**Завдання<sup>1</sup>.** Розглянути основні принципи та способи побудови ескізів. Ознайомитися з командами **«Зеркально отобразить объекты»** та **«Прорисовка массивов»**; способи додавання округлень та фасок.

#### 2.1. Короткі теоретичні відомості

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 рисування ескізу. Зазвичай використовується двовимірний ескіз (плоский), приблизно так, як це роблять люди на аркуші паперу. В SolidWorks такі ескізи рисуються 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 три взаємно ортогональних площинах **«Спереди»**, **«Сверху»** та **«Сбоку»** (рисунок 2.1). Первісний вибір тієї або іншої площини не має істотного значення. Дані площини дозволяють створювати тривимірні елементи деталі в трьох

---

<sup>1</sup> Відповіді на зазначені теоретичні питання занести в протокол при підготовці до виконання практичної роботи.

напрямах. Звичайно, процес рисування ескізу починається з передньої площини. Крім того, можна створювати свої власні площини (навіть не ортогональні) і побудову ескізу починати з них.

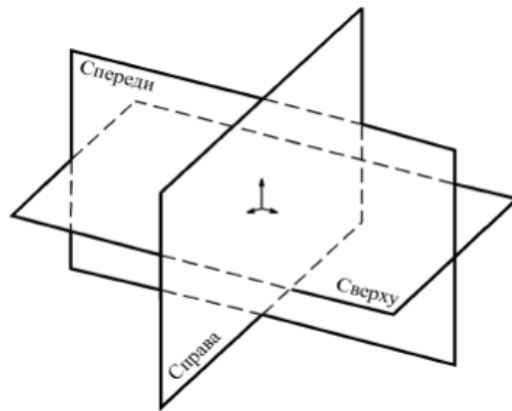



Рисунок 2.1 – Базові площини для створення ескізів

У кожному ескізі є своя вихідна точка, тому в деталі зазвичай буває кілька вихідних точок. Коли ескіз відкритий, то не можна відключати відображення його вихідної точки. Вихідна точка відображається червоним кольором у відкритому ескізі й допомагає визначити координати точок ескізу. Рисування 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.

Створення будь-якої деталі починається з побудови ескізу, тому розгляд способів створення ескізів в SolidWorks починається з побудови простих ескізів. Прості ескізи, як правило, складаються з примітивів: відрізок, прямокутник, ромб, коло, овал, дуга багатокутники, складні криві і фігури (еліпси, параболи, сплайни і ін.), з'єднаних у замкнутий контур.

Простий ескіз можна створювати:

- на будь-якій площині за замовчуванням («Спереди», «Сверху» або «Сбоку»);
- на будь-якій площині, створеної інструментами «Справочной геометрии плоскости»;
- плоскій грані твердотілого об'єкта.

Для побудови двовимірного ескізу необхідно виконати команду верхнього меню «Вставка» → «Ескиз» або натиснути кнопку «Ескиз»  на Панелі інструментів «Ескиз» (рисунок 2.2)

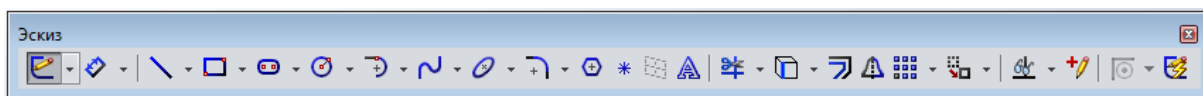


Рисунок 2.2 – Панель інструментів «Ескиз»

Дзеркальне відображення об'єктів. Команда дзеркального відображення об'єктів буває корисною тоді, коли необхідно спроектувати деталь, що має площину симетрії. У цьому випадку немає необхідності повністю рисувати ескіз, досить нарисувати його половину і дзеркально відобразити.

Послідовність застосування даної команди наступна:

- 1.Рисуються елементи ескізу.
2. Проводиться осьова лінія.
3. Здійснюється дзеркальне відображення вибраних елементів.

Для побудови дзеркального відображення ескізу необхідно на Панелі інструментів «Ескиз» визвати команду «Зеркально отобразить объекты» (рисунок 2.3)

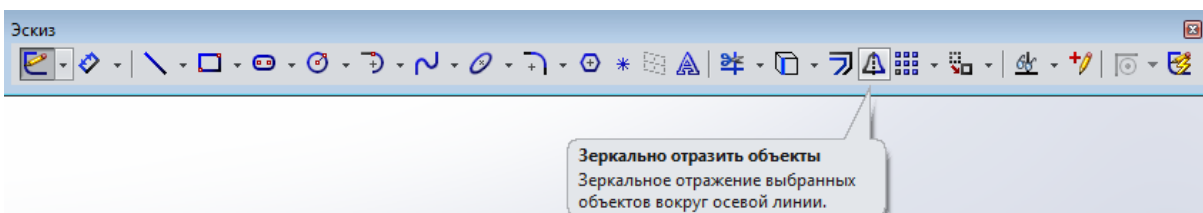


Рисунок 2.3 – Команда «Зеркально отобразить объекты»

В Менеджері властивостей відобразиться діалогове вікно (рисунок 2.4), в якому необхідно вибрати елементи для відображення та лінію, відносно якої необхідно відобразити вибрані елементи.

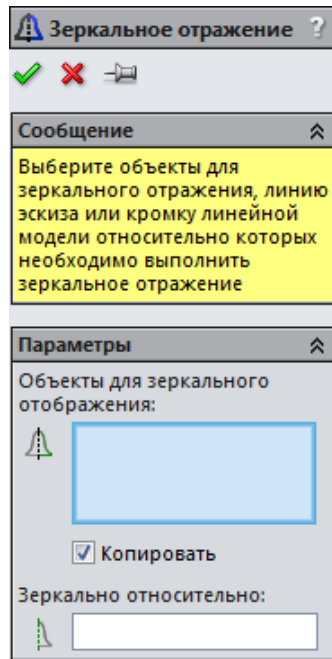




Рисунок 2.4 – Діалогове вікно «Зеркальное отображение»

У полі «**Зеркально относительно:**» вказується осьова лінія. У вікні повинно з'явитися найменування лінії, наприклад Лінія 1. Далі в списку «**Объекты для зеркального отображения:**» вказуються послідовно всі елементи ескізу (крім осової лінії). Щоб вибрати елементи для відображення необхідно натискати мишею по елементам ескізу і їхні імена будуть з'являтися в Менеджері властивостей у списку "«**Объекты для зеркального отображения:**». При цьому самі елементи ескізу забарвляться в блакитний колір. По мірі вказівки елементів будуть з'являтися їх відображені образи. Для завершення Дзеркального відображення об'єкта в діалоговому вікні «**Зеркальное отображение**» необхідно натиснути ОК .

Додавання округлення. Інструмент «**Скругление**» використовується для зрізання кута на перетині двох об'єктів ескізу, при цьому створюється дотична дуга. Даний інструмент доступний в 2D і 3D ескізах. Інструмент «**Скругление**» на Панелі інструментів «**Элементы**» створює округлення на таких об'єктах, як кромки в деталях. Округлення можна виконувати з



постійним або змінним радіусом. В останньому випадку для кожної пари відрізків, що необхідно округлити, вказується свій радіус.

Щоб виконати округлення двох відрізків необхідно на панелі інструментів «Эскиз» натиснути кнопку «Скругление» . В Менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно «Скругление» (рисунок 2.5), в якому можна задати радіус округлень, наприклад, 5 мм. Цей розмір задається в розділі «Параметры скругления». Задавши розмір, необхідно вказати два відрізки, кут між якими буде округлюватися.

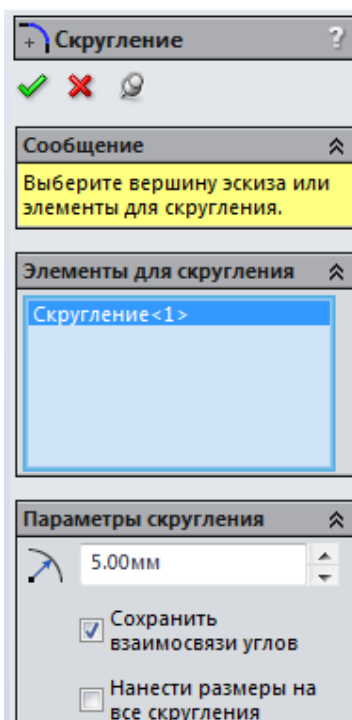



Рисунок 2.5 – Діалогове вікно «Скругление»

Додавання фаски. Інструмент «Фаска» застосовує обробку типу фаски до суміжних елементів в дво- і тривимірних ескізах. Даний інструмент доступний в 2D і 3D ескізах. Інструмент «Фаска» на Панелі інструментів «Элементы» створює фаски на таких об'єктах, як кромки в деталях.

Щоб додати в ескіз фаску необхідно на панелі інструментів «Эскиз» натиснути кнопку «Фаска» . В Менеджері властивостей з'явиться

діалогове вікно «Фаска», в якому є вкладка «Настройки фаски» (рисунок 2.6).

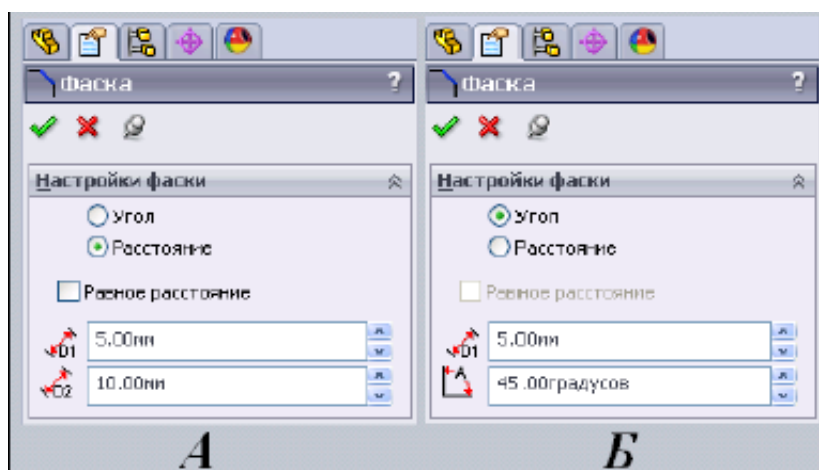


Рисунок 2.6 – Діалогове вікно «Фаска»

В налаштуваннях можна задати параметри фаски наступними способами:

– Якщо необхідно зробити фаску з рівними відстанями, тоді необхідно зробити активним режим «Расстояние», встановити прапорець «Равное расстояние» і нижче у вікні задати цю відстань. Катети фаски в цьому випадку будуть однаковими.

– Якщо необхідно зробити фаску з різними відстанями, тоді необхідно зробити активним режим «Фаска», зняти прапорець «Равное расстояние» і нижче в двох вікнах задати відстані по горизонталі і вертикалі відповідно. Катети фаски в цьому випадку будуть неоднаковими (рисунок 2.6 А).

– Якщо необхідно задати фаску за допомогою кута, тоді необхідно зробити активним режим «Угол» і нижче в двох вікнах задати розмір одного з катетів і кут нахилу фаски (рисунок 2.6 Б).


#### Використання команд прорисовування масивів.


Команди прорисовування масивів призначені для швидкого виконання ескізів з багаторазово повторюваними елементами будь-якої

форми. В SolidWorks розрізняють два види масивів – лінійний та круговий масив ескізу.

Лінійний масив. Лінійні масиви використовуються для створення копій, які можна розмістити на однаковій відстані уздовж однієї або двох траєкторій.

Щоб створити лінійний масив необхідно:

1. У відкритому ескізі вибрати «**Линейный массив**»  (Панель інструментів «Эскиз») або вибрати «**Инструменты**» → «**Элементы эскиза**» → «**Линейный массив**».

2. У вікні Property Manager в розділі «**Элементы массива**» вибрати елементи ескізу для створення масиву .

3. Встановити значення для «**Направление 1**» (Вісь X).


4. Натисніть «**Реверс направления**» .

5. Вказати «**Расстояние**»  між елементами ескізу.

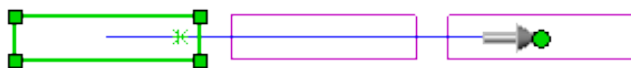
6. Вибрати «**Размещение размера X**», щоб відобразити розмір між об'єктами.

7. Встановіть «**Количество**»  об'єктів ескізу.

8. Вибрати параметр «**Показать количество экземпляров**», щоб відобразити кількість екземплярів в масиві.

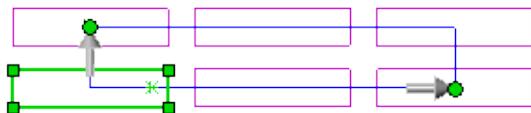
9. Вказати «**Угол**» , який використовується для створення масиву елементів ескізу.

10. Змінити відстань і кут, перетягуючи обрану точку .




11. Повторити ці операції для «**Направление 2**» (Вісь Y). Також можна вибрати параметр «**Размер угла между осями**», щоб відобразити розмір кута між масивами. Якщо обрана кромка моделі для визначення «**Направление 1**», то активується «**Направление 2**». В іншому випадку


необхідно вибрати «**Направление 2**», щоб активувати його вручну.



12. Натиснути  .


Круговий масив. Щоб створити круговий масив ескізів необхідно:



1. У відкритому ескізі натиснути «**Круговой массив**»  (панель інструментів «Эскиз») або вибрати «**Инструменты**» → «**Инструменты эскиза**» → «**Круговой массив**».


2. У вікні Property Manager в розділі «**Элементы массива**» вибрати об'єкти ескізу для створення масиву .

3. У розділі «**Параметры**» виконати наступні дії:

a) Натиснути "Реверс напрямку" .

b) Для вибору центру масиву, що відрізняється від вихідної точки ескізу, в графічній області необхідно потягнути точку вибору .

Також можна вказати значення в параметрах «**Центр X**»  і «**Центр Y**» .

c) Задати «**Интервал**» , щоб вказати загальну кількість градусів у масиві.


d) Вибрати «**Равный шаг**», щоб елементи масиву розташовувалися на рівній відстані один від одного.


e) Вибрати «**Размер радиуса**», щоб відобразити радіус кругового масиву.

f) Вибрати «**Размер углового интервала**», щоб відобразити розмір між екземплярами масиву.

g) Задати «**Количество**»  масиву.

h) Вибрати параметр «Показать количество экземпляров», щоб відобразити кількість екземплярів в масиві.

i) Задати «**Радіус**» , щоб визначити радіус масиву.

j) Задати «**Угол**» , щоб визначити кут, що вимірюється від центру обраних об'єктів до центру або вершини масиву.

4. Натиснути .

З метою більш поглибленого вивчення теоретичних основ даної практичної роботи рекомендується використати конспект лекцій з курсу та список рекомендованої літератури до даних методичних вказівок

## **2.2. Опис практичних засобів та обладнання**

Практична робота виконується на персональному комп'ютері стандарту IBM PC під керуванням операційної системи MS Windows зі стандартним пакетом MS Office та програмним комплексом SolidWorks.

## **2.3. Заходи безпеки під час виконання практичної роботи**

Заходи безпеки, яких треба дотримуватись при виконанні даної практичної роботи, наведені у Додатку А.

## **2.4. Послідовність виконання роботи**

1. Відповідно до отриманого варіанту завдання (Додаток В) в програмному комплексі SolidWorks виконати побудову ескізу.
2. Продемонструвати результати роботи викладачу.
3. Оформити протокол практичної роботи.

## **2.5. Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту**

При оформленні звіту з практичної роботи до заздалегідь підготовленого протоколу (див. завдання до практичної роботи) додається:

- роздруковані аркуші з результатами виконаної роботи;
- опис по етапах порядку створення ескізу.

Приклад виконання практичної роботи.

