

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

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

КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Практикум

**до виконання графічних робіт при вивченні
дисципліни «Інженерна і комп'ютерна графіка»**

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

Харків 2024

Авторський колектив:

О.І. Сухарькова

Л.М. Куценко, доктор технічних наук, професор

С.Ю. Назаренко, кандидат технічних наук, доцент

А.Я. Калиновський, кандидат технічних наук, доцент

Д.І. Савельєв, кандидат технічних наук, доцент

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

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

Комп'ютерна графіка: практикум до виконання графічних робіт при вивченні дисципліни «Інженерна і комп'ютерна графіка». О.І. Сухарькова, Л.М. Куценко, С.Ю. Назаренко, А.Я. Калиновський, Д.І. Савельєв. Х.: НУЦЗУ, 2024. 105 с.

Дане навчальне видання призначене для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм навчання, які вивчають дисципліну «Інженерна і комп'ютерна графіка».

Практикум містить матеріал, який поступово, на конкретних типових прикладах дозволяє здобувачеві опанувати основи роботи із програмним продуктом SolidWorks, ознайомитися з методами побудови об'ємних твердотільних моделей, навчитися способам розробки креслеників деталей і складальних одиниць, використанню додатку Toolbox.

В практикумі наведено індивідуальні завдання до виконання графічних робіт, що надає змогу закріпити результати навчання.

Відповідальна за випуск О.І. Сухарькова

© НУЦЗУ, 2024

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Графічна робота №1	5
Двовимірні геометричні побудови	5
Приклад виконання завдання.....	5
Завдання для самостійної роботи	22
Графічна робота № 2.....	25
Побудова ескізу плоскої деталі з використанням масивів та створення об'ємної моделі методом витягування.....	25
Приклад виконання завдання.....	25
Завдання для самостійної роботи	33
Графічна робота № 3	38
Побудова повністю визначеного ескізу	38
Приклад виконання завдання.....	38
Завдання для самостійної роботи	42
Графічна робота № 4.....	44
Моделі геометричних тіл	44
Приклад виконання завдання.....	44
Побудова видів, розрізів та перерізів.....	49
Завдання для самостійної роботи	60
Графічна робота № 5	65
Створення збірки.....	65
Приклад виконання завдання.....	66
Завдання для самостійної роботи	86
Графічна робота № 6	88
Побудова хвостовику	88
Приклад виконання завдання.....	90
Завдання для самостійної роботи	101
Предметний покажчик	102
Література	103

ВСТУП

Широке поширення систем автоматизованого проектування (САПР) чи CAD-систем (*computer aided design*) у різних галузях промислової розробки продукції стало незаперечним фактом.

В даний час використання об'ємних тривимірних 3D моделей є невід'ємною вимогою підвищення якості проектування.

Система автоматизованого проектування *SolidWorks* є інтегрованим середовищем тривимірного параметричного моделювання, яка використовує традиційний інтерфейс операційних систем сімейства *Microsoft Windows*. *SolidWorks* містить повний цикл моделювання: від представлення тривимірних моделей деталей і збірок, оформлення двовимірних креслеників до розрахунку механічних, теплових, електромагнітних та інших характеристик методами комп'ютерного моделювання і створення фотореалістичних зображень об'єктів.

Цей практикум розроблений з метою надати здобувачам практичні навички у роботі з однією з найпопулярніших систем комп'ютерної графіки у сучасному інженерному світі.

SolidWorks – це потужний інструмент для створення та моделювання різноманітних об'єктів у тривимірному просторі. Практикум ознайомить з основними інструментами та техніками, які дозволять ефективно використовувати можливості цієї програми для створення тривимірних моделей.

Кожна графічна робота в практикумі містить конкретну задачу з прикладом виконання та покроковим описом процесу. Здобувач має можливість не лише ознайомитися з базовими принципами роботи в *SolidWorks*, а й застосувати їх у практичних завданнях, що допоможе отримати необхідний досвід для подальшої роботи у сфері інженерії.

Викладений матеріал не є повним описом об'єктів проектування *SolidWorks*, містить методики ефективного використання інструментів на основі прикладів і завдань.

Графічна робота №1

ДВОВИМІРНІ ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ

Мета роботи: засвоїти прийоми створення аркуша кресленика, навчитись вибирати формати креслеників, заповнювати основний напис, створювати шаблон основного напису, засвоїти налаштування програми під користувача, ознайомитися з інтерфейсом системи SolidWorks, вивчити прийоми побудови геометричних об'єктів на креслениках, зберігати файли в різних форматах.

Графічне завдання:

1. вибрати стандартний формат А3;
2. заповнити основний напис;
3. зберегти шаблон основного напису;
4. виконати кресленик за даними наведеними в табл. 1;
5. нанести розміри;
6. створити папку та зберегти кресленик.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ

Запускаємо SolidWorks активацією логотипа програми . За допомогою робочого вікна програми, що відкрилося створюємо новий файл SolidWorks за допомогою кнопки  обравши <Кресленик>, або через головне меню **Файл > Новий > Кресленик** [1]. При створенні нового кресленика необхідно обрати стандартний формат. Вікно вибору формату з'являється першим при створенні кресленика (рис. 1.1).

В цьому вікні треба обрати масштаб, необхідний формат кресленика за ГОСТ (для виконання графічної роботи потрібен формат **A3-gost_sh1_land**) з відображенням основного напису. Натиснути <**Застосувати зміни**>.

Якщо в списку форматів відсутні формати **gost**, треба натиснути огляд і вибрати потрібний формат з того переліку, що з'явиться.

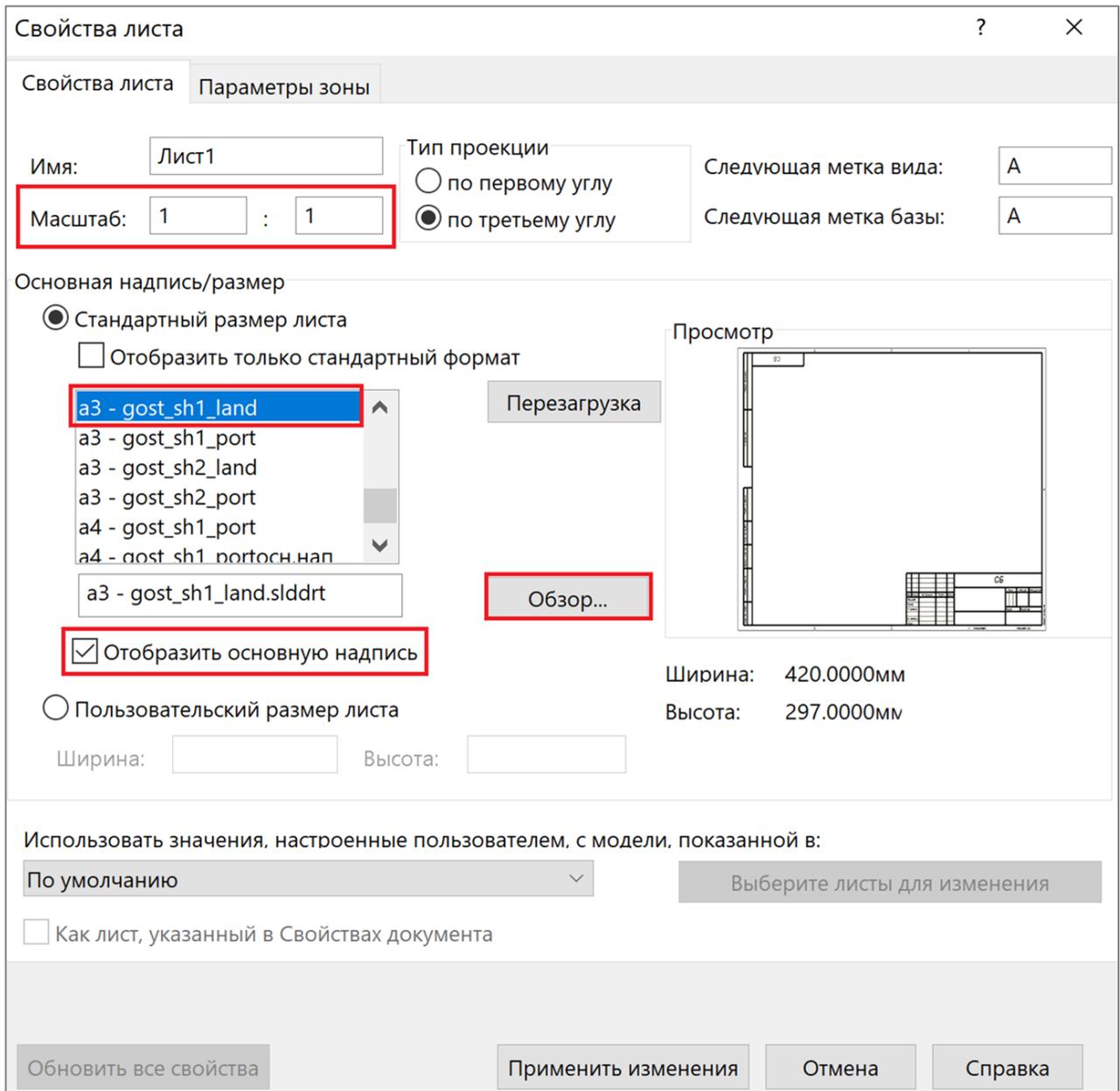


Рисунок 1.1 – Вікно вибору формату

Спочатку треба створити шаблон основного напису. Для цього натискаємо правою кнопкою в будь-якій точці креслярського аркуша та обираємо команду **<Редагувати основний напис>** (рис. 1.2). В правому верхньому куті графічної області з'явиться позначка .