**Вихідні данні:** Необхідно побудувати ескіз плити, що зображений на рисунок 2.7

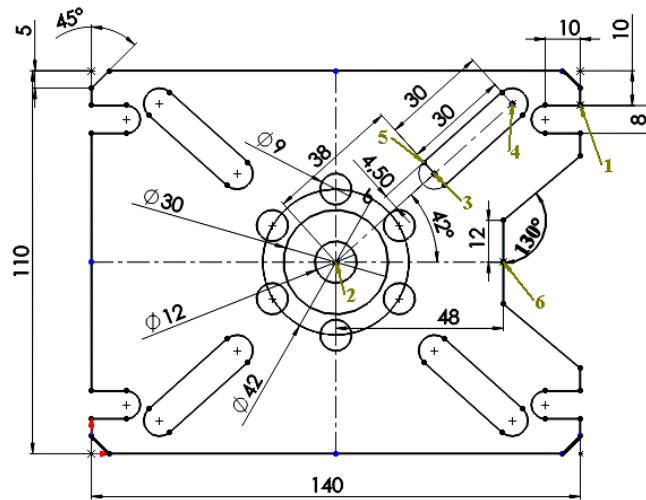





Рисунок 2.7 – Ескіз плити

Побудова ескізу:

1. Запустіть програмний комплекс SolidWorks.
2. Натисніть кнопку «Создать»  нові файли деталей, збірок і креслень.
3. Натисніть кнопку «Деталь» .
4. Натисніть в Дереві конструювання «Top Plane – «Вид сверху»».
5. Натисніть кнопку «Эскиз»  на Панелі інструментів «Эскиз».
6. Створення контуру основи плити почніть з креслення прямокутника будь-якого розміру (натиснувши кнопку цього інструменту), помістивши вершину одного з його кутів в початок координат (2 ребра, що примикають до початку координат, відразу забарвляться чорним кольором). Проставте розміри прямокутника відповідно до варіанту завдання (контури прямокутника стануть чорними, а статус ескізу – «**Определенный**»).
7. Створення системи координат ескізу. Накресліть вертикальну вісь симетрії натиснувши на кнопку «Осевая линия» на панелі інструментів ескіз та кнопку «Привязка по средним точкам» на панелі «**Быстрые привязки**» та підведіть мишку до верхньої горизонтальної сторони

прямокутника (по середині сторони з'явиться жовта точка). Натисніть по цій точці лівою кнопкою миші (ЛКМ) та проведіть вертикальну лінію до протилежної сторони прямокутника поки не з'явиться значок **«Захват линии»** і натисніть ЛКМ. Аналогічно накресліть горизонтальну осьову лінію.

Натисніть інструмент **«Точка»** і кнопку **«Привязка по середним точкам»** на панелі **«Быстрые привязки»**. Підведіть мишку до перетину вертикальної та горизонтальної вісі і натисніть ЛКМ.

Виділіть обидві побудовані вісі, натисніть кнопку **«Взаимосвязь»** і у вікні **«Свойства»** в полі **«Взаимосвязи»** натисніть на кнопку **«Перпендикулярность»** і натисніть зелену галочку. **«Дальше»**, виділіть обидві вісі і точку на їх перетині і у вікні властивостей натисніть кнопки **«Пересечение»** і **«ОК»**. (Перевірка дій: при одночасному виділенні обох осей в вікні **«Существующие взаимосвязи»** повинні стояти записи: перпендикулярність та перетин).

#### 8. Креслення правого верхнього кріпильного паза.

Поставте на правій стороні точку 1 (див. рисунок 2.7) і покажіть її відстань від верхньої сторони (на рисунку – 10 мм).

Проведіть відрізок горизонтальної лінії з т.1 (підведіть мишку до точки, щоб з'явилася помаранчева точка під покажчиком (захоплення лінії), натисніть ЛКМ і проведіть горизонтальну лінію довільної довжини). Проставте її розмір (на рисунку – 10 мм).

Нижче і поруч із т.1 з будь-якої іншої точки правої сторони проведіть лінію, паралельну першій до місця, яке SolidWorks вкаже синім пунктиром, і задайте відстань між обома лініями (на малюнку – 8 мм).

З'єднайте ліві кінці ліній дугою сполучення: натисніть на кнопки **«Касательная дуга»**, підведіть мишку до лівої точки однієї з двох сполучених ліній, натисніть ЛКМ і проведіть дугу в лівий кінець іншої лінії.

Відсічіть відрізок контуру, який закриває паз: натисніть на кнопку **«Отсечь объекты»**, у вікні **«Параметры»** натисніть кнопку **«Отсечь до**

**ближайшого»**, наведіть мишку до відрізка, який необхідно відсікти і натисніть ЛКМ.


#### 9. Створення правого верхнього подовженого пазу.

З центру контуру плити т. 2 проведіть осьову лінію під кутом  $Q = 42^{\circ}$  до горизонталі (цифра – для прикладу) до контуру: натисніть на кнопку **«Осевая линия»**, підведіть мишку до вихідної точки 2 (вона забарвиться в помаранчевий колір), натисніть ЛКМ і проведіть вісь під довільним кутом; покажіть величину кута і скорегуйте його на заданий в вимірювальному вікні.

Розставте на вісі в місцях, що приблизно відповідають заданим, дві точки (3 і 4 – див. рисунок 2.7) – центри дуг спряження країв паза (при відстеженні вісі стежте, щоб під мишкою була присутня помаранчева точка), і розставте задані відстані від центру (38 мм) і між точками (30 мм) відповідно індивідуальному завданню.

В точці 3 встановіть перпендикулярний відрізок до вісі, що дорівнює половині ширини паза: намалюйте з т.3 відрізок прямої, що приблизно перпендикулярний вісі, виділіть відрізок і вісь і накладіть на них зв'язок **«Перпендикулярность»**, викликавши вікно зв'язків, потім натиснувши кнопку **«Перпендикулярность»** в полі **«Добавить связи»**); покажіть розмір відрізка (4,5 мм), скорегувавши його на необхідний. Виділіть відрізок і у вікні **«Свойства»** встановіть галочку в вікні **«Вспомогательная геометрия»**.

З верхньої точки 5 відрізка проведіть відрізок, паралельний осі заданого розміру: проведіть відрізок приблизно до перпендикуляра до т. 4 (30 мм) і накладіть на відрізок і вісь зв'язок **«Паралельность»** (відрізок стане чорного кольору).

Виділіть відрізок і вісь і натисканням кнопки **«Зеркальное отображение»**  створіть другу кромку паза.



З'єднайте обидва кінці відрізків дугами сполучення, аналогічно сполученню країв кріпильного паза з 4-го підпункту 7 пункту – паз готовий: лінії його чорні, і статус ескізу – **«Определенный»**.

#### 10. Креслення стикувального вирізу.

Проводиться аналогічно побудові паза з розміщенням на горизонтальній осі т. 6 на відстані від центру 2 – 48 мм (див. рисунок 2.7), кресленням перпендикуляра в цій точці, завданням його величини 12 мм і зв'язку з горизонтальною віссю виду **«Перпендикулярность»**, проведенням похилої кромки вирізу під заданим кутом  $130^{\circ}$  до вертикалі, дзеркальним відображенням побудованих елементів відносно горизонтальної вісі і вирізанням відрізків контуру і горизонтальної вісі всередині вирізу.

11. Симетричні елементи ескізу (наприклад, кріпильні пази по контуру плити – див. рисунок 2.7) утворюються шляхом відображення вихідного елемента щодо відповідної вісі симетрії. Наприклад, лівий верхній паз виходить шляхом дзеркального відображення вихідного правого паза щодо вертикальної вісі шляхом виділення всіх елементів правого паза і вертикальної вісі з подальшим натисканням кнопки **«Зеркальное отображение»**.

#### 12. Креслення ескізу центрального отвору.

З центру контуру плити т. 2 будуюмо коло заданого діаметру (12 мм): натисніть на кнопку **«Окружность»** на панелі **«Эскиз»**, підведіть мишку до вихідної точки 2 (вона забарвиться в помаранчевий колір), натисніть ЛКМ і намалюйте коло та проставте розмір його діаметру.


#### 13. Креслення ескізу вирізу навколо центрального отвору.

З центру контуру плити т. 2 будуюмо коло заданого діаметру (30 мм): натисніть на кнопку **«Окружность»** на панелі **«Эскиз»**, підведіть мишку до вихідної точки 2 (вона забарвиться в помаранчевий колір), натисніть ЛКМ і намалюйте коло та проставте розмір його діаметру.

14. Створення симетричної групи круглих отворів інструментом **«Круговой массив эскиза»**.


Створіть коло заданим діаметром (42 мм) на якому будуть розташовані центри масиву отворів і задайте його властивість **«Вспомогательная геометрия»**.

Накресліть коло малого діаметра (9 мм) (з центром в точці перетину вертикальної осьової лінії і кола діаметром 42 мм) і позначте його діаметр.

Виділіть велике (42 мм) і мале (9 мм) коло і натисніть на кнопку **«Круговой массив»** .

У вікні **«Параметры»** в полі **«Реверс направления»** вкажіть точку, відносно якої буде створюватися масив (т.2) і замініть кількість отворів у полі **«Количество экземпляров»** на необхідну (в прикладі – 6). Натисніть кнопку "Enter".

#### 15. Створення фасок на кутах ескізу плити.

Натисніть кнопку **«Фаска»**  на панелі **«Эскиз»** і в нижніх віконцях панелі встановіть відстань і кут з вашого варіанту. Натисніть ЛКМ на краях плити, утримуючи клавішу <Ctrl> та виділіть їх.

#### 16. Ескіз плити побудовано.

### 2.6. Контрольні запитання

1. Які існують способи створення простого ескізу?
2. Перерахуйте основні елементи формування ескізу?
3. Які статуси ескізу існують? Чим вони відрізняються?
4. Для чого використовується інструмент «Скругление»?
5. Які існують види масивів? Для чого вони використовуються?

## Практична робота №3

### Створення тривимірної моделі деталі в SolidWorks

**Мета та основні завдання:** Виробити у студентів уміння і навички побудови тривимірних твердотільних моделей у програмному комплексі SolidWorks.

**Завдання<sup>1</sup>.** Розглянути основні методи та команди побудови тривимірної моделі деталі. Ознайомитися з інструменти створення твердотільної геометрії в SolidWork. Побудова лінійних та кругових масивів.



#### 3.1. Короткі теоретичні відомості

Основні способи створення твердотільних елементів. В загальному випадку тривимірна твердотільна модель деталі в SolidWorks складається з безлічі «сконструйованих» елементів, або елементарних об'ємів. Найзагальнішими способами опису тривимірних об'єктів є таблицні способи, в яких обмежуюча об'єм формують поверхня визначається масивом крапок з відомими координатами. Такий спосіб використовується в універсальних форматах файлів для зберігання інформації про тривимірні об'єкти. Для побудови об'ємів зручнішим є аналітичний спосіб: формують поверхні є результатом руху направляючих відрізків уздовж одного або декількох створюючих. До основних типів елементів в SolidWorks відносяться:

1. Витягування (рух по прямій лінії);
2. Обертання (рух по колу);
3. По траєкторії (рух уздовж довільної кривої);
4. По перетинах (рух декількох довільних створюючих уздовж декількох довільних направляючих).

---

<sup>1</sup> Відповіді на зазначені теоретичні питання занести в протокол при підготовці до виконання практичної роботи.

Витягнуті об'єкти. Операцію «**Вытягивание**» можна представити як процес переміщення нарисованого в ескізі контуру уздовж деякого відрізка (внаслідок переміщення кола буде одержаний циліндр). Щоб активізувати операцію, необхідно виконати команду на панелі інструментів «**Вытянутая Бобышка/Основание**»  (для створення основи) або «**Вытянутый Вирез**»  (для створення вирізу в побудованому твердому тілі).

При побудові елемента методом «**Вытягивания**» в менеджері властивостей відображаються три складові у вигляді трьох панелей (рисунок 3.1):

- початкова умова для створення елемента (панель «**Вид**»);
- граничні умови;
- модифікації команди.

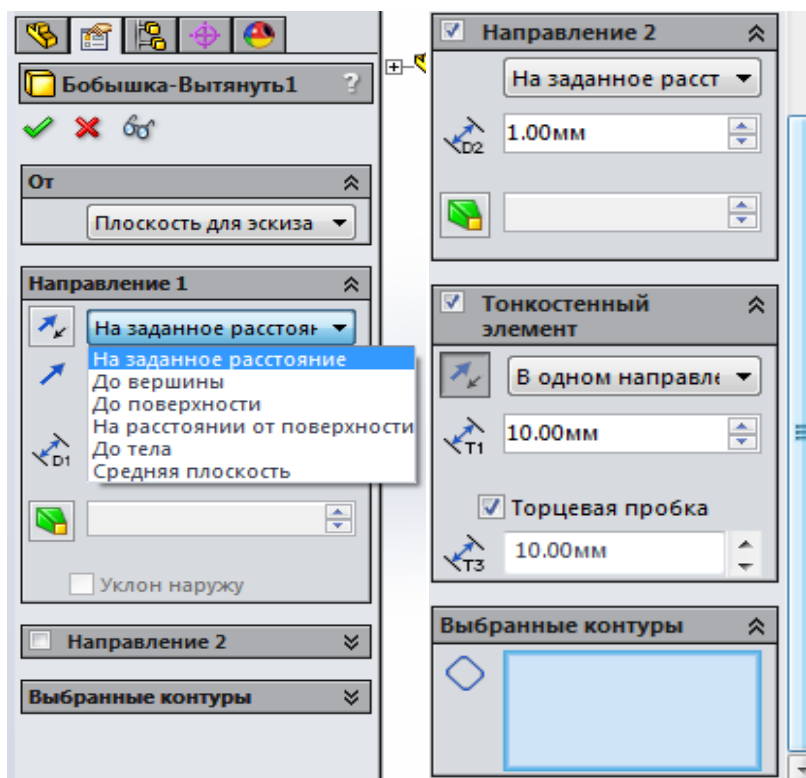


Рисунок 3.1 – Менеджер властивостей при виконанні команди «**Вытянутая Бобышка/Основание**»

Комбінації цих складових призводять до того, що для одного і того ж ескізу будуть побудовані різні варіанти конструкцій твердого тіла. Як початкова умова для створення елемента можуть бути задані:

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

У першому випадку тверде тіло буде побудоване від площини, на якій знаходиться ескіз, в другому – від вибраного геометричного елемента, а в третьому – від умовної поверхні, зміщеної паралельно площині ескізу на задану відстань.

При виборі в якості початкової умови поверхонь, граней або площин контур елемента **«Вытянутая Бобышка/Основание»** повинен повністю знаходитися в їх межах.

Граничні умови служать для визначення меж витягнутого елемента. Якщо уявити, що операція витягування виконується шляхом переміщення ескізу уздовж направленою відрізка, то роль його першої точки виконуватимуть початкові умови, а другої – граничні. Всього є вісім умов, які в якості початкової інформації повинні приймати або чисельні значення розмірів, або геометричні об'єкти:

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

2. *Через все* – ескіз витягується через всю існуючу геометрію.


3. *До наступної* – витягується елемент від площини ескізу до наступної поверхні, що затуляє весь профіль (наступна поверхня повинна належати батьківській деталі).

4. *До вершини* – ескіз витягується до розташованої паралельно площини, що проходить через задану вершину.

5. *До поверхні* – елемент заповнює область від площини ескізу до вибраної поверхні.

6. *На відстані від поверхні* – елемент заповнює область від площини ескізу до поверхні, рівновіддаленої від вибраної.

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

8. *Від середньої поверхні* – елемент створюється шляхом витягування ескізу на рівні відстані в обох напрямках від площини побудови ескізу. Обмежувати витяжку можна тільки в одному напрямі. Оскільки ескіз щодо площини побудови дозволяється витягувати в двох взаємно протилежних напрямках, застосовуються дві панелі інструментів **«Направление 1»** і **«Направление 2»**. Змінити напрям витягування на протилежний можна, натиснувши кнопку **«Реверс направления»** , яка розташована зліва від списку, що розкривається.

Елементи обертання. Елементи обертання додають або видаляють матеріал шляхом повороту одного або декількох профілів навколо осьової лінії. Можна створювати **«Повернутая Бобышка/Основание»**, **«Повернутый вырез»** або **«Повернутая поверхность»**. Елементи обертання можуть бути твердотільними елементами, тонкостінними елементами або поверхнею.

При створенні тіл обертання існує декілька обмежень:

1. В ескізі повинна бути присутня мінімум одна лінія з властивістю допоміжна геометрія – вісь обертання;

2. Контур не може перетинати осьову лінію або торкатися її в ізольованій точці;

3. Контур повинен бути замкнутим (інакше буде створена тонкостінна деталь).

Інструмент **«Повернутая Бобышка/Основание»**  надає три можливі варіанти побудови моделі: **«Элемент вращения»**,

«Тонкостенный элемент» і елемент, що побудований на основі замкнутих вибраних контурів ескізу (рисунок 3.2).

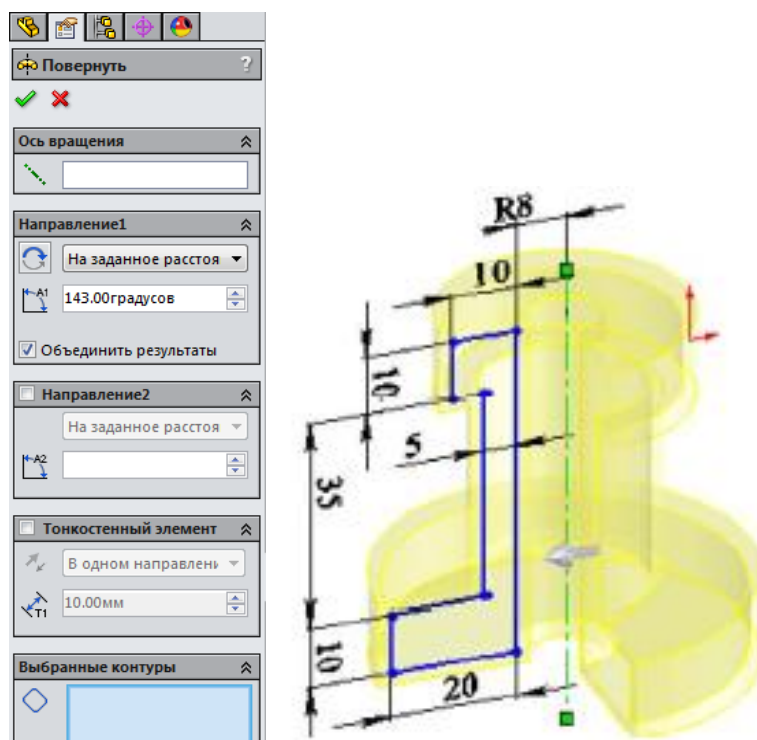



Рисунок. 3.2 – Побудова елемента «Вращение»

Ескіз поверненого елемента може складатися з одного або декількох замкнутих контурів, осей обертання, побудованих осьовою допоміжною лінією. Якщо в ескізі декілька осей, то вісь, навколо якої буде обертатися контур, необхідно вказати при побудові твердотільного елемента (при натисненні лівої кнопки миші).

При побудові елемента обов'язково повинні бути вказані напрям і кут повороту (рисунок 3.2).

Тонкостінний елемент обертання застосовується в основному для створення оболонкових форм. Для тонкостінного елемента додатково потрібна вказівка напрямку і чисельного значення товщини (для цього варіанту не обов'язкова наявність замкнутого контуру). Варіант побудови тіла обертання на основі "Вибраних" контурів застосовується у разі, коли контур обертання вдається задати тільки у вигляді комбінації окремих складних фігур.

При виборі способу побудови твердого тіла методом обертання необхідно враховувати ступінь складності профілю ескізу. Спочатку складність ескізу для елементів, одержаних обертанням, буде вищим. У загальному випадку, чим складніший ескіз, тим менша кількість конструктивних елементів знадобиться для побудови деталі, раціональніше будуть використані ресурси комп'ютера. Проте розробнику простіше контролювати процес побудови моделі, якщо ескізи будуть максимально спрощені (у ескізах не містяться дрібні конструкційні елементи: округлення і фаски).

Елемент по траєкторії. При використанні елементу **«По траєкторії»**  створюються основа, бобишка, виріз або поверхня шляхом переміщення контуру (профілю) по направляючій (маршруту). На відміну від елементів **«Витягнута Бобишка/Основа»** і **«Повернута Бобишка/Основа»** для побудови елементу "По траєкторії" необхідно виконати два ескізи: один ескіз із зображенням профілю, другий – із зображенням маршруту руху.

Основні правила побудови елементу "По траєкторії":

1. Профіль повинен бути замкнутим для основи або бобишки по траєкторії, для елементу поверхні по траєкторії профіль може бути замкнутим або розімкненим;
2. Як напрям може виступати розімкнена або замкнута крива;
3. Напрямок може бути множиною з намальованих кривих, що містяться в одному ескізі, кривою або безліччю крамок моделі;
4. Початкова точка напрямку маршруту повинна лежати на площині профілю.

На рисунок 3.3 показаний приклад побудови тривимірної моделі заготовки методом "Витягнутої Бобишки/Основи" по "Траєкторії". Ескізи профілю і напрямку побудовані на взаємно перпендикулярних площинах "Спереду" і "Зверху" відповідно.



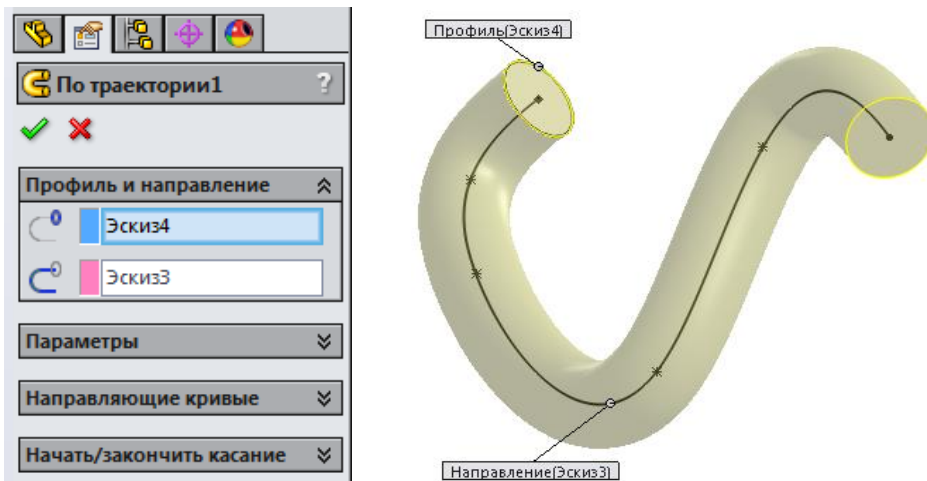



Рисунок 3.3 – Побудова елемента «По траектории»

Зміст вкладок «Параметры» і «Начать/закончить касание» елемента «По траектории» використовується для створення складної геометрії моделі. Опція «Направляющие кривые» використовується для визначення ліній, що направляють профіль, коли він витягується уздовж маршруту.

Елементи по перетинах. Команда «По сечениям»  створює елемент шляхом побудови переходів між профілями (рисунок 3.4). Елемент «По сечениям» може бути основою, бобишкою, вирізом або поверхнею. Для конструювання такого елемента необхідно не менше двох перетинів.

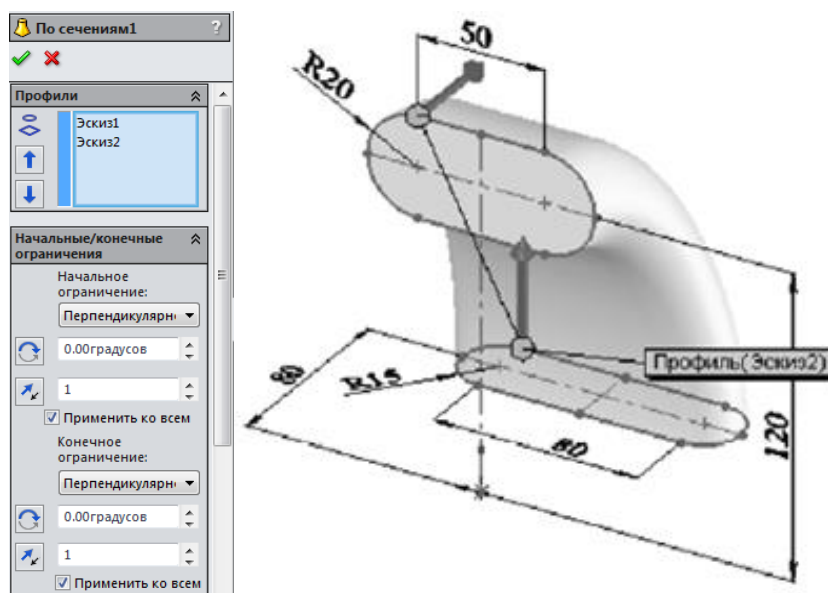




Рисунок 3.4 – Побудова елемента «**По сечениям**» з використанням початкових і кінцевих обмежень

У вікні «**Профили**» необхідно вказати контури, які використовуються для створення елемента «**По сечениям**». В якості профілю можна застосовувати:

- плоскі ескізи на площинах тривимірного простору;
- грані (не обов'язково плоскі) раніше побудованої моделі або грані, створені лініями роз'єму, плоскими профілями або поверхнями;
- кромки існуючих елементів;
- точки ескізу (як крайні профілів).

Для твердотільного елемента «**Бобышка/основание по сечениям**» крайні профілі обов'язково повинні бути гранями моделі, плоскими ескізами або точками.

Елементи «**По сечениям**» будуються на основі порядку вибору профілю. Зміна порядку виконується за допомогою кнопок  і .

Обов'язковою складовою елемента «**По сечениям**» є направляюча крива. Навіть якщо направляюча крива не була побудована заздалегідь в окремому ескізі, її роль виконує уявна лінія, яка утворюється в процесі вибору перетинів і відображається в графічній області. Керувати віртуальною направляючою можливо переміщенням її кінцевих точок (рисунок 3.4).


Для точної побудови тривимірної геометрії методом «**По сечениям**» використання направляючих кривих є обов'язковим. Основними вимогами до направляючої кривої є:

1. Направляюча має лежати у площині, яка перетинає площини перерізу;
2. Направляюча повинна перетинати профілі;
3. В якості направляючої можна використовувати лінії раніше створених об'єктів.

Елементи "По перетинах" є найбільш складними для побудови з усіх чотирьох аналітичних способів побудови тривимірної геометрії в SolidWorks.

Побудова лінійних та кругових масивів. В загальному випадку будь-який масив заснований на початковому елементі. Процес проектування з використанням масивів компонентів складається з двох етапів:

1. Створюється базова частина деталі.
2. Тіло копіюється за допомогою відповідного інструменту з метою отримання геометрії, що залишилася.

Найпростішою формою створення тривимірного масиву є «Зеркальное отражение» . Для дзеркального відображення необхідно виділити площину симетрії (будь-яка площина або грань моделі), а також елементи, грані або тверді тіла, які необхідно скопіювати (рисунок 3.5).

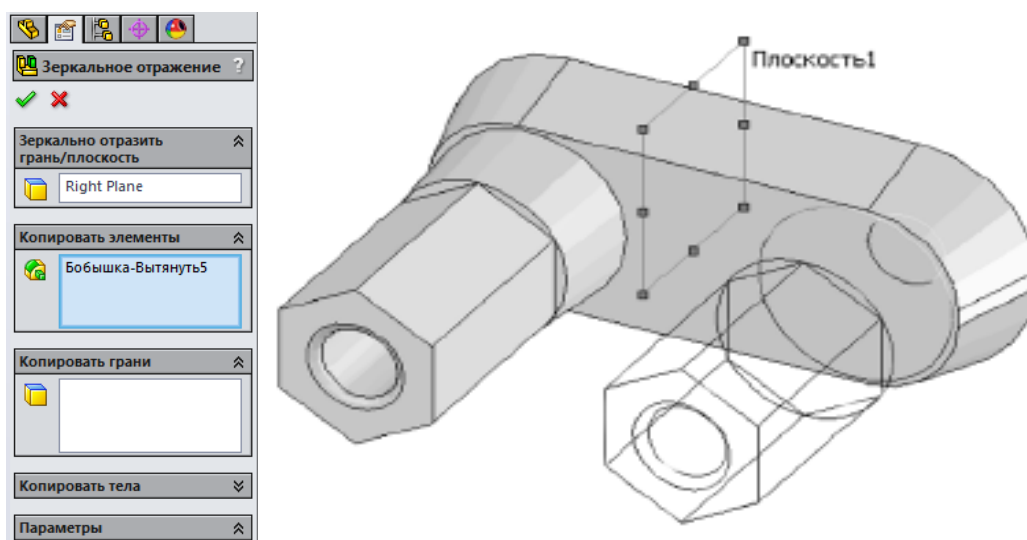


Рисунок 3.5 – Побудова елемента з використанням команди «Зеркальное отражение»

Лінійний масив. Для створення лінійного масиву (рисунок 3.6) необхідно:

1. Створити основу, а в ній елементи (бобишки або вирізи), які повинні повторюватися;

2. Виконати команду «Вставка» → «Масив/Зеркало» → «Линейный массив»;

3. Активізувавши графу «Копировать элементы», вказати елементи, з яких повинен бути утворений масив;

4. Натиснути на кромку моделі або розмір, щоб вказати напрямок масиву або розмір для параметра «Первое направление» (використовують "Реверс" напрям, щоб змінити його на протилежний);

5. Ввести значення «Интервал» (відстань між відповідними точками на копіях) і «Число элементов» масиву.

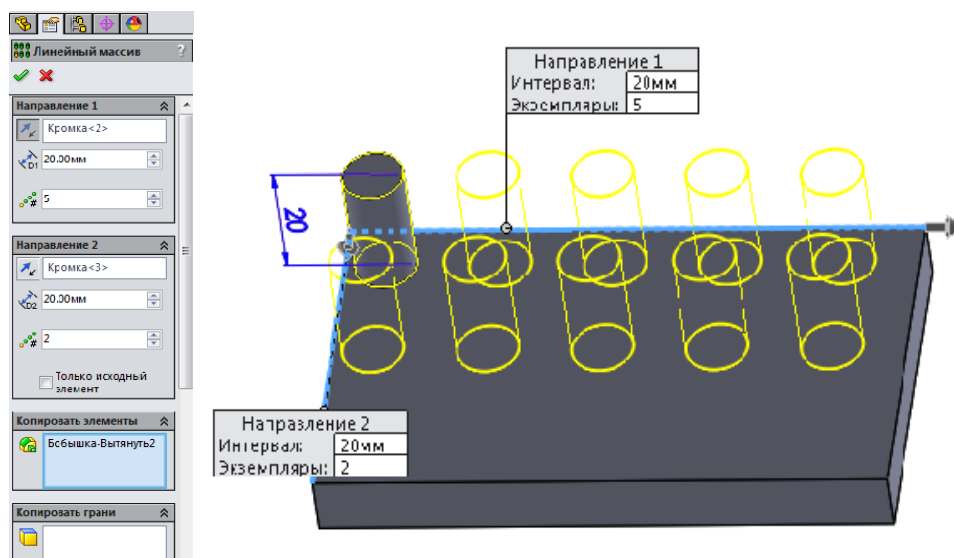


Рисунок. 3.6 – Побудова елемента з використанням команди «Линейный массив»

Круговой массив. Для створення кругового масиву (рисунок 3.7) необхідно:

1. Створити основу, а в ній елементи (бобышки, вирізи або отвори), які повинні повторюватися;

2. Створити вісь (можна використовувати тимчасову вісь) або використати існуючу лінійну кромку або вісь, навколо якої буде утворений масив;

3. Виконати команду «Вставка» → «Масив/Зеркало» → «Круговой массив»;

4. В графі «Копировать элементы» вказати на елемент (елементи), з якого створюється масив;
5. Вибирати вісь або кутовий розмір для визначення масиву;
6. Вказати «Интервал» в градусах і «Число элементов»;
7. Для направлення проти годинникової стрілки натиснути «Реверс»;
8. Вибрати «Геометрический массив», якщо необхідно зробити точну геометричну копію граней і кромek вихідного елемента.

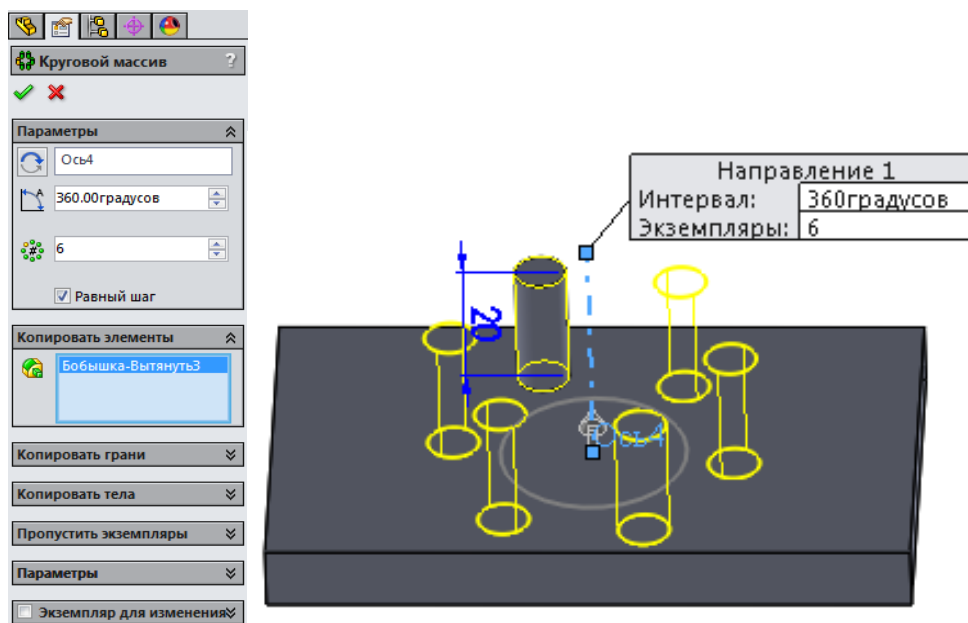


Рисунок 3.7 – Побудова елемента з використанням команди «Круговой массив»

З метою більш поглибленого вивчення теоретичних основ даної практичної роботи рекомендується використати конспект лекцій з курсу та список рекомендованої літератури до даних методичних вказівок.