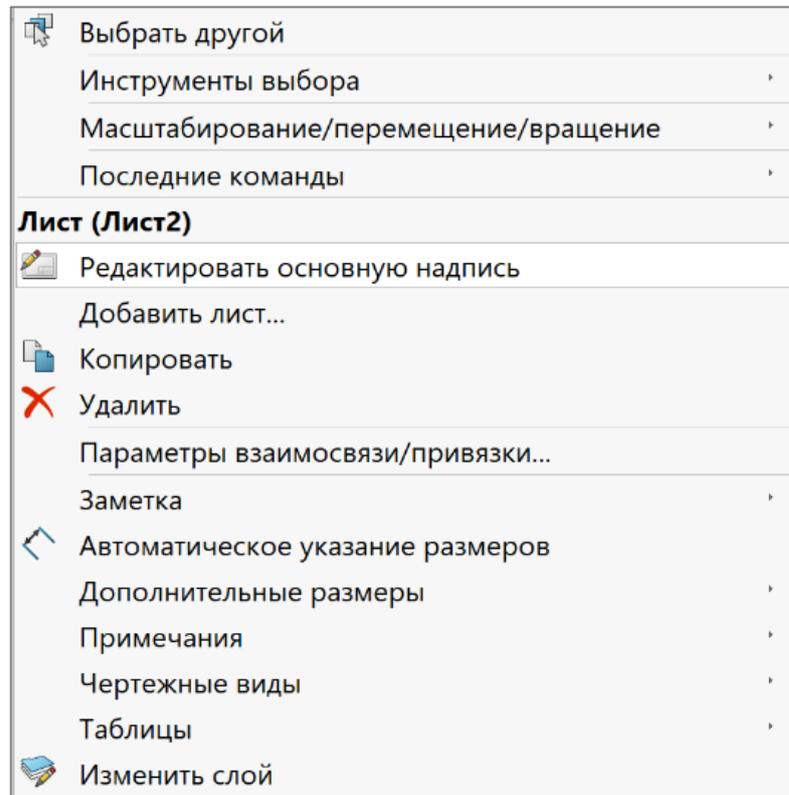


Рисунок 1.2 – Вибір редагування основного напису

Заповнити основний напис за зразком (рис. 1.3).

					<i>НУЦЗУ.ІтаАРТ.ІКГ.05.11.01</i>			
						<i>Літ.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Геометричні об'єкти</i>			<i>1:1</i>
<i>Разроб.</i>	<i>Іванов</i>							
<i>Перевірив.</i>	<i>Сухарькова</i>							
<i>Т. контр.</i>						<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Н. контр.</i>						<i>ПГПБс- 21-222</i>		
<i>Затв.</i>								

Рисунок 1.3 – Зразок заповнення основного напису

Цей основний напис можна буде використовувати в подальшому для наступних графічних робіт, тому бажано зберегти його як шаблон (рис. 1.4). Для цього в імені файлу додати слово шаблон (рис. 1.5).

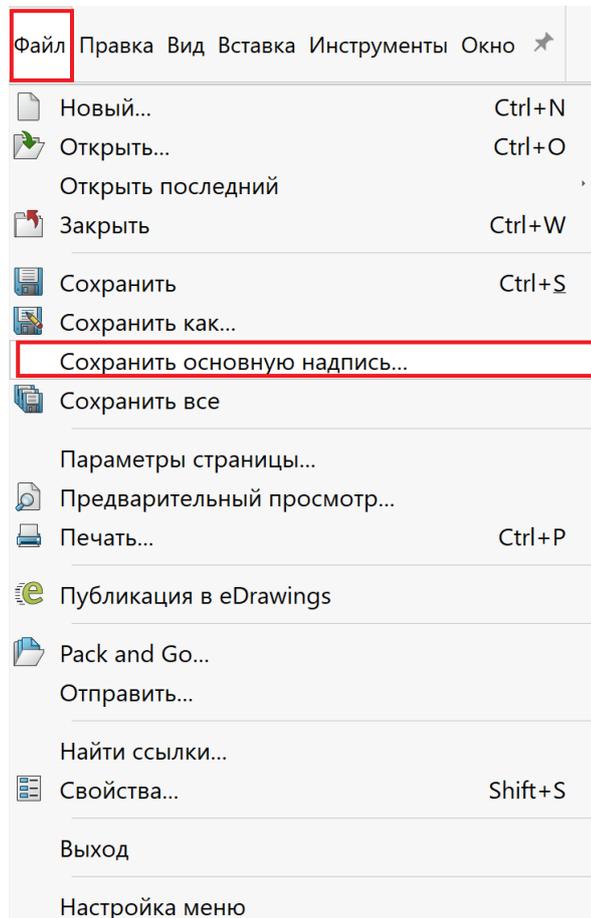


Рисунок 1.4 – Збереження основного напису

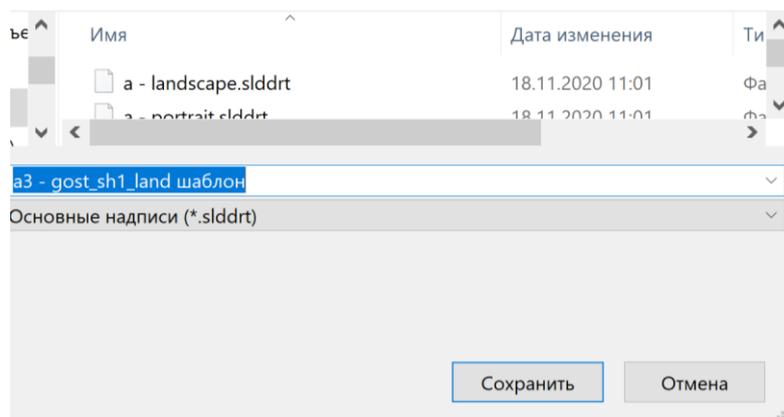


Рисунок 1.5 – Збереження шаблону основного напису

Виходимо з режиму редагування основного напису. В правому верхньому куті формату натискаємо команду вихіду з режиму редагування (рис. 1.6).

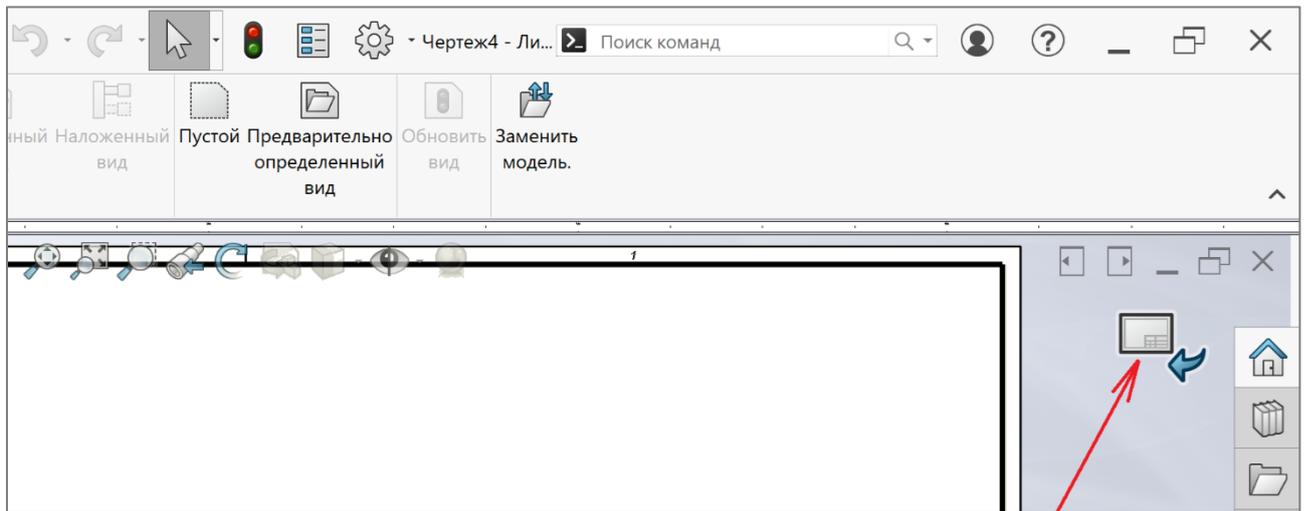


Рисунок 1.6 – Вихід з режиму редагування основного напису

Далі треба виконати деякі налаштування. На панелі інструментів натискаємо кнопку **<Параметри>** .

Для прискорення побудови ескізу треба виконати налаштування **Ескіз** й активувати **<Ввімкнути цифрове введення на екрані при створенні елементів>** та **<Створювати розміри тільки коли введено значення>** (рис. 1.7). За замовчуванням це налаштування вимкнено.