### 3.2. Опис практичних засобів та обладнання

Практична робота виконується на персональному комп'ютері стандарту IBM PC під керуванням операційної системи MS Windows зі стандартним пакетом MS Office та програмним комплексом SolidWorks.

### **3.3. Заходи безпеки під час виконання практичної роботи**

Заходи безпеки, яких треба дотримуватись при виконанні даної практичної роботи, наведені у Додатку А.

### **3.4. Послідовність виконання роботи**

1. Відповідно до отриманого варіанту завдання (Додаток Г) в програмному комплексі SolidWorks виконати побудову тривимірної моделі деталі.

2. При створенні моделі кількість ескізів і елементів повинно бути мінімальним. Розмірна схема елементів моделі повинна відповідати індивідуальному заданню і повинна дозволяти змінювати геометрію моделі потрібним чином.

3. Ескіз кожного елемента повинен бути повністю визначений. Не допускається використання в ескізах залежності «Фиксированный».

4. Продемонструвати результати роботи викладачу.

5. Оформити протокол практичної роботи.

### **3.5. Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту**

При оформленні звіту з практичної роботи до заздалегідь підготовленого протоколу (див. завдання до практичної роботи) додається:

- роздруковані аркуші з результатами виконаної роботи;
- опис по етапах порядку створення тривимірної моделі деталі.

### **3.6. Контрольні запитання**

1. Що таке тривимірна модель деталі? Чим відрізняється тривимірна модель від аксонометричної проекції деталі?
2. Перерахуйте основні типи елементів, які використовуються при створенні тривимірної моделі деталі?
3. Які обмеження накладаються при створенні тіл обертання?

4. Які основні правила для побудови елемента «По траєкторії»?
5. Сформулюйте основні етапи створення лінійного та кругового масивів?

## Практична робота №4

### Створення тривимірної моделі збірки в SolidWorks

**Мета та основні завдання:** Виробити у студентів уміння і навички створення тривимірної моделі збірки у програмному комплексі SolidWorks.

**Завдання<sup>1</sup>.** Розглянути основні методи та команди побудови збірок. Ознайомитися з інструментами створення збірок в SolidWork. Умови спряження.

#### 4.1. Короткі теоретичні відомості

Збіркою називається документ, в якому деталі та інші збірки (вузли) поєднані один з одним в єдину конструкцію. Деталі й вузли збірки існують в документах окремо від збірки.

Вузол збірки – це документ збірки, що є частиною збірки великих розмірів. Збірку можна створювати, використовуючи проектування «знизу вгору», проектування «зверху – вниз» або комбінацію цих двох методів.

Деталі й вузли називають компонентами збірки.

Збірка "знизу-вверх" представляє собою складання конструкції з готових деталей. Для побудови такої збірки деталі повинні бути заздалегідь спроектовані й збережені в окремих файлах. Конструкція або вузол збираються із цих деталей аналогічно реальній збірці. У процесі збірки необхідно деталі помістити в тривимірний складальний простір і вказати умови їх з'єднання один з одним.

При проектуванні збірки "зверху-вниз" спочатку створюється компоувальний 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 компоувального ескізу збірки автоматично змінюються розміри й конфігурації деталей, що її складають.

---

<sup>1</sup> Відповіді на зазначені теоретичні питання занести в протокол при підготовці до виконання практичної роботи.



Щоб відобразити Панель інструментів «Сборка» необхідно увійти в пункт меню «Інструменти» → «Настройки», вибрати вкладку «Панель інструментов» і поставити галочку напроти слова «Сборка». Панель з'явиться на екрані рисунок 4.1.



Рисунок 4.1 – Панель інструментів «Сборка»

Панель інструментів «Сборка» складається з таких команд: «Вставить компоненты»; «Новая деталь»; «Новый узел»; «Режим большой сборки»; «Отобразить/Скрыть компоненты»; «Изменить прозрачность»; «Изменить состояние»; «Редактировать деталь»; «Автокрепление»; «Условия сопряжения»; «Переместить компонент»; «Заменить компонент»; «Вид с разнесенными частями»; «Эскиз с линиями разнесения» та ін.

#### Порядок створення складальних одиниць.

При додаванні компонента в збірку файл деталі зв'язується з файлом збірки.

Компонент з'являється в збірці, проте дані про компонент залишаються у вихідному файлі деталі. Збірка оновлюється при внесенні будь-яких змін в деталь.

Щоб створити збірку, необхідно попередньо створити проект збірки в SolidWorks: меню «Файл» → «Новый» → «Сборка».

Для того щоб додати компоненти за допомогою меню необхідно:

1. Вибрати «Вставка», «Компонент», «С файла». З'явиться діалогове вікно).

2. Знайти каталог, що містить документ деталі або вузла, який необхідно вставити в збірку, і вибрати документ. Для перегляду обраного компонента перед його вставкою виберіть параметр «Предварительный

**просмотр»**. Для вибору конфігурації, яку бажаєте використовувати, натиснути **«Конфигурировать»**.

3. Вибрати **«Открыть»**. Якщо була натиснута кнопка **«Конфигурировать»**, виберіть конфігурацію в списку і натисніть ОК.

Основним способом розміщення деталі або вузла в збірці є використання команди **"Вставить компоненты"**, розташованої на панелі інструментів **«Сборка»**. Після додавання до нового проекту перша деталь (збірка) автоматично набуде властивість **С** (відображається значком «ф» в Дереві конструювання). Для правильної орієнтації компонентів в збірці принаймні один з її компонентів має бути зафіксований – відносно нього будуть розташовуватися інші компоненти збірки.

Щоб зафіксувати або звільнити компонент збірки, необхідно, вибравши компонент в графічній області або в Дереві конструювання (Feature Manager), в контекстному меню (при натисканні правої кнопки миші) активізувати команду **«Зафиксировать»** або **«Освободить»**.

Також для компонентів у Дереві конструювання можуть використовуватися наступні префікси: (–) недовизначений; (+) перевизначений; (?) не вирішений. Відсутність префікса означає, що положення компонента повністю визначене.

Дерево конструювання (Feature Manager) крім традиційних елементів (найменування збірки, папки **«Примечание»**, початкових площин і Вихідної точки) для збірок відображає наступні об'єкти:

- компоненти збірки (вузли, окремі деталі, бібліотечні елементи);
- папку спряження;
- елементи збірки (вирізи або отвори) і масиви компонентів.

Будь-який компонент можна розгорнути або згорнути, щоб переглянути його детальний опис, натиснувши на знак поряд з ім'ям компонента.


У збірці можна використовувати один і той же компонент кілька разів. При кожному додаванні в збірку компонента число <n> у закінченні його імені в Дереві конструювання збільшується на одиницю.

Для завдання положення об'єкта в тривимірному просторі реалізовані команди «**Переместить компонент**» і "**Вращать компонент**", які розташовуються на панелі завдань збірки. Зміна положення для вибраного об'єкту проводиться при натисканні та утриманні ЛКМ. Більш простим і зручним способом вільного переміщення і обертання є спосіб з використанням маніпулятора миші: при «перетягуванні» миші, утримуючи ліву кнопку, виконується переміщення компонента, утримуючи праву кнопку миші – обертання компонента. Компоненти в збірці будуть переміщатися або обертатися тільки в межах ступенів свободи, визначених спряженнями (зафіксовані і повністю визначені об'єкти змінювати свого становища не можуть).

Після розміщення деталей і вузлів в збірці необхідно задати спряження між ними – геометричні взаємозв'язки між компонентами збірки.

В загальному випадку для створення збірок можна використовувати наступні види спряжень (рисунок 4.2).

При додаванні спряжень слід визначити допустимі напрями лінійного або обертального руху компонентів. Послідовність, в якій додаються спряження в групу, значення не має, всі спряження розв'язуються одночасно.

Для створення спряжень необхідно активізувати команду «**Условия сопряжения**»  на панелі інструментів Збірки, вибрати поверхні деталей, що сполучаються, вказати тип спряження.

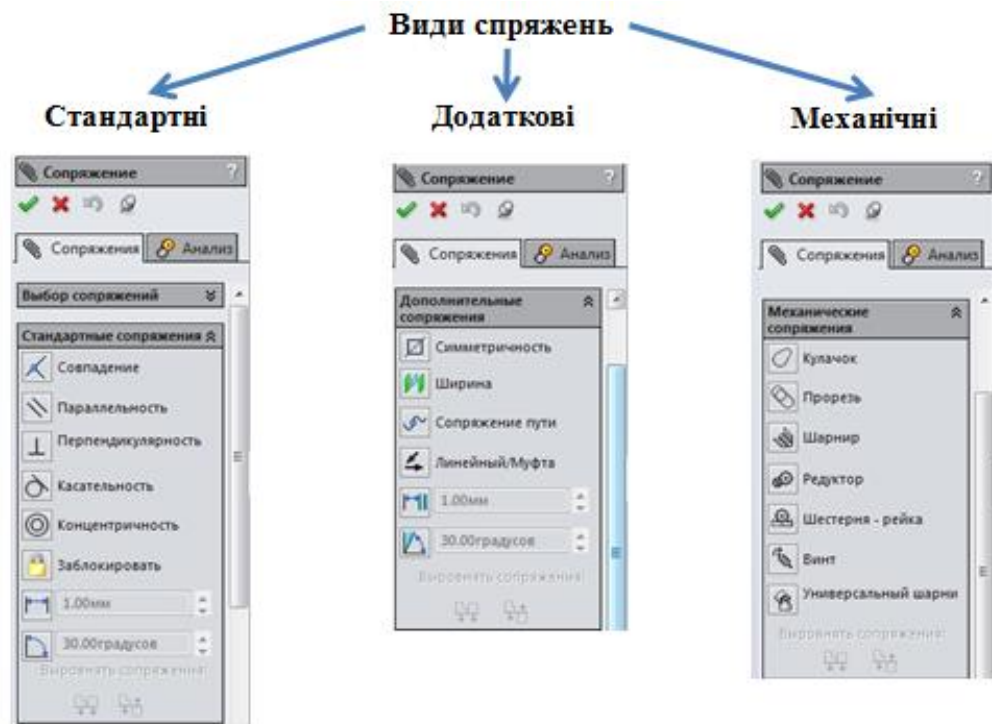


Рисунок 4.2 – Види спряжень для збірок Solidworks

Після того як задані всі необхідні сполучення між деталями і зафіксовані деталі, які в реальній збірці залишаються нерухомими збірка вважається закінченою.

Показником правильно виконаної збірки є відсутність конфліктних сполучень у Дереві Конструювання й можливість безперешкодного переміщення деталей.

З метою більш поглибленого вивчення теоретичних основ даної практичної роботи рекомендується використати конспект лекцій з курсу та список рекомендованої літератури до даних методичних вказівок.

#### 4.2. Опис практичних засобів та обладнання

Практична робота виконується на персональному комп'ютері стандарту IBM PC під керуванням операційної системи MS Windows зі стандартним пакетом MS Office та програмним комплексом SolidWorks.

### 4.3. Заходи безпеки під час виконання практичної роботи

Заходи безпеки, яких треба дотримуватись при виконанні даної практичної роботи, наведені у додатку А.

### 4.4. Послідовність виконання роботи

1. Відповідно до отриманого варіанту завдання (Додаток Д) в програмному комплексі SolidWorks виконати побудову тривимірної моделі збірки.
2. Продемонструвати результати роботи викладачу.
3. Оформити протокол практичної роботи.

### 4.5. Обробка та аналіз результатів. Оформлення звіту

Приклад виконання практичної роботи.

**Вихідні данні:** Необхідно побудувати збірку, що зображена на рисунок 4.3

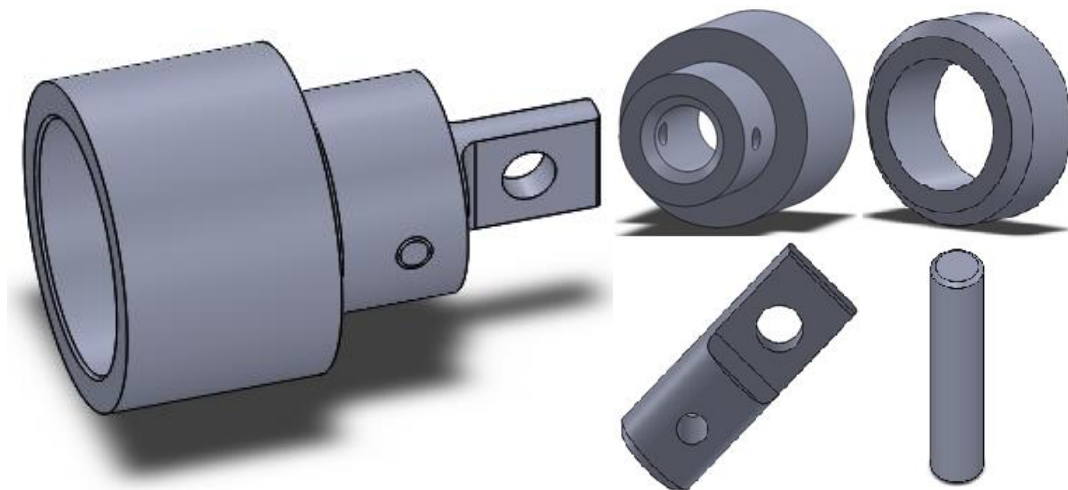



Рисунок. 4.3 – Модель збірки та деталі збірки

Створення документа нової деталі.

1. Запустіть програмний комплекс SolidWorks.
2. Натисніть кнопку «Создать»  нові файли деталей, збірок і креслень.

3. Натисніть кнопку «Деталь» .

### Створення моделі деталі типу «Корпус».

1. Щоб відкрити двомірний ескіз, натисніть кнопку "Эскиз" на панелі інструментів.

2. З початкової точки намалюйте коло діаметром D1 відповідно до вихідних даних Вашого варіанту.

3. Натисніть кнопку C і витягніть Ваш ескіз, вказавши в параметрах "Направление 1" параметри «**На заданное расстояние**» і розмір **60 мм.**»

4. На торцевій площині отриманого циліндра створіть новий ескіз.

5. Намалюйте коло діаметром D2, згідно з Вашим варіантом, з центром в початковій точці.

6. Натисніть кнопку «**Вытянутая бобышка**» і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах «**Направление 1**» параметри « 40 мм.

7. На протилежній торцевій площині циліндра діаметром D2 створіть новий ескіз і намалюйте коло діаметром D4 з центром в початковій точці, відповідно до вихідних даних Вашого варіанту.

8. Натисніть кнопку «**Вытянутый вырез**» і витягніть Ваш ескіз, вказавши в параметрах «Направление 1» параметр "**Насквозь**".

9. Натисніть кнопку "**Фаска**" і встановіть параметри фаски, діючи так, як показано на рисунок 4.4.

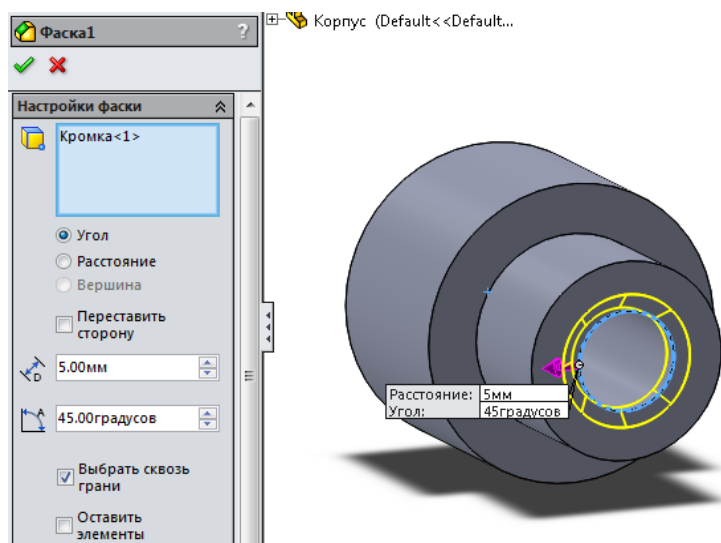


Рисунок 4.4 – Фаска 5 мм

10. На протилежній торцевій площині циліндра діаметром  $D1$  створіть новий ескіз і намалюйте коло діаметром  $D3$  з центром в початковій точці, відповідно до вихідних даних Вашого варіанту.

11. Натисніть кнопку "Вытянутый вырез" і витягніть Ваш ескіз, вказавши в параметрах "Направление 1" параметри "На заданное расстояние" і розмір 40 мм.