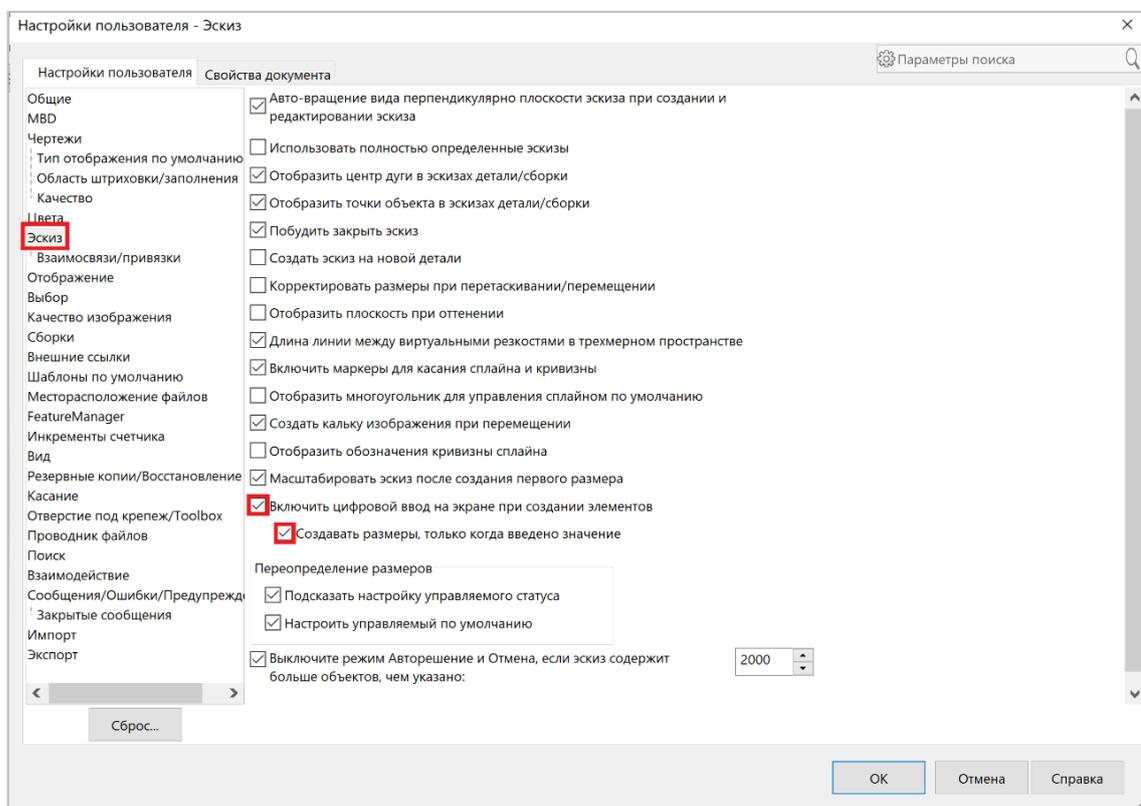


Рисунок 1.7 – Налаштування ескізу

Далі перемикаємось на **Властивості документа** > **Розміри**. Треба налаштувати параметри за зразком (рис. 1.8).

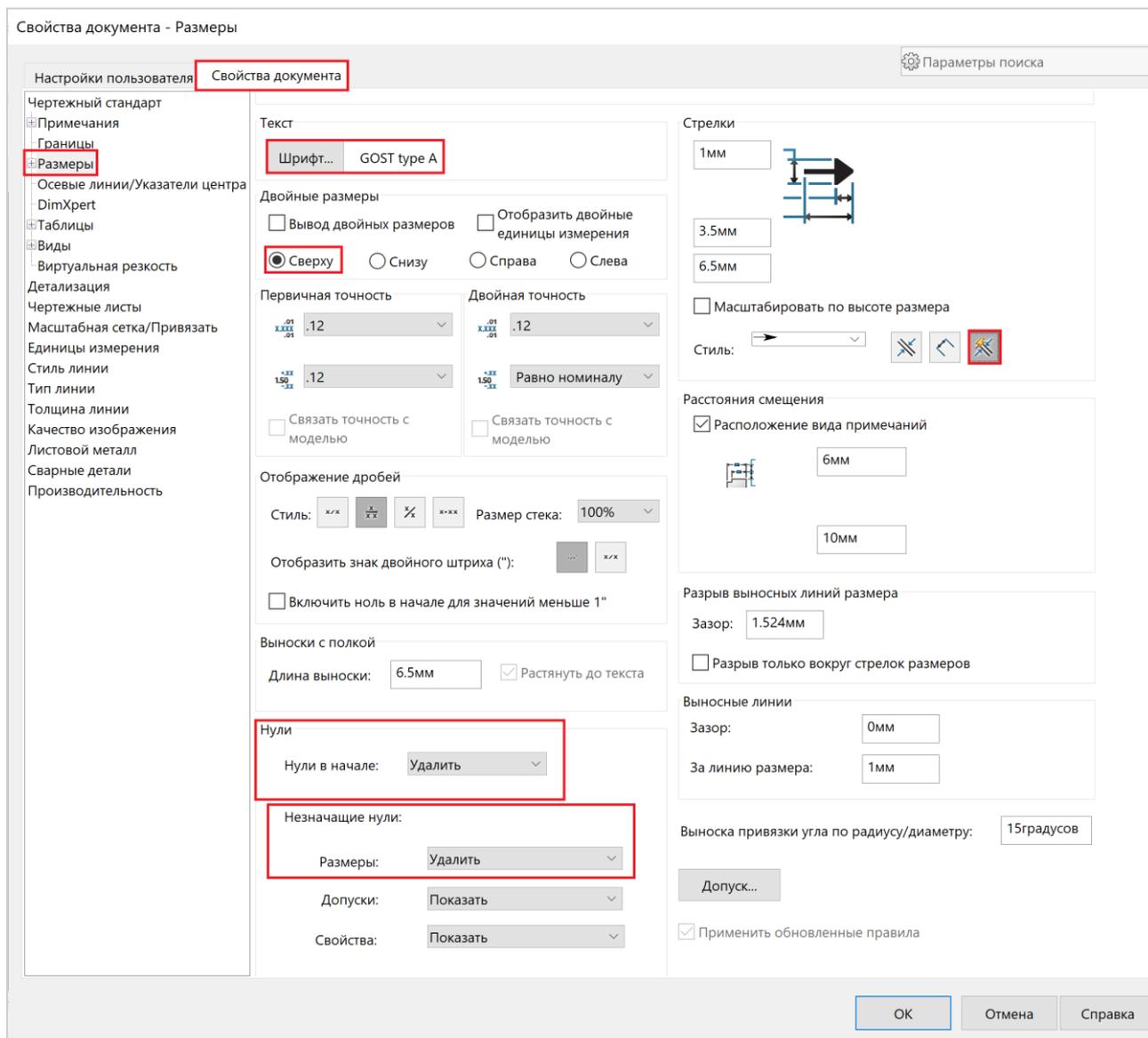


Рисунок 1.8 – Налаштування розмірів

Для креслення геометричних об'єктів потрібно у стрічці меню SolidWorks обрати вкладку **Ескіз** (рис. 1.9).

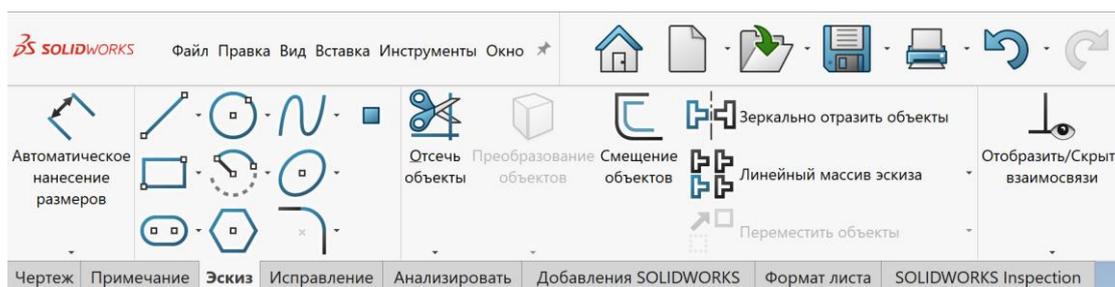


Рисунок 1.9 – Кнопки панелі «Інструментів ескізу»

Зверніть увагу, що біля більшості команд присутній «прапорець» ▼, після натискання на який, можна побачити різні варіанти виконання цієї команди. Наприклад, побудова прямокутника (рис. 1.10). При натисканні на «прапорець» поруч з кнопкою «Прямокутник» розкривається панель розширених команд.

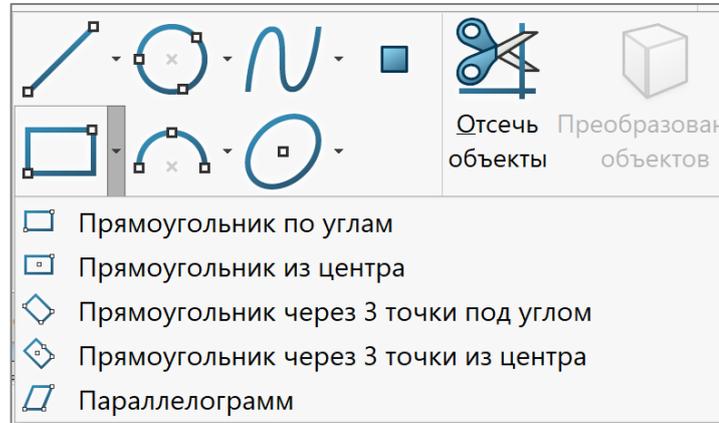


Рисунок 1.10 – Способи побудови прямокутника

Після активації будь-якого зі способів побудови прямокутника в Менеджері властивостей також з'явиться вибір Типу прямокутника (рис. 1.11).

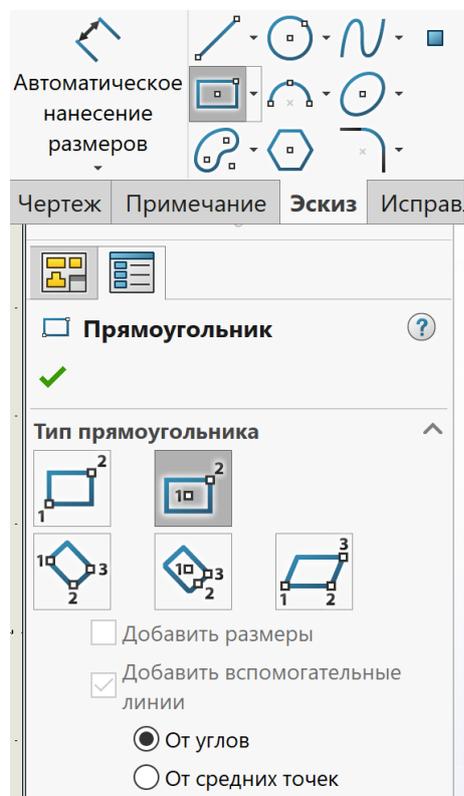


Рисунок 1.11 – Вибір способу побудови прямокутника з Менеджера властивостей

За допомогою кнопок вибору типу прямокутника можна вибрати різні способи побудови прямокутника, незважаючи на те, що якийсь тип побудови вже вибраний.

За замовчуванням, залежно від вибраного інструмента на Панелі властивостей, відповідна кнопка підсвічується.

Для побудови **Прямокутника по кутах**  треба вказати два протилежні по діагоналі кути. Перший – нижній лівий, другий – правий верхній (рис. 1.12).

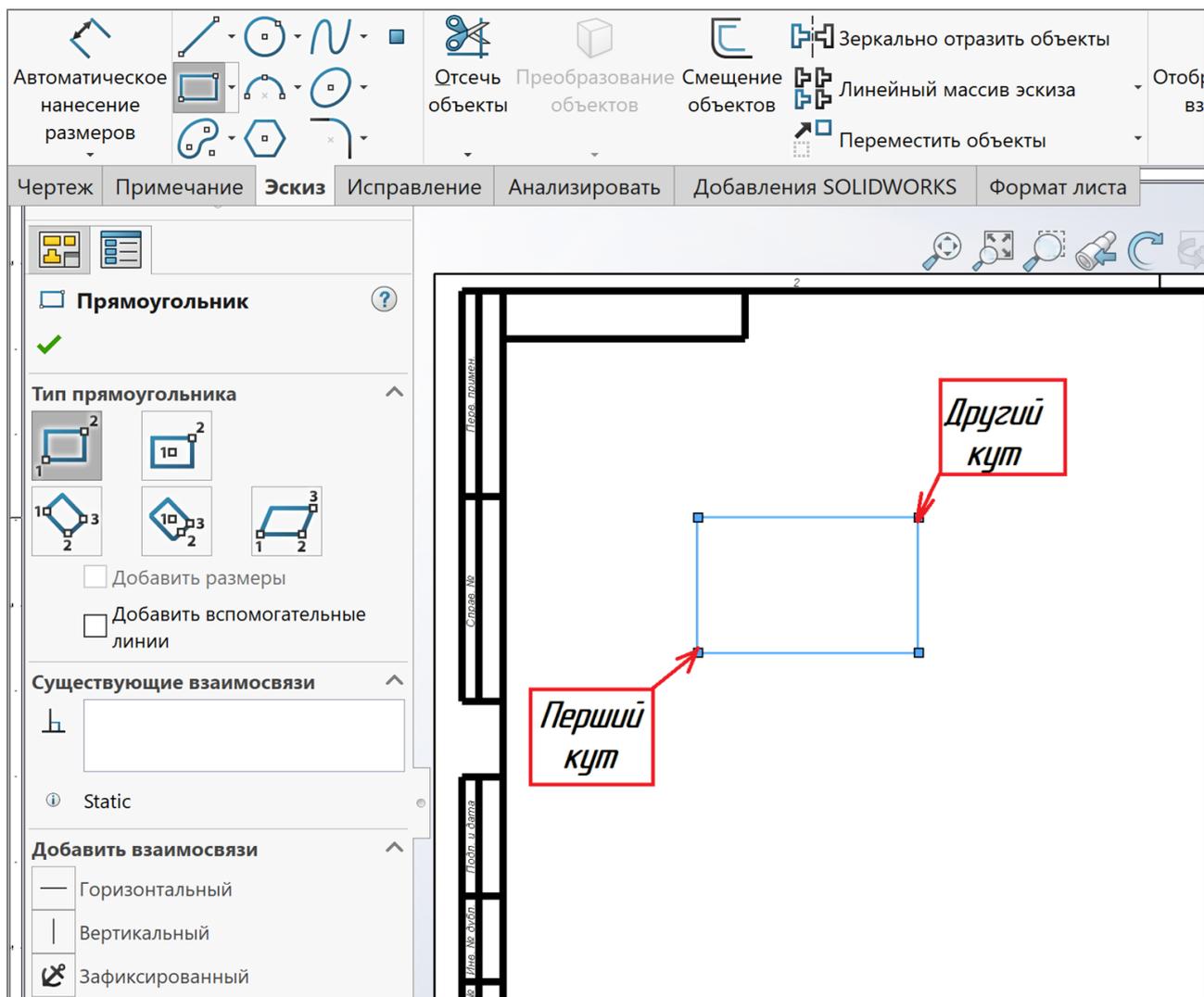


Рисунок 1.12 – Побудова прямокутника по кутах

Для побудови **прямокутника з центру**  (рис. 1.13) клацніть мишею у місці, де ви хочете розмістити центр прямокутника (точка 1). Потім перетягніть мишкою, щоб визначити розміри прямокутника (точка 2).

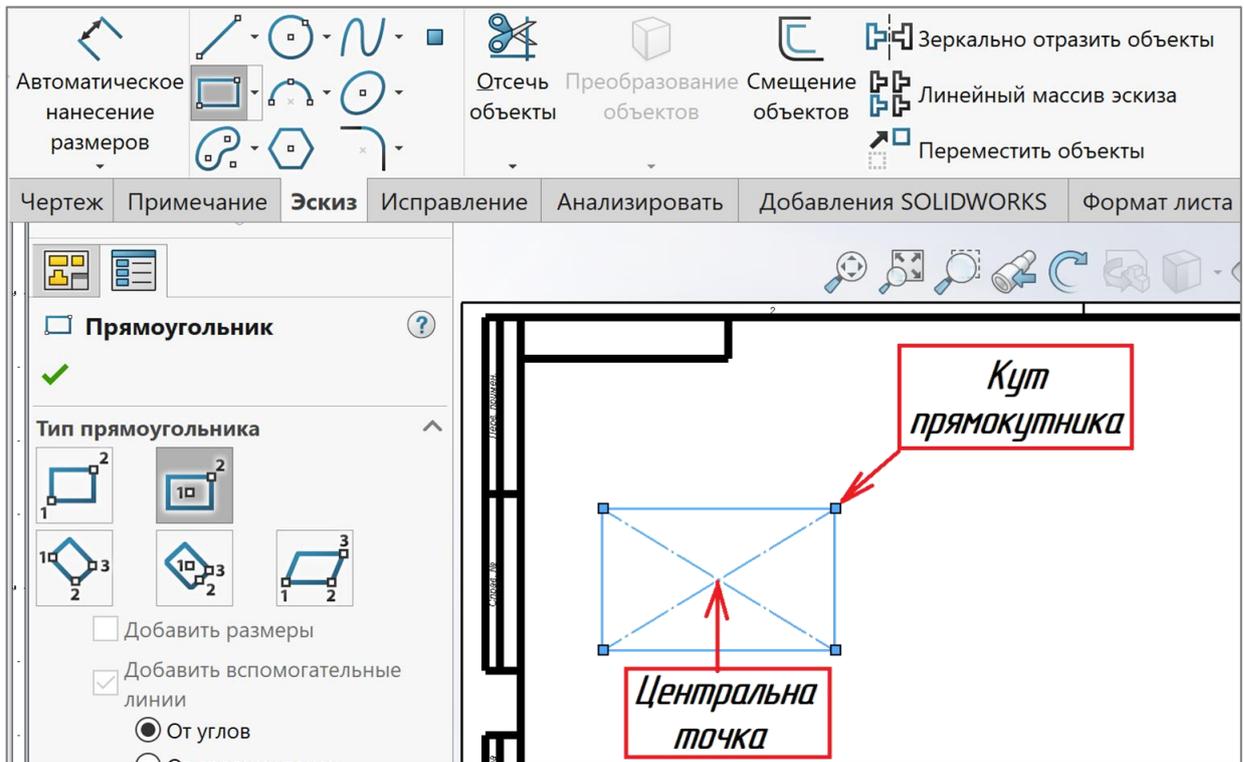


Рисунок 1.13 – Побудова прямокутника з центру

Прямокутник через 3 точки під кутом . Клацніть мишею в місці, де ви хочете розмістити першу точку прямокутника. Після цього клацніть мишею ще раз, вказуючи місце для другої точки. Це буде один з кутів прямокутника. Далі вкажіть місце для третьої точки (рис. 1.14). Відстань між першими двома точками визначають ширину та орієнтацію прямокутника, відстань між другою та третьою точкою визначає довжину прямокутника.