12. Натисніть кнопку "Фаска" і встановіть параметри фаски, діючи так, як показано на рисунок 4.5

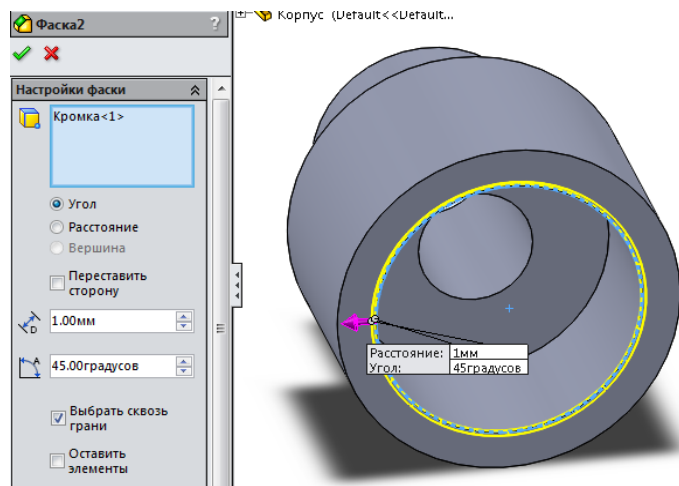


Рисунок 4.5 – Фаска 1 мм

13. У дереві конструювання виберіть площину "Справа" і створіть на ній новий ескіз.

14. З початкової точки проведіть осьову лінію так, як показано на рисунок 4.6, при цьому задайте лінії взаємозв'язок "Горизонтальность", якщо вона не створилася автоматично.

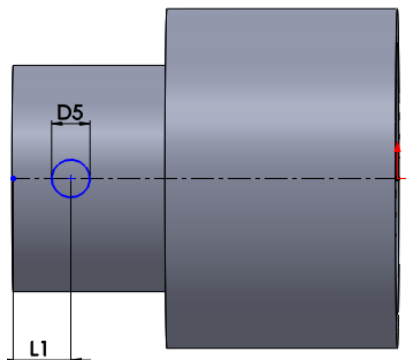


Рисунок 4.6 – Коло діаметром  $D5$

15. Намалюйте коло на осьовій лінії приблизно так, як показано на рисунок 4.6.

16. Задайте центру кола і осьовій лінії взаємозв'язок **«Совпадение»**, якщо він не створився автоматично.

17. Проставте розміри ескізу L1 і D5 відповідно до Вашого варіанту так, як показано на рисунок 4.6.

18. Натисніть кнопку **«Вытянутый вырез»** і витягніть Ваш ескіз, вказавши в параметрах **«Направление 1»** і **«Направление 2»** параметри **«Насквозь»**.

19. Готова деталь представлена на рисунок 4.7.

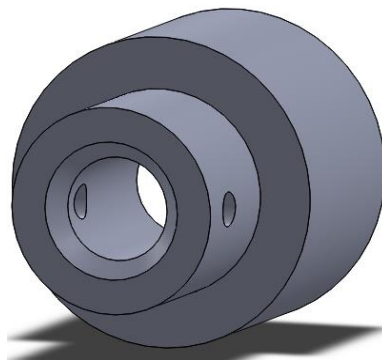


Рисунок 4.7 – Корпус

20. Збережіть деталь на диску під ім'ям **«Корпус»**.

#### Створення моделі деталі типу «Кільце»

1. Відкрийте нову деталь.

2. Створіть новий ескіз.

3. З початкової точки намалюйте коло діаметром D6 відповідно до вихідних даних Вашого варіанту.

4. Натисніть кнопку **«Вытянутая бобышка»** і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах **«Направление 1»** параметри **«На заданное расстояние»**, і розмір 25 мм.

5. Виберіть зовнішню кромку і натисніть кнопку **«Фаска»**.

6. Встановіть параметри фаски: **«Расстояние»** = 5,00 мм, **«Угол»** = 45,00°. Натисніть кнопку **«ОК»**.



7. Поверніть деталь задньою гранню вперед. Виберіть цю грань і створіть на ній новий ескіз.

8. Намалуйте коло діаметром D7 з центром в початковій точці відповідно до вихідних даних Вашого варіанту.

9. Натисніть кнопку **«Вытянутый вырез»** і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах **«Направление 1»** параметр **«Насквозь»** і натисніть **«ОК»**.

10. Готова деталь представлена на рисунок 4.8.

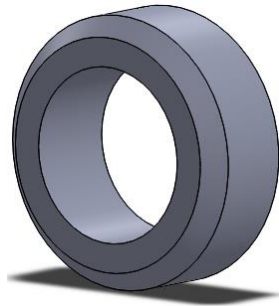


Рисунок – 4.8 Кільце

11. Збережіть деталь на диску під ім'ям **«Кільце»**.

#### Створення моделі деталі типу «Вал»

1. Відкрийте нову деталь.

2. Створіть новий ескіз.

3. З початкової точки намалуйте коло діаметром D8 відповідно до Вашого варіанту.

4. Натисніть кнопку **«Вытянутая бобышка»** і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах **«Направление 1»** параметри **«На заданное расстояние»** і розмір 80 мм і натисніть **«ОК»**.

5. На торцевій площині отриманого циліндра створіть новий ескіз.

6. Намалуйте коло з центром в початковій точці.

7. Задайте колу взаємозв'язок **«Кордиальность»** з колом кромки циліндра.

8. Проведіть горизонтальну осьову лінію, що збігається з початковою точкою.

9. Намалюйте горизонтальну лінію так, щоб її кінці лежали на дузі кола.

10. Утримуючи клавішу «Ctrl», виберіть щойно проведені горизонтальну і осьову лінії і натисніть кнопку «Зеркальное отображение».

11. Проставте розмір L2 відповідно до Вашого варіанту між горизонтальними лініями (рисунок 4.9).

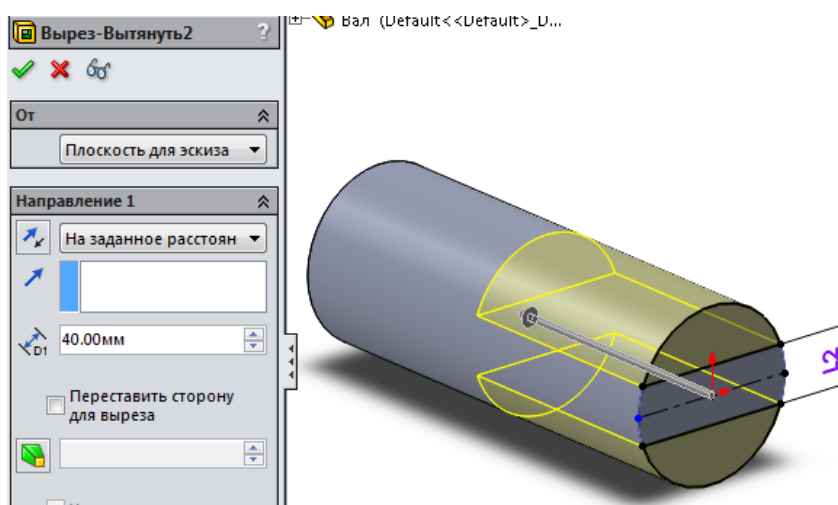


Рисунок 4.9 – Відсікання частини кола та витягування ескізу

12. Використовуючи інструмент «Отсечь объекты», відсічіть частини кола, діючи так, як показано на рисунок 4.9.

13. Натисніть кнопку «Вытянутая бобышка» і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах «Направление 1» параметри «На заданное расстояние» і розмір 40 мм, і натисніть «ОК».

14. На панелі інструментів «Вид» натисніть кнопку «Невидимые линии» пунктиром (рисунок 4.10).

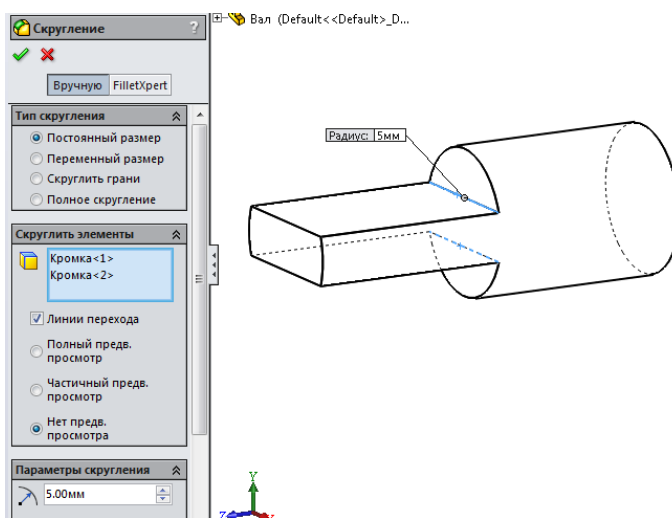


Рисунок 4.10 – «Невидимые линии»

15. Розверніть деталь так, як показано на рисунок 5.10 і виберіть дві кромки між гранями витягнутого вирізу і перпендикулярній до них грані циліндричної основи.

16. Натисніть кнопку «Скругление» і задайте радіус заокруглення, рівний 5 мм, та інші параметри.

17. На панелі інструментів «Вид» натисніть кнопку «Закрасить».

18. Виберіть бічну площину вирізу і створіть на ній новий ескіз.

19. З початкової точки проведіть осьову лінію паралельно осі циліндра .

20. Намалюйте коло радіусом D9 відповідно до вихідних даних Вашого варіанту і задайте його центру взаємозв'язок «Совпадение» з осьовою лінією.

21. Проставте розмір L3 відповідно Вашому варіанту від краю деталі до центру кола.

22. Натисніть кнопку «Вытянутый вырез» і витягніть Ваш ескіз, вказавши в параметрах «Направление 1» параметр «Насквозь» (рисунок 4.11).

23. Поверніть деталь вирізаною частиною вперед і виберіть дві передні кромки.

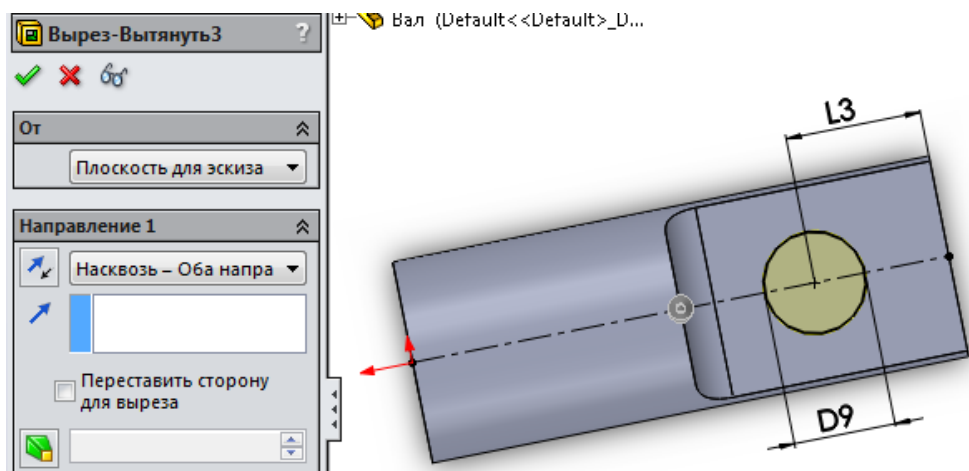


Рисунок 4.11 – Виріз кола діаметром D9

24. Натисніть кнопку «**Фаска**» і вкажіть в настройках фаски відстань, рівну 1 мм, і кут  $45^\circ$ . Натисніть кнопку «**ОК**».

25. Переверніть деталь задньою стороною і виберіть зовнішню кромку циліндра.

26. Натисніть кнопку «**Фаска**». Встановіть параметри фаски: «**Расстояние**» = 3,00 мм, «**Угол**» =  $45,00^\circ$ . Натисніть кнопку «**ОК**».

27. У дереві конструювання виберіть площину «**Сверху**» і відкрийте новий ескіз.

28. З початкової точки проведіть осьову лінію паралельно осі циліндра.

29. Намалюйте коло радіусом D10, відповідно до вихідних даних Вашого варіанту, і задайте його центру взаємозв'язок «**Совпадение**» з осьовою лінією.

30. Проставте розмір L4, відповідно до Вашого варіанту, від краю деталі до центру кола.

31. Натисніть кнопку «**Вытянутый вырез**» і витягніть ваш ескіз, вказавши в параметрах «**Направление 1**» і «**Направление 2**» параметри «**Насквозь**».

32. Готова деталь представлена на рисунок 4.12.



Рисунок 4.12 – Вал

33. Збережіть деталь на диску під ім'ям «Вал».

#### Створення моделі деталі типу «Штифт»

1. Відкрийте нову деталь.
2. Створіть новий ескіз.
3. З початкової точки намалюйте коло діаметром D11 відповідно до вихідних даних Вашого варіанту.
4. Натисніть кнопку **«Витягнута бобышка»** і витягніть Ваш ескіз, вказавши в параметрах **«Направление 1»** параметри **«На заданное расстояние»** і розмір 70 мм.
5. Розверніть деталь таким чином, як показано на рисунок 4.13, і виберіть дві крайні кромки циліндра.
6. Натисніть кнопку **«Фаска»**. Встановіть параметри фаски: **«Расстояние»** = 1,00 мм, **«Угол»** = 45,00°. Натисніть кнопку **«ОК»**.
7. Готова деталь представлена на рисунок 4.13.



Рисунок 4.13 – Штифт

8. Збережіть деталь на диску під ім'ям «Штифт».

### Створення збірки

1. В пункті меню «Файл» виберіть «Создать».
2. У діалоговому вікні виберіть шаблон "Сборка".
3. Послідовно, не закриваючи вікно збірки, додайте всі намальовані деталі: "Корпус", "Кільце", "Вал", "Штифт".
4. Вікно збірки тепер містить всі 4 деталі (рисунок 4.14) і їх назви відображаються в дереві конструювання.

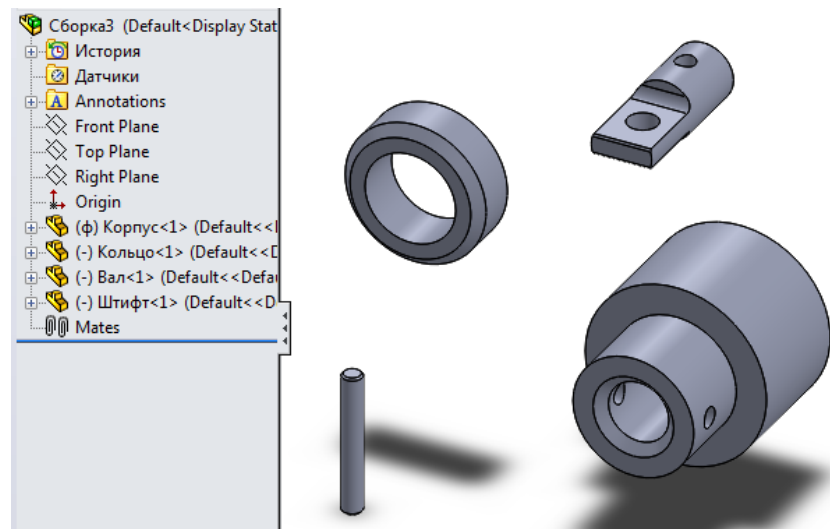


Рисунок 4.14 – Вікно збірки

5. На панелі інструментів «Сборка» натисніть кнопку «Условия сопряжения» (із зображенням скріпки). Відкриється діалогове вікно «Сопряжения».
6. Виберіть зовнішню поверхню кільця і внутрішню поверхню корпусу.
7. Призначте взаємозв'язок «Концентричность» і натисніть кнопку «ОК». Ви побачите, як кільце переміститься і встане над або під корпусом.
8. Знову натисніть кнопку «Условия сопряжения».
9. Виберіть верхню площину кільця і верхню площину корпусу та задайте взаємозв'язок «Совпадение» і натисніть кнопку «ОК». Кільце переміститься всередину корпусу.
10. Натисніть кнопку «Условия сопряжения».

11. Переверніть збірку таким чином, щоб зручніше було вибирати внутрішні поверхні отворів у вузькій частині корпусу і в найширшій частині вала.

12. Задайте взаємозв'язок **«Концентричность»** і натисніть кнопку **«ОК»**. Вал повинен переміститися таким чином, щоб отвори були концентричними.

13. Натисніть кнопку **«Условия сопряжения»**.

14. Виберіть зовнішню поверхню вала і внутрішню поверхню отвору в корпусі.

15. Задайте взаємозв'язок **«Концентричность»** і натисніть кнопку **«ОК»**. Вал переміститься всередину корпусу.