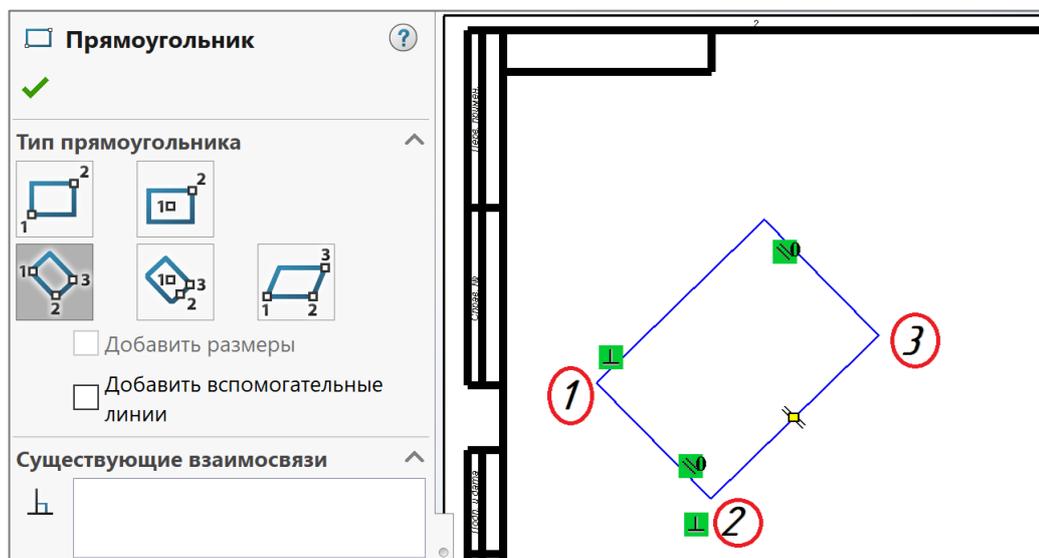


Рисунок 1.14 – Побудова прямокутника через 3 точки під кутом

Для побудови прямокутника через 3 точки з центру  треба побудувати першу точку, що визначає центр прямокутника, потім другу, що визначає ширину та орієнтацію прямокутника і третю – довжину прямокутника (рис. 1.15).

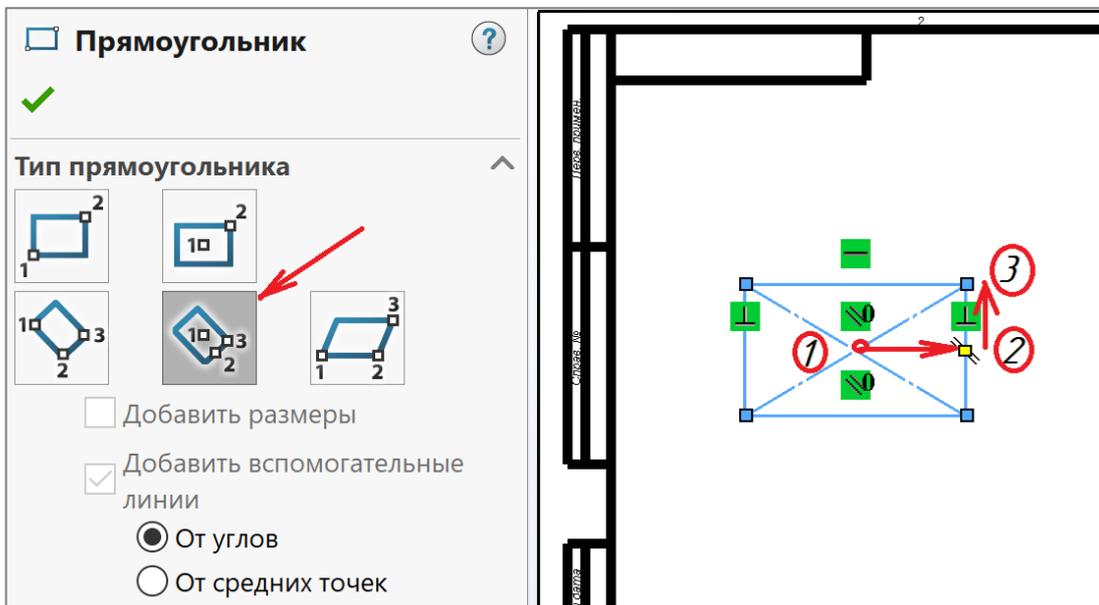


Рисунок 1.15 – Побудова прямокутника через 3 точки з центру

У програмі передбачено швидко побудову паралелограма . Перші дві точки визначають довжину та орієнтацію паралелограма, третя точка визначає ширину та кут між сторонами паралелограма (рис. 1.16).

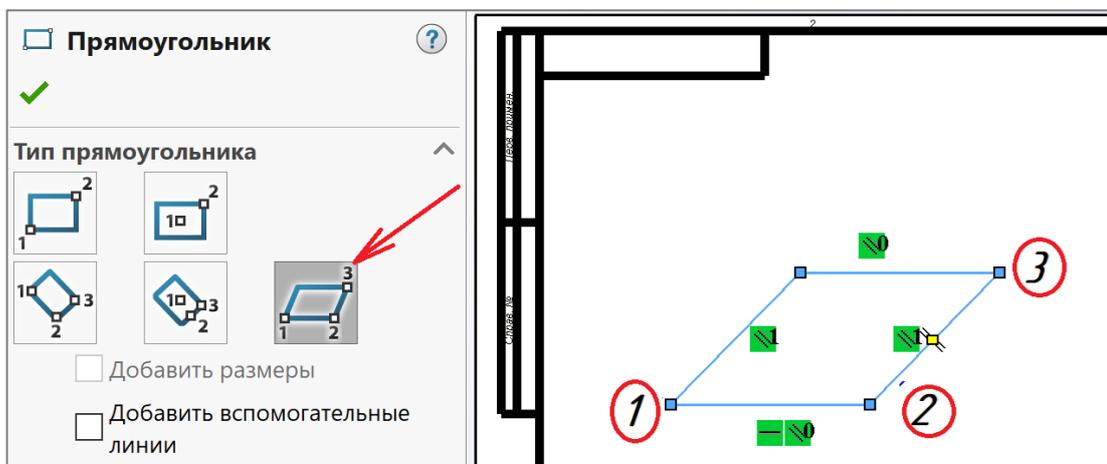


Рисунок 1.16 – Побудова паралелограма

Розглянемо побудову лінії в SolidWorks.

Існують два режими проектування **Лінії** .

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

2. Режим «натиснути-натиснути» – проектування об'єкта починається і закінчується при натисканні кнопки миші, проектується об'єкт переміщенням між двома цими натисканнями. Для того, щоб закінчити побудову, необхідно здійснити подвійне клацання миші, або викликати контекстне меню правою кнопкою миші, з якого вибрати «Завершити ланцюжок» (рис. 1.17).

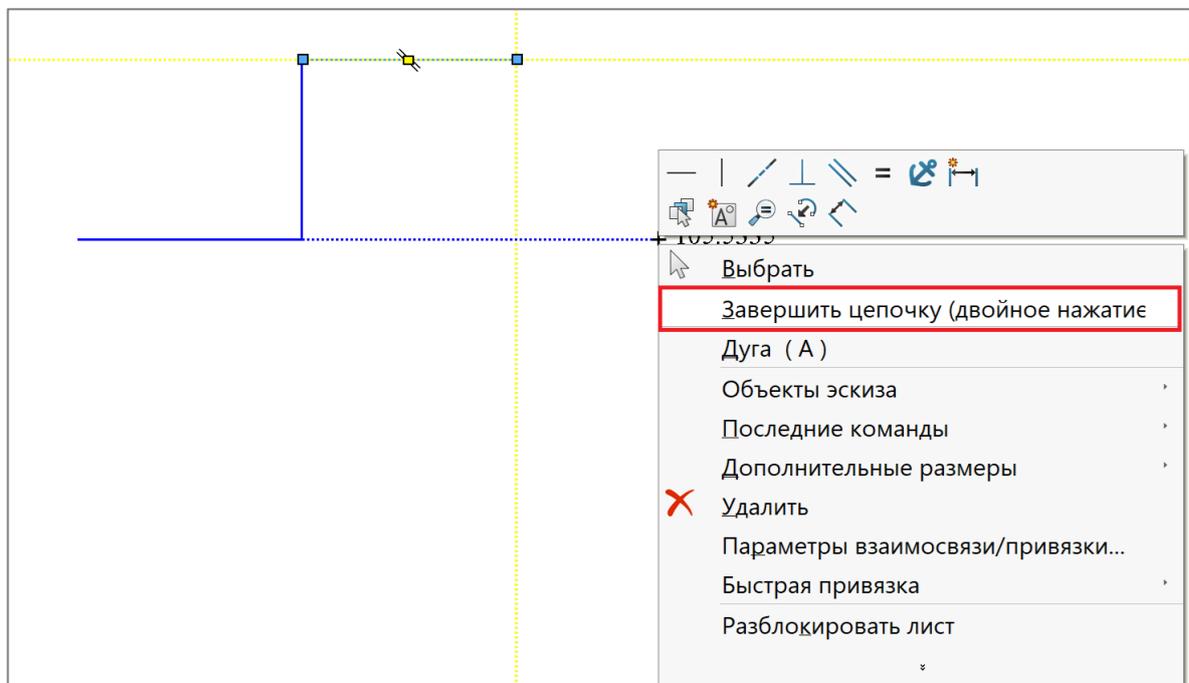


Рисунок 1.17 – Побудова лінії

Інструмент **Лінія середньої точки** . Знаходиться цей інструмент у списку інструмента **Лінія** (рис. 1.18).

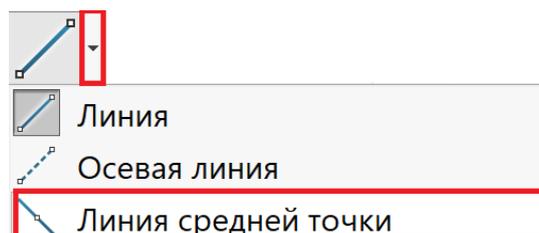


Рисунок 1.18 – Лінія середньої точки

Даний інструмент дозволяє будувати відрізки одночасно в обидві сторони від початкової точки. Часто це дозволяє зекономити час при проєктуванні.

Також можна перетворити об'єкти кресленика на допоміжну геометрію. Допоміжна геометрія використовує тип лінії, що застосовується для осьових ліній. На рис. 1.19 показано приклад побудови лінії середньої точки стилем лінії осьова. Для цього при побудови лінії на панелі властивостей треба поставити галочку в поле **Допоміжна геометрія**, або викликати контекстне меню правою кнопкою миші й обрати **Допоміжна геометрія**.

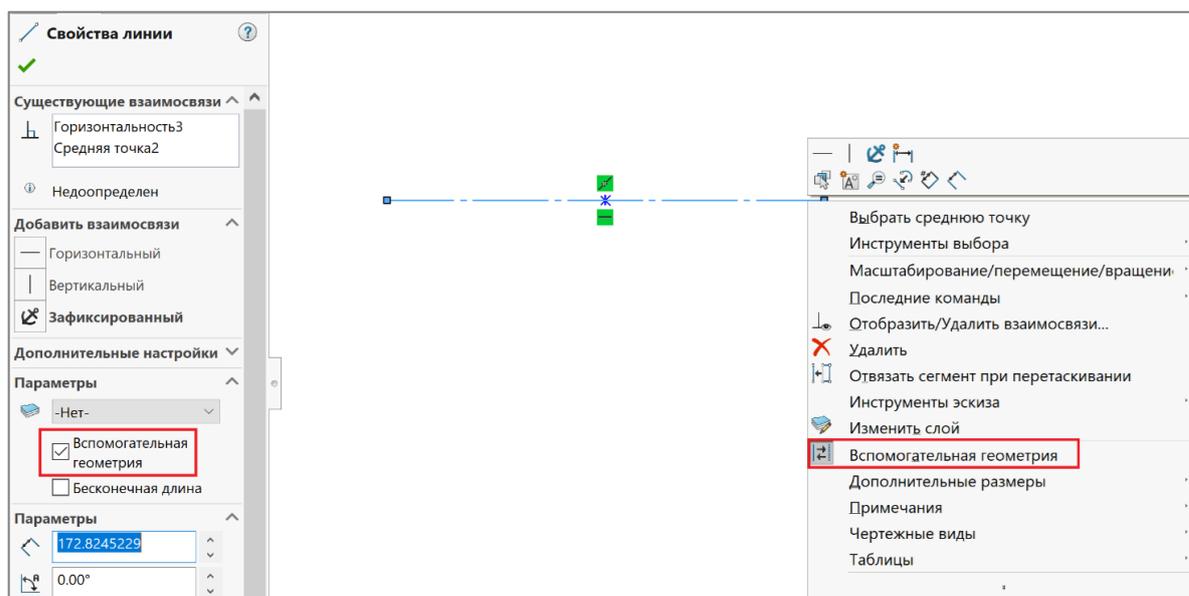


Рисунок 1.19 – Побудова осьової лінії

Додатково в SolidWorks реалізована можливість переходу від прямої ламаної лінії до дотичній дуги без вибору відповідного інструменту. Ця можливість також прискорює побудову. Для цього необхідно, починаючи малювати новий сегмент ламаної лінії від кінцевої точки попереднього відрізка, відвести курсор миші в сторону, потім знову повернутися в кінцеву точку до появи жовтого кола  (рис. 1.20).

При подальшій побудові формується динамічна дотична дуга. Автоматичний перехід від **Лінії** до **Дотичної дуги** (Tangent Arc) виконується також при натисканні на клавіатурі латинської A.

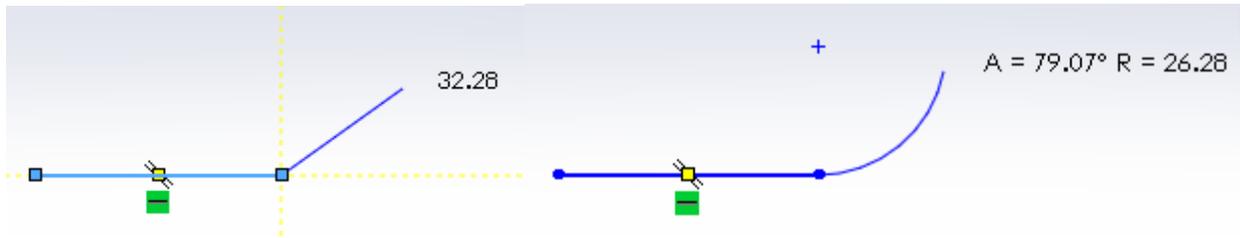


Рисунок 1.20 – Автоматичний перехід від лінії до дотичної дуги

Зверніть увагу на дуже важливий момент: залежно від того, в якому напрямку переміщатимете курсор після того, як побудували перший відрізок, залежатиме напрямок побудови дуги (рис. 1.21).

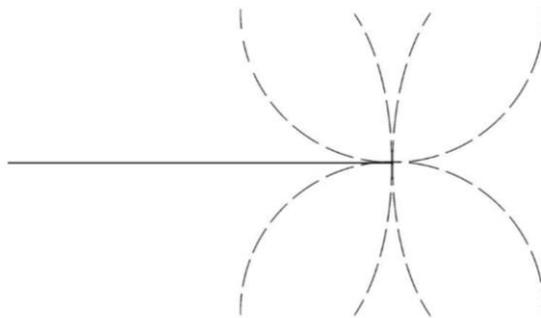


Рисунок 1.21 – Напрямок побудови дуги

Побудова кіл у SolidWorks виконується двома способами.

Інструмент **Коло**  використовується для того, щоб побудувати коло, визначивши його центр та точку на колі (рис. 1.22).

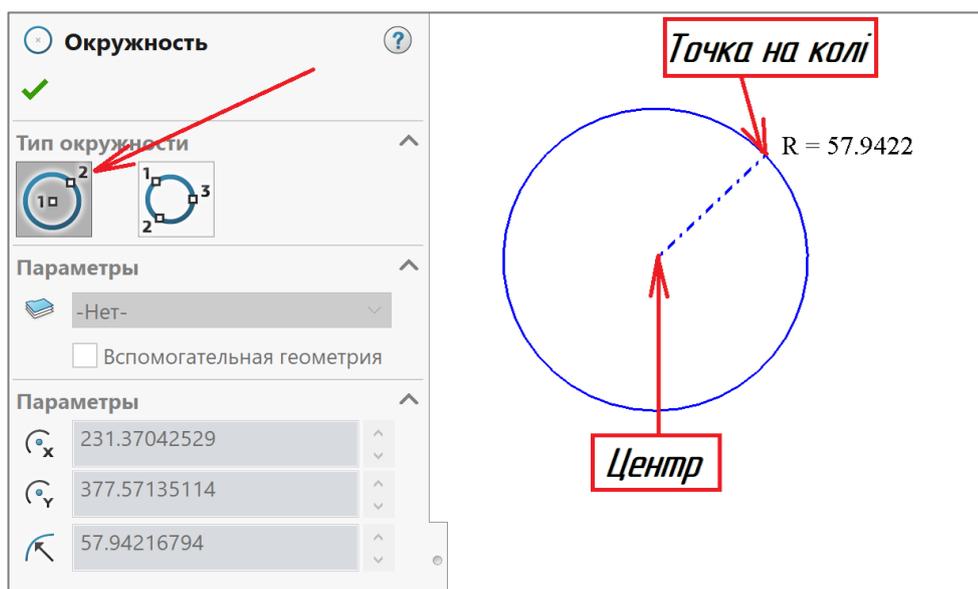


Рисунок 1.22 – Побудова кола

Інструмент **Коло по периметру**  використовується, щоб побудувати коло по трьох точках (рис. 1.23).