16. Натисніть кнопку **«Условия сопряжения»**.

17. Виберіть внутрішню поверхню отвору в корпусі і зовнішню поверхню штифта.

18. Задайте взаємозв'язок **«Концентричность»** і натисніть кнопку **«ОК»**.

19. Натисніть кнопку **«Условия сопряжения»**.

20. Виберіть зовнішню поверхню верхньої частини корпусу і торцеву поверхню штифта.

21. Задайте взаємозв'язок **«Касательность»** і натисніть кнопку **«ОК»**. Штифт переміститься всередину корпусу.

22. Кінцевий вигляд збірки представлений на рисунок 4.15.

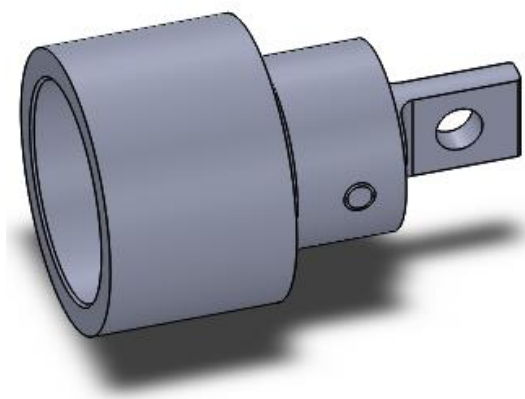


Рисунок 4.15 – Готова деталь

При оформленні звіту з практичної роботи до заздалегідь підготовленого протоколу (див. завдання до практичної роботи) додається:

- роздруковані аркуші з результатами виконаної роботи;
- опис по етапах порядку створення тривимірної моделі збірки.

#### **4.6. Контрольні запитання**

1. Яким чином можна створити файл збірки ?
2. Яким чином можна додати в файл збірки нову деталь?
3. В чому різниця сполучень?
4. Яким чином можна додавати сполучення деталей збірки?



## **СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Paul J. Schilling, Randy H. Shih. Parametric Modeling with SOLIDWORKS 2022 // 2022, 610 p.
2. James D. Bethune. Engineering Design and Graphics with SolidWorks 2016 // 2016, 829 p.
3. Zeid I. Mastering SolidWorks: the design approach // 2014, 552 p.

## **Додаток А. Заходи безпеки під час виконання практичних робіт**

Цикл практичних робіт з дисципліни «Параметричне моделювання технологічних процесів» виконуються в комп'ютерному класі кафедри технічних та програмних засобів автоматизації інженерно-хімічного факультету, де розміщені персональні комп'ютери. Обладнання живиться електричним струмом напругою 220 В. Тому при виконанні лабораторних робіт слід дотримуватися заходів безпеки наступних інструкцій.

### **ІНСТРУКЦІЯ**

#### **з техніки безпеки при навчанні студентів на ПЕОМ в учбових лабораторіях кафедри технічних та програмних засобів автоматизації інженерно-хімічного факультету**

1. Знання і суворе дотримання цих правил є обов'язковим для всіх осіб, допущених до роботи на ПЕОМ. Доведення їх до кожного зі студентів підтверджується особистим підписом кожного з них у контрольному листі з техніки безпеки. Особи, які не одержали такого інструктажу та не поставили підпис у контрольному листі з техніки безпеки, до роботи на ПЕОМ не допускаються.

2. Всі роботи в учбових лабораторіях кафедри технічних та програмних засобів автоматизації проводяться лише з дозволу викладача або співробітника кафедри.

3. Під час проведення занять в учбовій лабораторії не повинні знаходитися сторонні особи, в тому числі студенти інших груп. Студенти не повинні самовільно залишати учбову лабораторію під час занять.

4. При роботі на ПЕОМ треба пам'ятати, що в них використовується напруга, небезпечна для життя.

5. Всі особи, працюючі в учбових лабораторіях кафедри технічних та програмних засобів автоматизації повинні бути ознайомлені з правилами надання першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом.

6. Перед вмиканням ПЕОМ кожен з працюючих повинен отримати дозвіл викладача або співробітника кафедри.

7. У випадках виникнення короткого замикання, горіння, диму, вогню в апаратурі, пристрій необхідно негайно вимкнути з мережі та доповісти викладачеві або співробітникам кафедри. Самостійні дії по усуненню пошкодження забороняються.

8. У випадку виходу з ладу обладнання або програмного забезпечення, що зумовлені іншими причинами, доповісти викладачеві або співробітникам кафедри. Вимикати апаратуру при цьому не дозволяється. Самостійні дії по усуненню пошкодження забороняються.

9. Працюючі в учбових лабораторіях кафедри технічних та програмних засобів автоматизації несуть майнову та адміністративну відповідальність за збереження та використання обладнання, наданого для їх праці.

10. Категорично забороняється:

- самостійно вмикати та вимикати тумблери на щитку електроживлення;
- не санкціоновано вмикати електрообладнання;
- приносити та вмикати своє обладнання та пристрої, встановлювати власне програмне забезпечення;
- залишати без нагляду увімкнені пристрої та лабораторію;
- пересувати обладнання та комплектуючі;
- підключати та відключати інформаційні кабелі та кабелі живлення;
- використовувати власні носії інформації без дозволу викладачів або співробітників кафедри;
- знаходитись в учбовій лабораторії у верхньому одязі.

11. Після закінчення занять обладнання не вимикається. Робоче місце має бути прибрано працюючим та перевірено викладачем чи співробітником кафедри.

## **ІНСТРУКЦІЯ**

### **про міри пожежної безпеки у лабораторіях, учбових та робочих приміщеннях кафедри технічних та програмних засобів автоматизації інженерно-хімічного факультету**

1. Всі студенти повинні знати та ретельно виконувати «Загальні правила пожежної безпеки в НТУУ «КПІ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО».
2. Завідуючий кафедрою та завідуючий лабораторією відповідають за забезпечення пожежної безпеки всіх приміщень кафедри та за справність протипожежного обладнання та сигналізації.
3. Все електричне обладнання, яке знаходиться в лабораторіях та приміщеннях кафедри, повинно мати заземлення.
4. В усіх приміщеннях повинно дотримуватись чистоти, не займати приміщення непотрібними меблями, обладнанням та матеріалами.
5. Всі двері основних та додаткових виходів утримувати у стані швидкого відкривання.
6. Зберігання та використання горючих та легкоспалахуючих рідин у приміщеннях кафедри забороняється.
7. Ремонт електричного обладнання проводити у строгій відповідності з правилами пожежної безпеки.
8. Всі електрозахисти повинні знаходитися у закритому положенні, не займаними сторонніми предметами.
9. Коридори, проходи, тамбури, евакуаційні виходи та підходи до першочергових засобів пожежогасіння, а також комунікаційні ніші повинні бути постійно вільними, чистими та нічим не зайнятими.
10. Відповідальні особи перед закриттям приміщень повинні ретельно оглянути їх, забезпечити прибирання виробничих відходів, перевірити якість перекриття води, газу, відключити напругу електромережі, перевірити стан пожежної сигналізації та засобів пожежогасіння.

11. Від усіх приміщень мати два комплекти ключів. Один комплект здавати черговому, а інший – зберігати в певному місці, яке відомо обслуговуючому персоналу.

12. Студенти повинні знати та ретельно виконувати «Загальні правила техніки безпеки в НТУУ «КП», про що вони ставлять свій підпис у відповідному контрольному листі з техніки безпеки перед початком проведення циклу практичних робіт. Студенти, які не пройшли інструктаж і не поставили підпис у контрольному листі, до роботи не допускаються.

## Додаток Б. Індивідуальні завдання до практичної роботи №1

Варіант	Відрізок		Прямокутник		Дуга		Коло		Еліпс		Багатокутник		
	Довжина, мм	Кут нахилу, мм	Довжина, мм	Висота, мм	Кут, град	Радіус, мм	Радіус, мм	Дотик до	Довша вісь, мм	Коротша вісь, мм	Кількість вершин	Радіус кола, мм	КОЛО
1	11	168	33	8	64	17	22	дуга	58	51	8	27	вписане
2	7	175	39	18	66	33	17	відрізок	64	30	8	25	описане
3	20	106	27	8	77	30	18	дуга	61	36	8	25	вписане
4	16	66	23	24	52	16	24	відрізок	64	48	6	20	описане
5	10	138	31	15	65	19	22	дуга	66	53	8	21	вписане
6	5	151	21	9	64	22	26	відрізок	61	30	5	16	описане
7	7	162	23	14	57	21	20	дуга	61	35	7	15	вписане
8	14	173	24	17	78	25	18	відрізок	59	54	10	17	описане
9	21	150	35	15	72	27	18	дуга	55	43	8	26	вписане
10	6	142	37	12	76	21	15	відрізок	61	52	10	14	описане
11	24	74	29	15	74	28	18	дуга	60	37	9	26	вписане
12	6	73	24	15	75	26	12	відрізок	69	59	8	10	описане
13	11	48	26	9	67	22	18	дуга	53	42	9	20	вписане
14	9	179	34	5	50	30	27	відрізок	65	34	9	27	описане
15	19	139	30	16	52	16	27	дуга	55	23	5	15	вписане
16	22	105	24	15	74	17	14	відрізок	61	41	10	27	описане
17	19	41	30	20	58	17	11	дуга	63	39	8	24	вписане
18	8	131	26	22	56	23	18	відрізок	60	28	3	13	описане

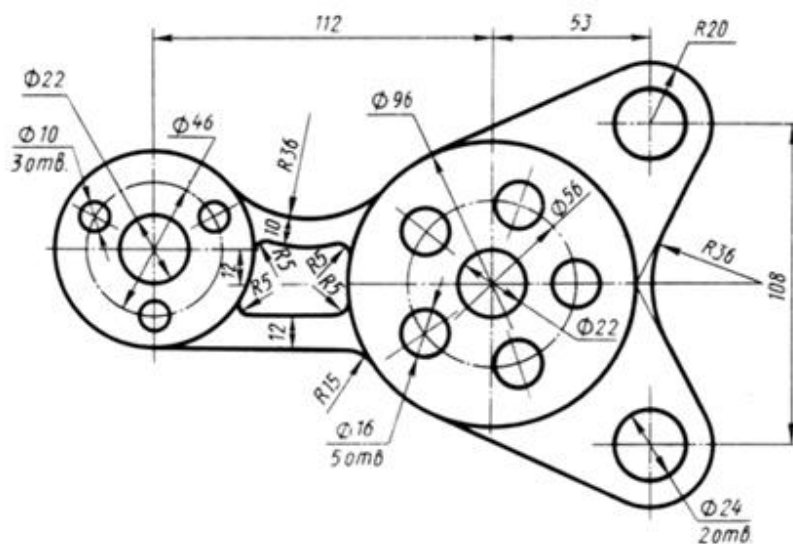
Варіант	Відрізок		Прямокутник		Дуга		Коло		Еліпс		Багатокутник		
	Довжина, мм	Кут нахилу, мм	Довжина, мм	Висота, мм	Кут, град	Радіус, мм	Радіус, мм	Дотик до	Довша вісь, мм	Коротша вісь, мм	Кількість вершин	Радіус кола, мм	КОЛО
19	17	43	34	8	61	21	11	дуга	55	23	5	27	вписане
20	13	123	26	23	72	32	20	відрізок	60	40	6	14	описане
21	23	144	33	7	62	23	26	дуга	64	37	3	25	вписане
22	16	69	36	24	69	25	16	відрізок	60	32	4	26	описане
23	13	136	21	8	62	22	13	дуга	68	43	3	20	вписане
24	17	130	26	14	61	30	13	відрізок	53	40	7	24	описане
25	13	70	39	18	58	31	27	дуга	62	39	6	26	вписане