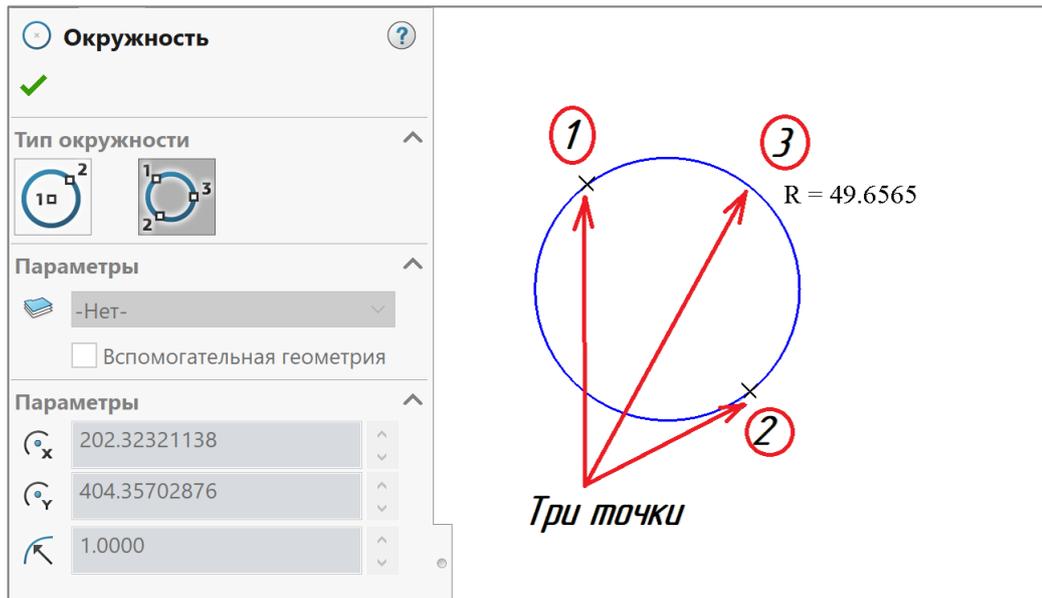


Рисунок 1.23 – Побудова кола по периметру

Побудова **Прорізу** . У SolidWorks можна будувати прорізи за допомогою спеціального інструменту. Є можливість побудувати різні типи прорізів (рис. 1.24).

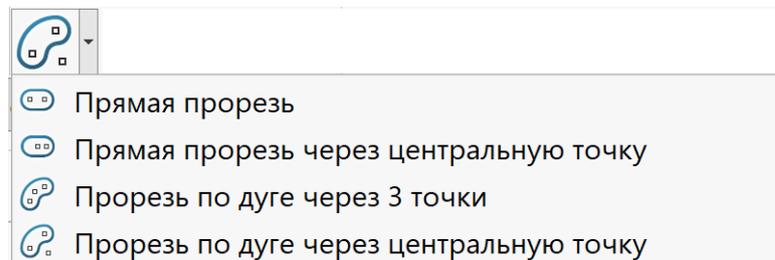


Рисунок 1.24 – Типи прорізів

Прямий проріз . За допомогою даного інструменту проріз будується по двох центральних точках прорізу і третьої точки, що визначає ширину прорізу (рис. 1.25).

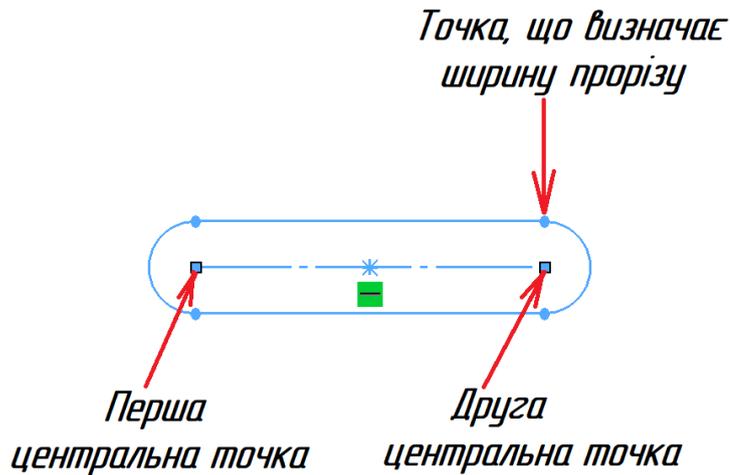


Рисунок 1.25 – Побудова прямого прорізу

Прямий проріз через центральну точку



Даний вид прорізу будується так: визначаємо центр прорізу, вказуємо другу точку (одночасно відбувається побудова симетричного відрізка в протилежний бік) і вказуємо точку, що визначає ширину прорізу (рис. 1.26).

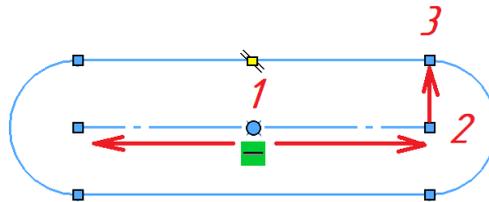


Рисунок 1.26 – Побудова прорізу через центральну точку

Побудова дуг

Існує кілька типів дуг у SolidWorks (рис. 1.27).

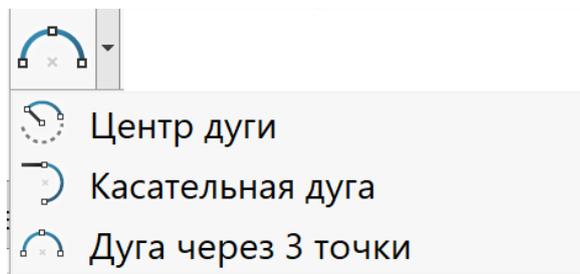


Рисунок 1.27 – Типи дуг

Центр дуги . Створення дуги на основі центральної, початкової і кінцевої точки (рис. 1.28).

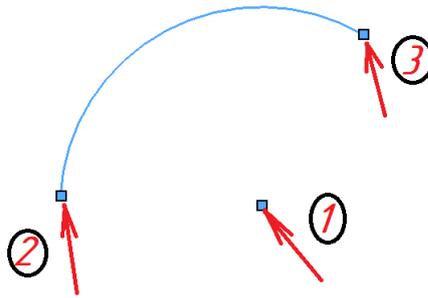


Рисунок 1.28 – Побудова дуги з зазначенням центру

Дотична дуга . Використовується для побудови дуг дотичних до існуючої геометрії (рис. 1.29).

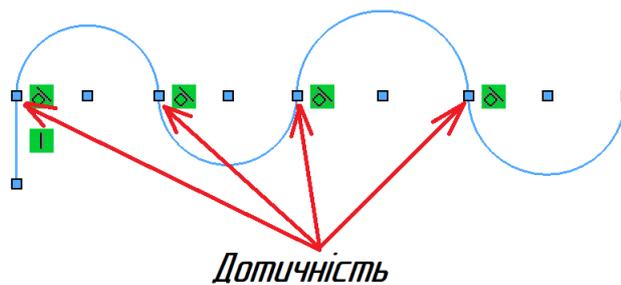


Рисунок 1.29 – Дотична дуга

Дуга через три точки . Інструмент Дуга через 3 точки використовується, щоб побудувати дугу, визначаючи три точки на дузі (рис. 1.30).

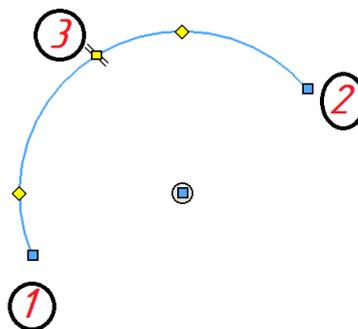


Рисунок 1.30 – Побудова дуги через три точки

Важливою особливістю побудови об'єктів у SolidWorks є те, що нанесення точних розмірів можна виконувати не відразу, а пізніше, застосувавши функцію меню «Автоматичне нанесення розмірів».

Використовуючи примітиви в меню *Ескіз*, виконати графічну роботу. Дані до виконання графічної роботи надано в табл. 1. Після виконання роботи зберегти файл в двох форматах:

1. з розширенням **.slddrw**;
2. з розширенням **.jpg**.

Збереження роботи з розширенням **.slddrw**: **Файл > Зберегти як > Ім'я файлу > Тип файлу** автоматично пропонується збереження з розширенням **.slddrw** (рис. 1.31).

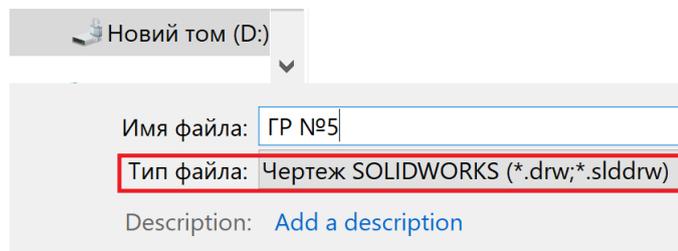


Рисунок 1.31 – Збереження кресленника

Файл **.jpg** – це файл картинок, який можна відкрити у більшості програм для перегляду картинок. Файл **.jpg** показує лише інформацію з графічного вікна; панель інструментів та інші області вікна SolidWorks не відображаються. Тому, перед тим як зберегти в цьому форматі, переконайтесь, що кресленник разом з основним написом повністю потрапляє в графічне вікно. Інакше буде збережено лише частину кресленника. Для повного відображення кресленника треба на панелі меню **Вид** натиснути команду *Змінити в розмір екрана* , або клавішу **F**.