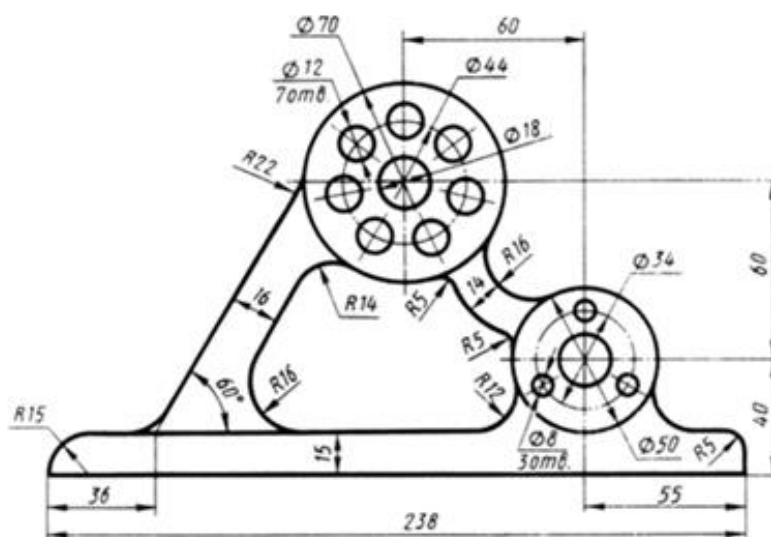




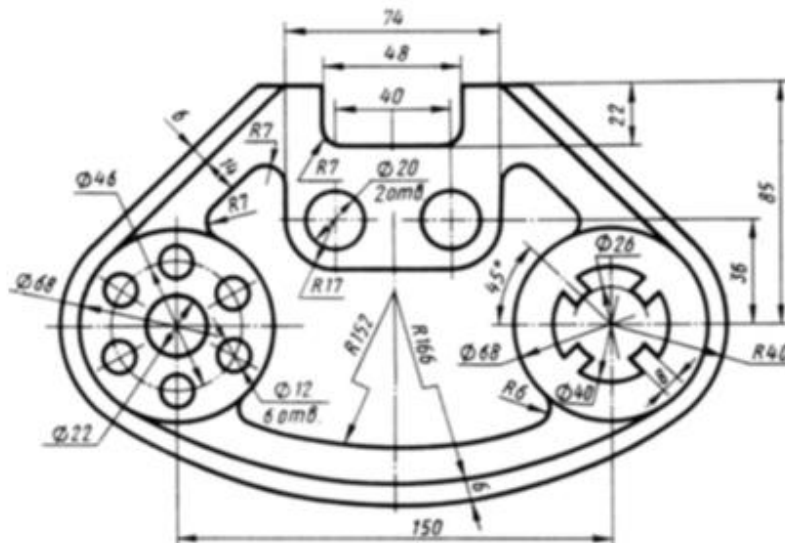
### Вариант 6



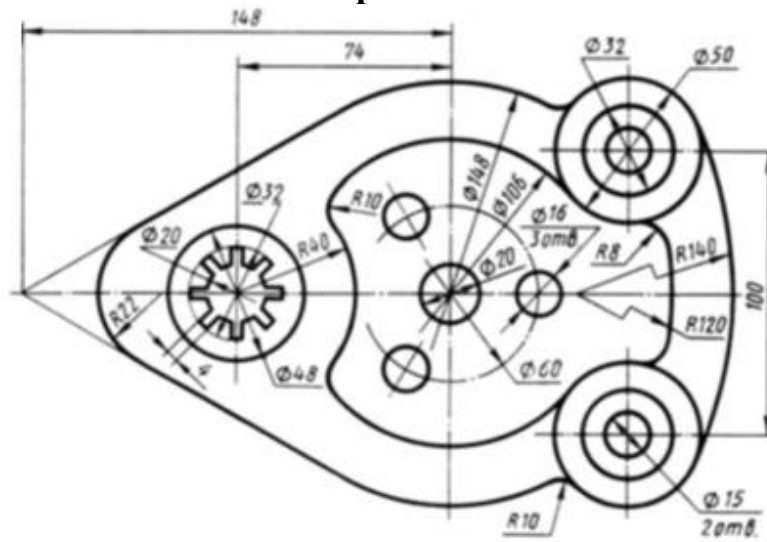
### Вариант 7



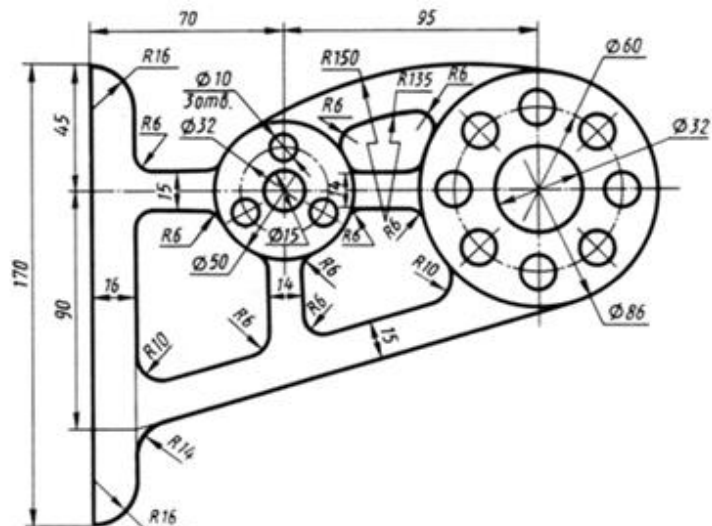
### Вариант 8



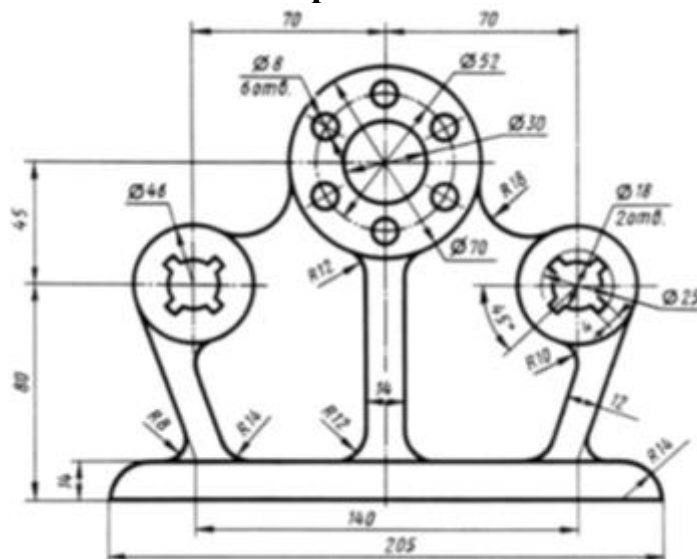
### Варіант 9



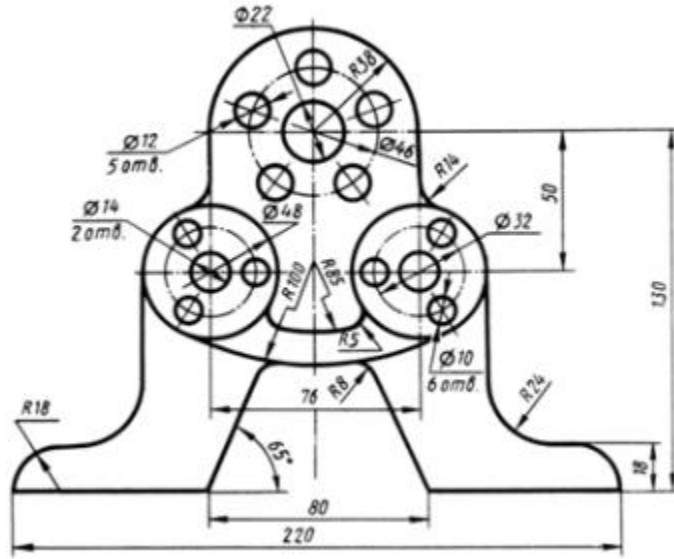
### Варіант 10



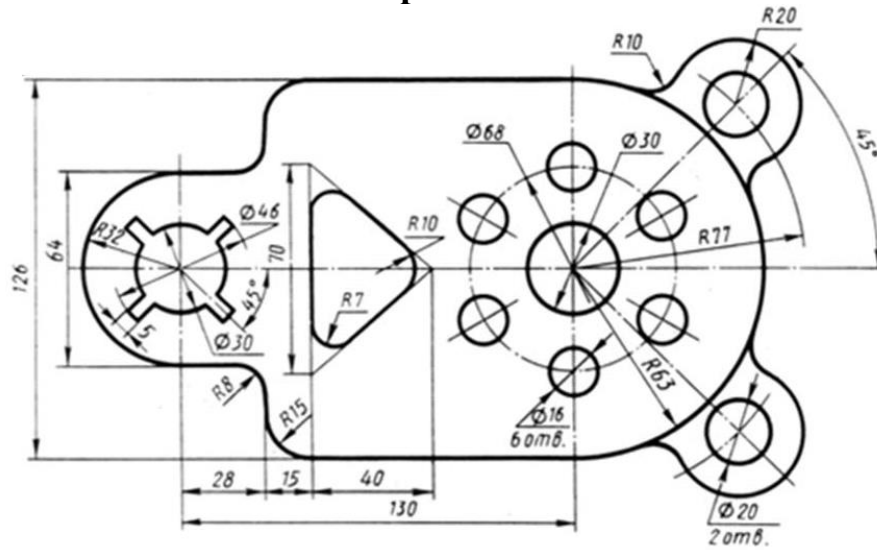
### Варіант 11



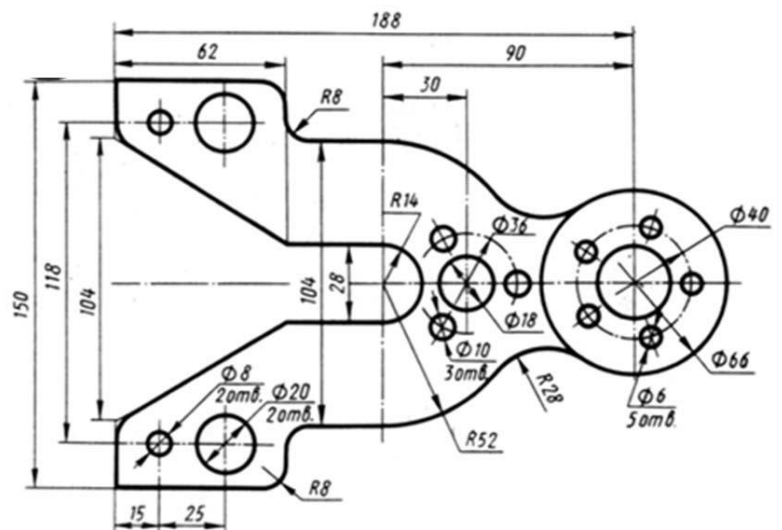
### Варіант 12



### Варіант 13



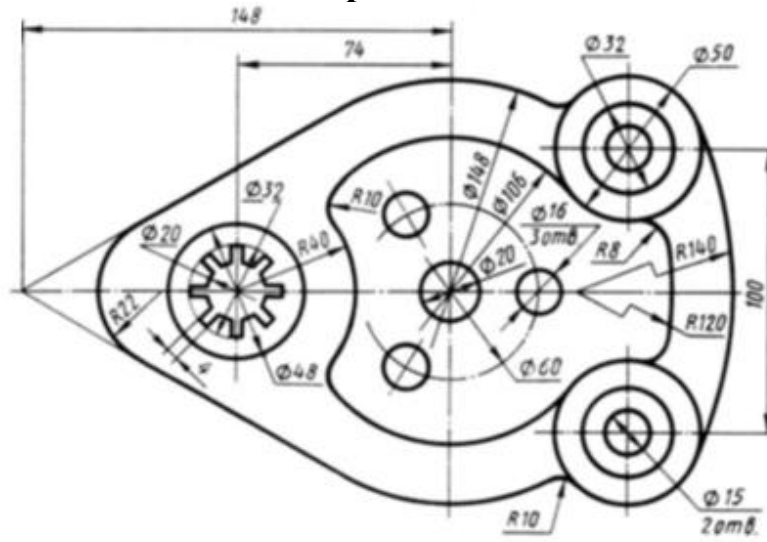
### Варіант 14



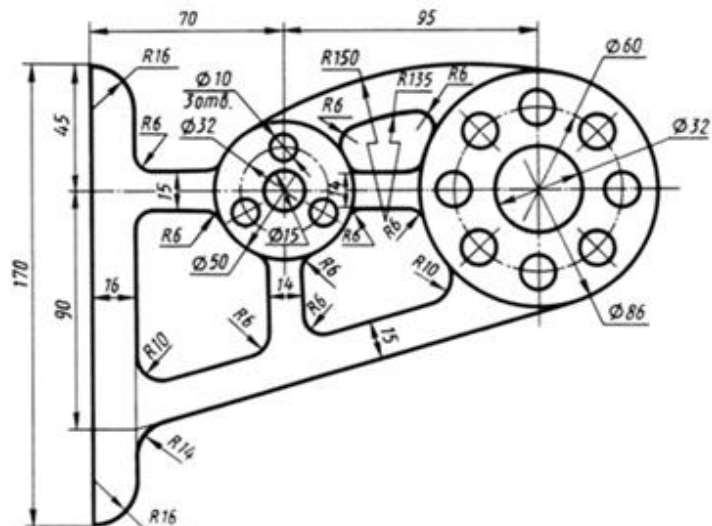




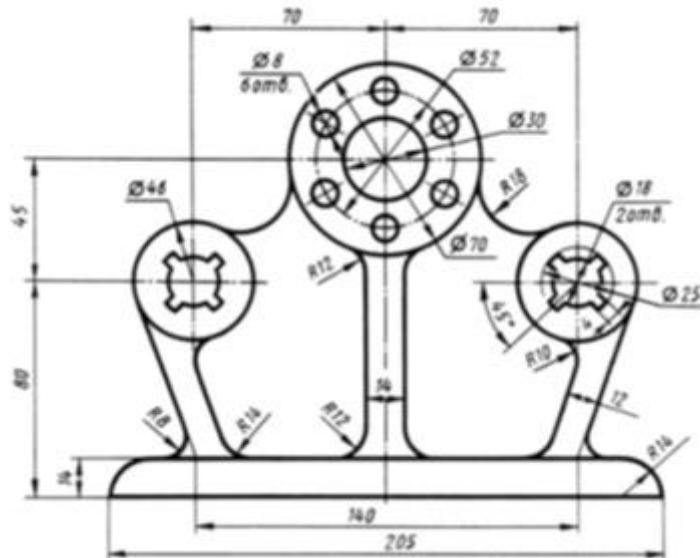
### Варіант 21



### Варіант 22



### Варіант 23

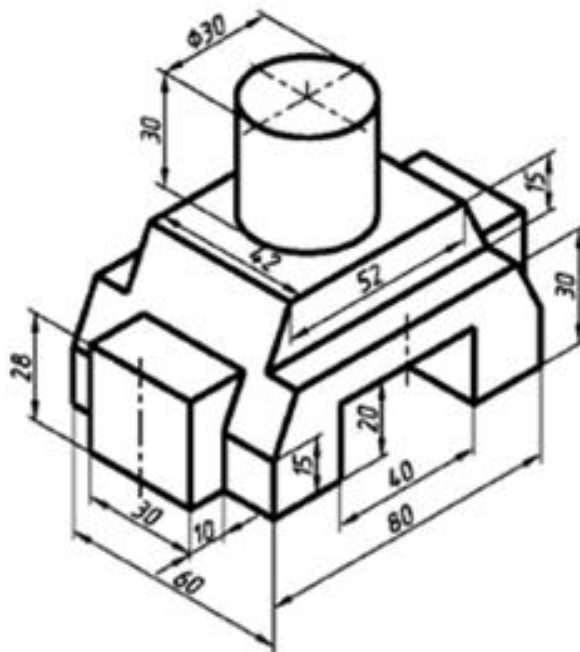




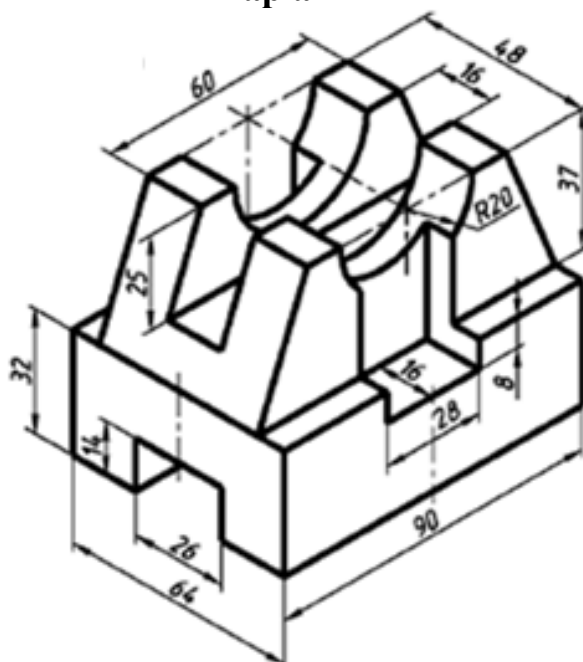


Додаток Г. Індивідуальні завдання до практичної роботи №3

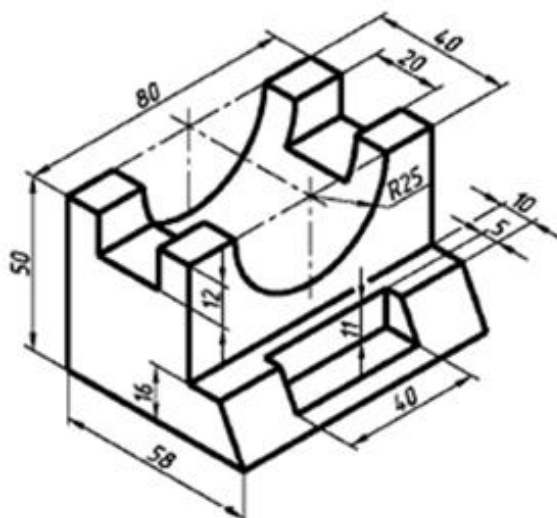
Варіант 1



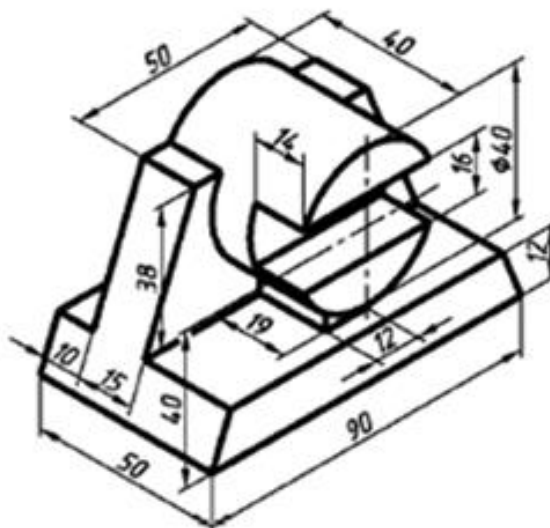
Варіант 2



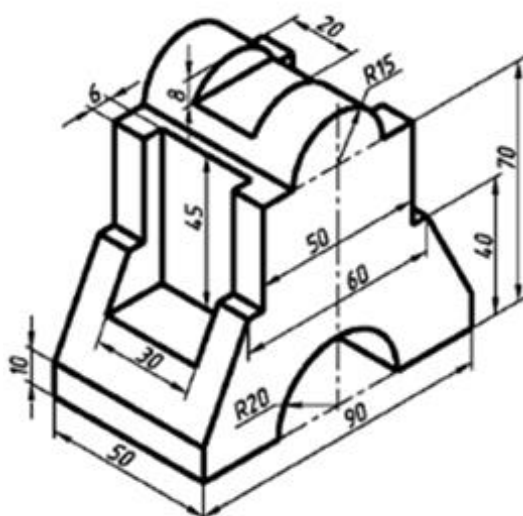
### Вариант 3



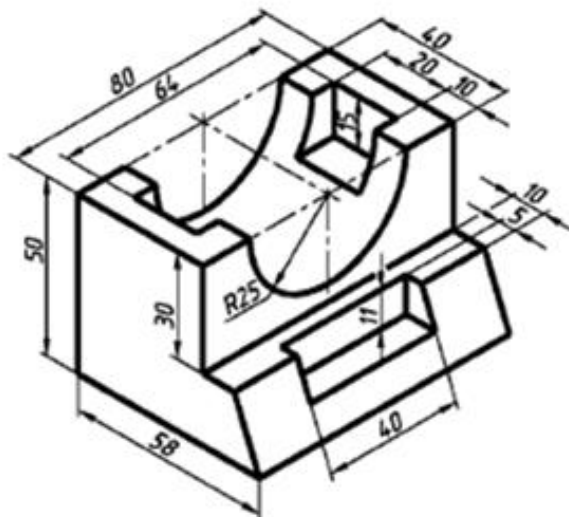
### Вариант 4



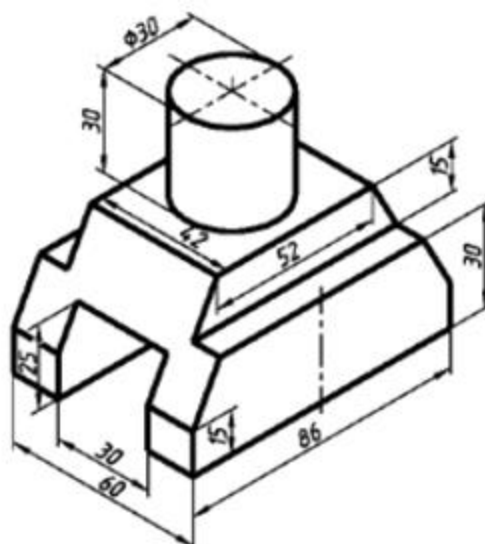
### Вариант 5



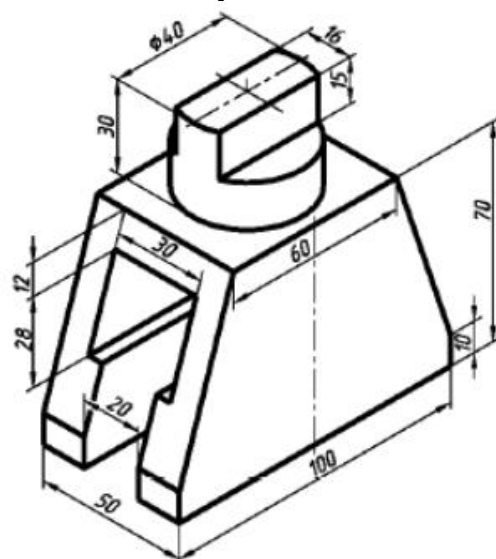
### Вариант 6



### Вариант 7

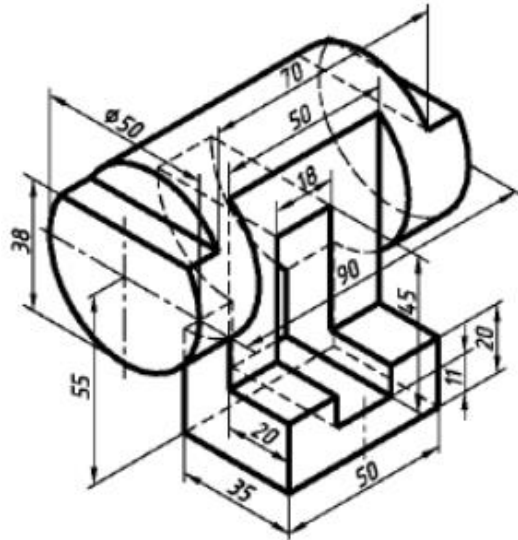


### Вариант 8

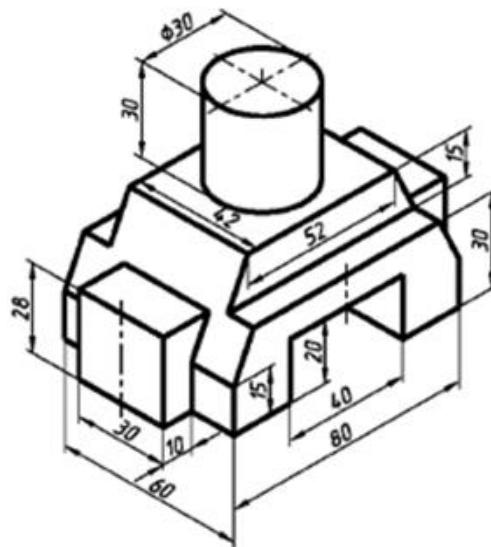




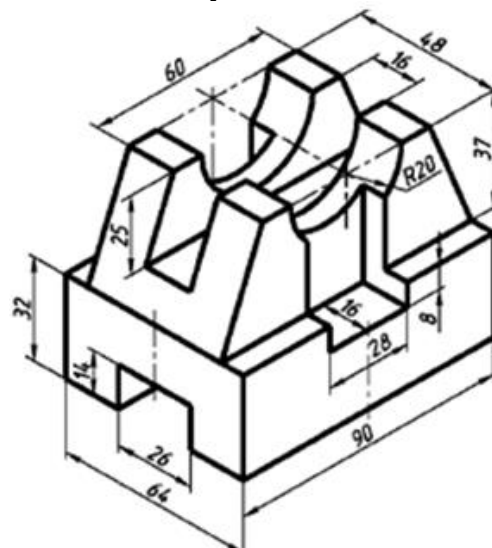
### Варіант 12



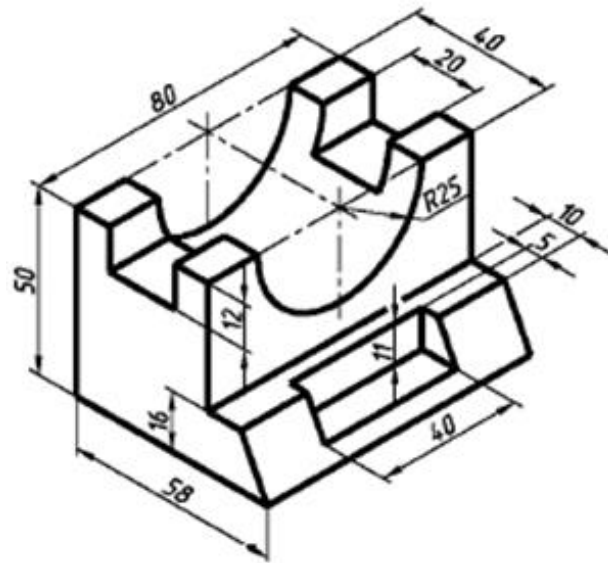
### Варіант 13



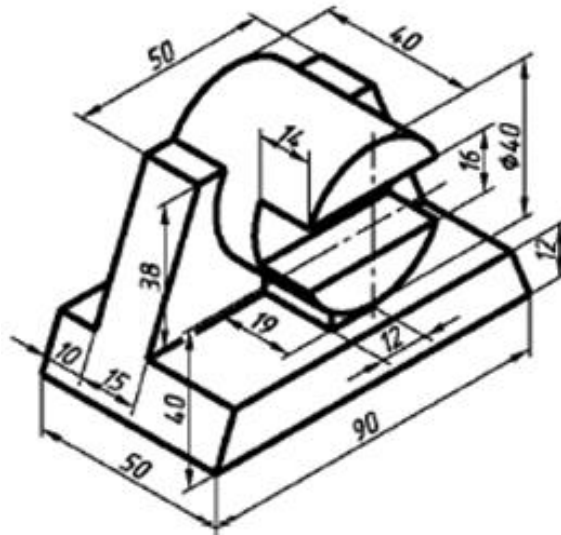
### Варіант 14



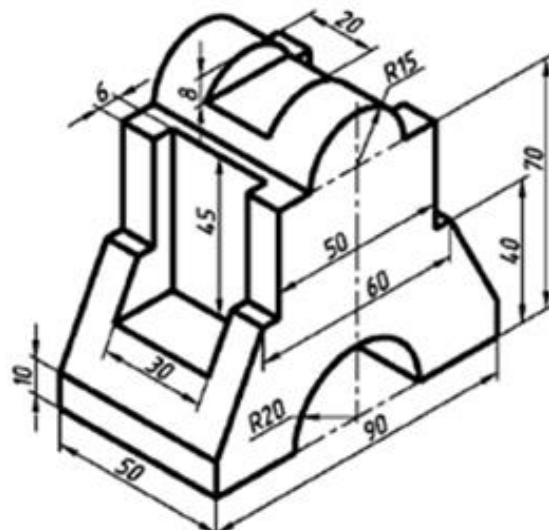
Варіант 15



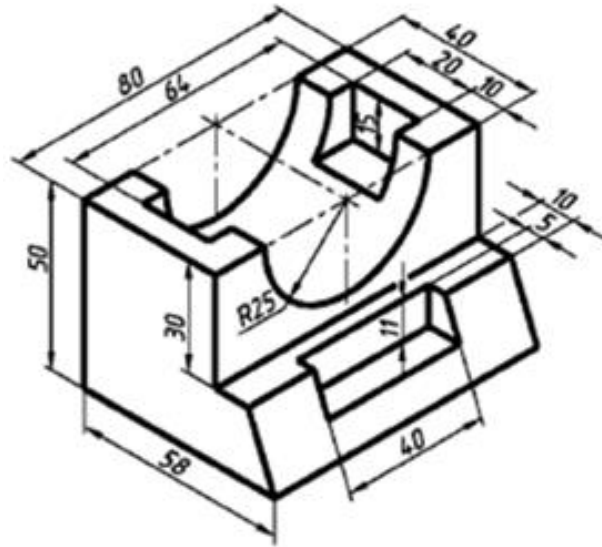
Варіант 16



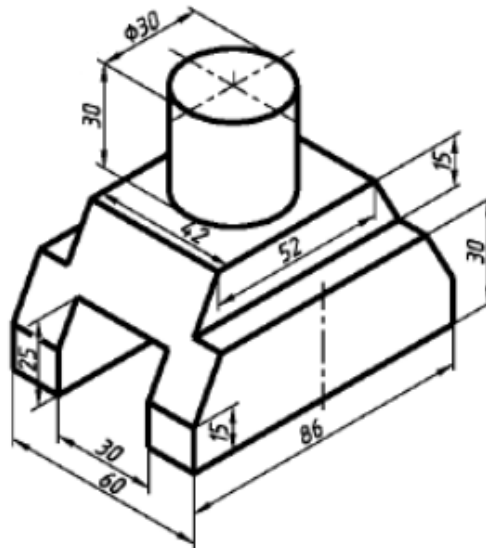
Варіант 17



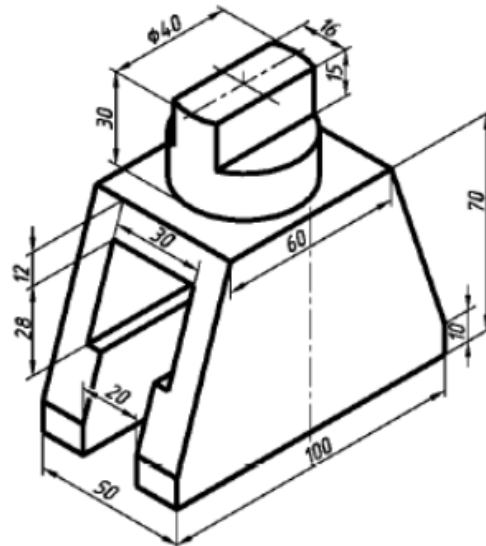
**Варіант 18**



**Варіант 19**

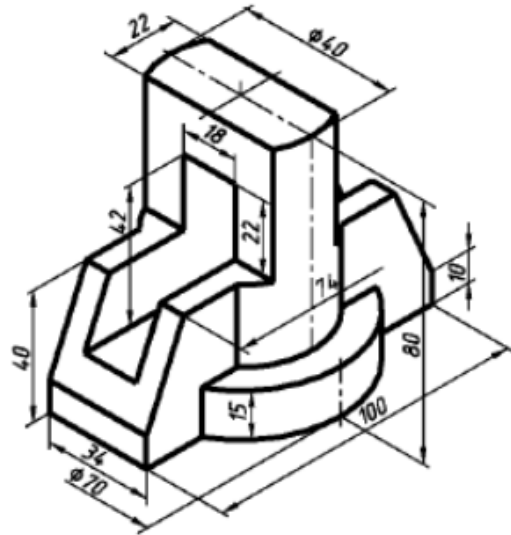


**Варіант 20**

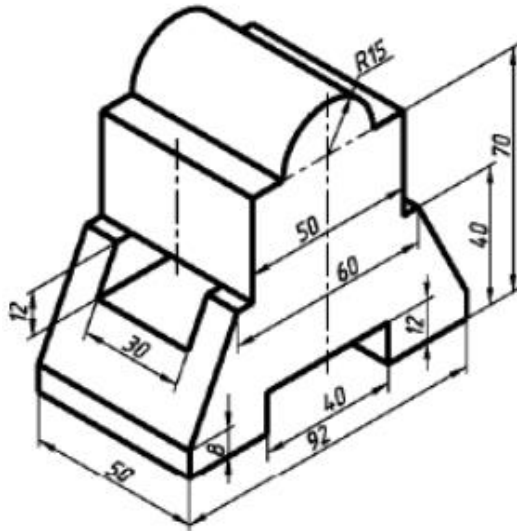




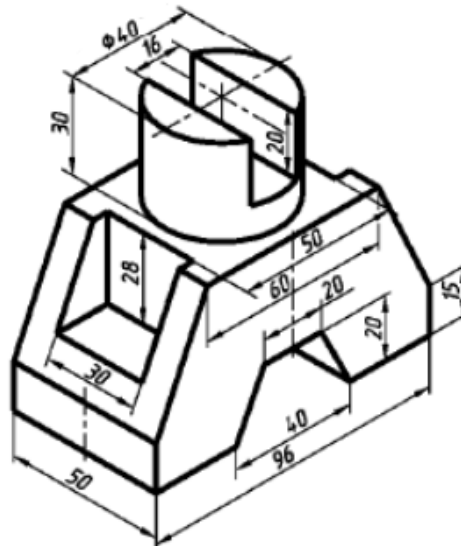
**Варіант 21**



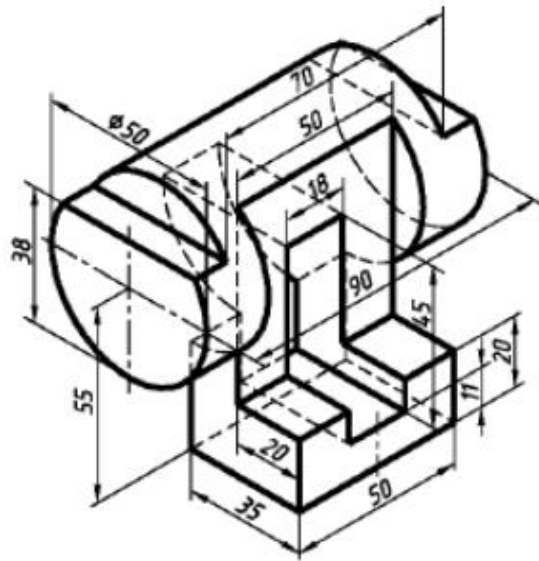
**Варіант 22**



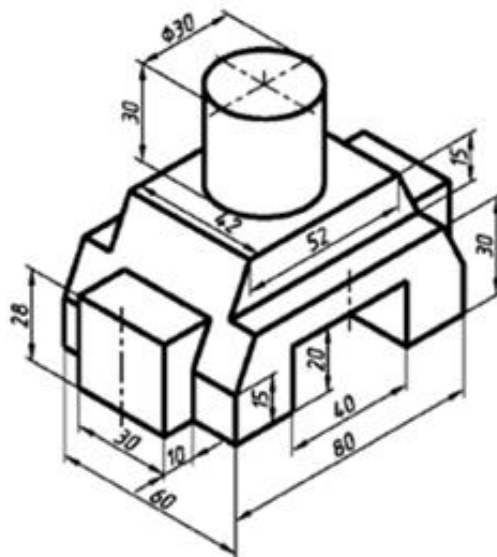
**Варіант 23**



### Варіант 24



### Варіант 25



## Додаток Д. Індивідуальні завдання до практичної роботи №4

Варіант	Параметри										
	D1	D2	D3, D6	D4, D8	D5, D10, D11	D7	D9	L1	L2	L3	L4
1	90	60	70	30	10	45	15	15	10	20	20
2	95	65	75	35	10	50	15	15	10	20	20
3	100	70	80	40	10	55	15	15	15	20	20
4	105	75	85	45	10	60	15	15	15	20	20
5	110	80	90	50	15	65	20	15	20	20	20
6	115	85	95	55	15	70	20	15	20	20	20
7	120	90	100	60	15	75	20	15	25	20	20
8	125	95	105	65	15	80	20	15	25	25	15
9	130	100	110	70	15	85	20	15	30	25	15
10	135	105	115	75	20	90	20	15	30	25	15
11	140	110	120	80	20	95	20	15	35	25	15
12	145	115	125	85	20	100	25	15	35	25	15
13	150	120	130	90	20	105	25	15	40	25	15
14	155	125	135	95	20	110	25	15	40	25	15
15	160	130	140	100	20	115	25	15	45	25	15
16	165	140	145	105	25	120	25	20	45	30	20
17	170	145	150	110	25	125	25	20	50	30	20
18	175	150	155	115	25	130	25	20	50	30	20
19	180	155	160	120	25	135	30	20	55	30	20
20	185	160	165	125	25	140	30	20	55	30	20
21	190	165	170	130	25	145	30	20	60	30	20
22	195	170	175	140	30	150	30	20	60	30	20
23	200	175	180	145	30	155	30	20	65	30	20
24	205	180	185	150	30	160	30	20	65	35	25
25	210	185	190	155	30	165	30	20	70	35	25
26	215	190	195	160	30	170	35	20	70	35	25
27	220	195	200	165	30	175	35	20	75	35	25
28	225	200	205	170	35	180	35	20	75	35	25
29	230	205	210	175	35	185	35	20	80	35	25
30	235	210	215	180	35	190	35	20	80	35	25