Збереження роботи з розширенням **.jpg**: **Файл > Зберегти як > Ім'я файлу > Тип файлу** треба обрати **JPEG** (рис. 1.32).

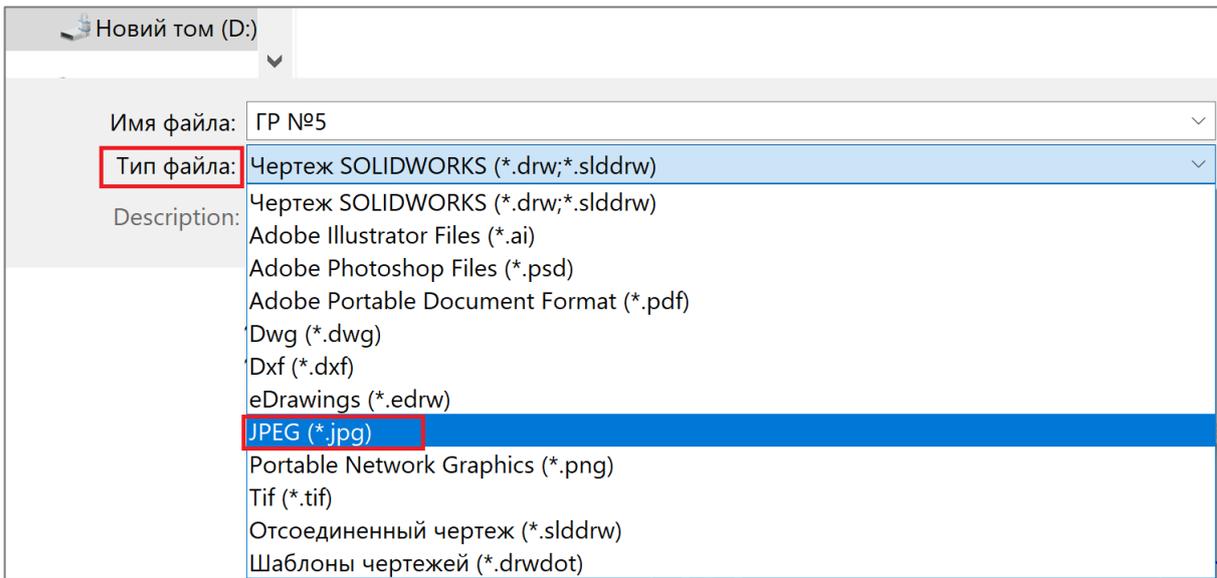


Рисунок 1.32 – Збереження кресленника з розширенням .jpg

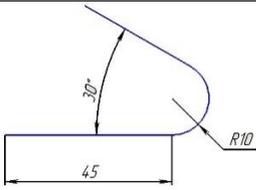
Завдання для самостійної роботи

Рекомендовано використання літератури для самостійної роботи [1-4].

Завдання для самостійної роботи наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Дані до виконання графічної роботи

Графічне зображення в меню <i>Ескіз</i>	Вихідні дані
	Побудувати відрізок довжиною 60 мм
	Побудувати лінію середньої точки довжиною 50 мм
	Побудувати прямокутник зі сторонами 30 і 50 мм
	Побудувати прямокутник з центра зі сторонами 25 і 30 мм
	Побудувати прямокутник через три точки під довільним кутом зі сторонами 25 і 20 мм
	Побудувати коло діаметром 40 мм

	Побудувати коло по периметру (за 3 точками) діаметром 30 мм
	Побудувати дугу радіусом 15 мм і кутом 120°
	За трьома точками побудувати дугу радіусом 30 мм і кутом 90°
	Побудувати точку з координатами $x=250$, $y=180$
	Побудувати довільну криву за допомогою команди <i>Слайн</i>
	Побудувати довільну криву за допомогою команди <i>Слайн стилю</i>
	Побудувати еліпс з параметрами: координати центра $x=200$, $y=90$; $R_1=28$ мм, $R_2=20$ мм
	Побудувати прямокутник зі сторонами 30 мм і 50 мм та виконати заокруглення $R=10$ мм
	Побудувати прямокутник зі сторонами 30 мм і 60 мм та виконати фаску 15мм
	Побудувати пряму прорізь довжиною 25 мм, шириною 20мм
	Побудувати шестикутник діаметром описаного кола 30 мм, координати центра $x=240$, $y=145$
	Побудувати лінію довжиною 45 мм, виконати автоматичний перехід від лінії до дуги радіусом 10 мм, далі продовжити побудову лінії довільної довжини під кутом 30° до попередньої лінії

Зразок виконання графічної роботи наведено на рис. 1.33.

Графічна робота № 2

ПОБУДОВА ЕСКІЗУ ПЛОСКОЇ ДЕТАЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ МАСИВІВ ТА СТВОРЕННЯ ОБ'ЄМНОЇ МОДЕЛІ МЕТОДОМ ВИТЯГУВАННЯ

Мета роботи: засвоїти прийоми побудови ескізу з використанням кругового масиву, навчитись редагувати об'єкти, видаляти зайвий контур, накладати взаємозв'язки на об'єкти ескізу та створювати об'ємні зображення з плоских контурів.

Графічне завдання:

1. побудувати за індивідуальним варіантом мембрану в режимі Деталь;
2. оформити звіт на форматі А3: вид спереду й аксонометричне зображення;
3. нанести розміри, заповнити основний напис.

Розглянемо приклад побудови типового завдання (рис. 2.1).

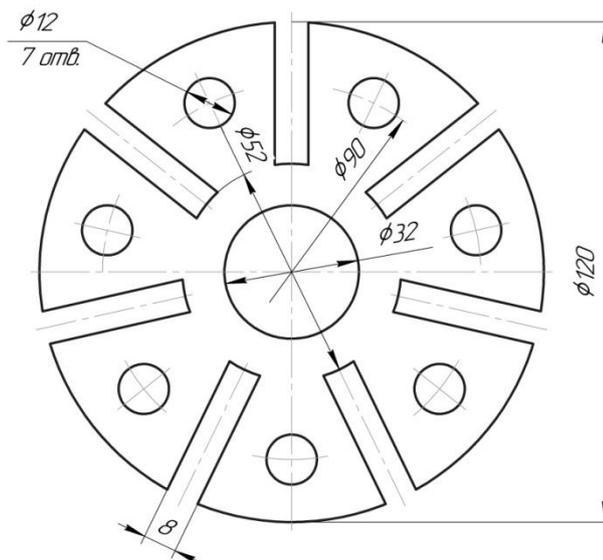


Рисунок 2.1 – Типове завдання

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ

1. Створити Новий файл – Деталь.
2. Обрати площину спереду. Натиснути кнопку **Ескіз** .

3. Побудувати вертикальну та горизонтальну допоміжні лінії, що проходять через Початкову точку , використовуючи лінію середньої точки (рис. 2.2, 2.3).

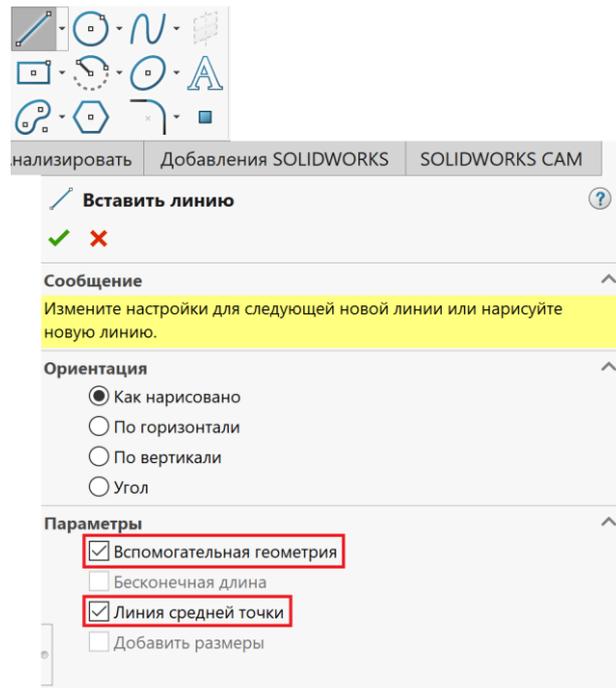


Рисунок 2.2 – Команда Лінія

4. Будуємо зовнішнє коло. Це буде основа мембрани. Будуємо внутрішнє коло. Це буде центральний виріз (рис. 2.4).

5. Будуємо ще два кола. При побудові великого кола в параметрах обираємо *Допоміжна геометрія* (рис. 2.5, 2.6).

6. Проставляємо необхідні розміри (рис. 2.7).

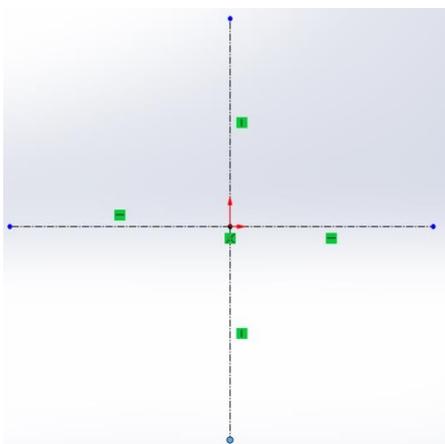


Рисунок 2.3 – Осьові лінії

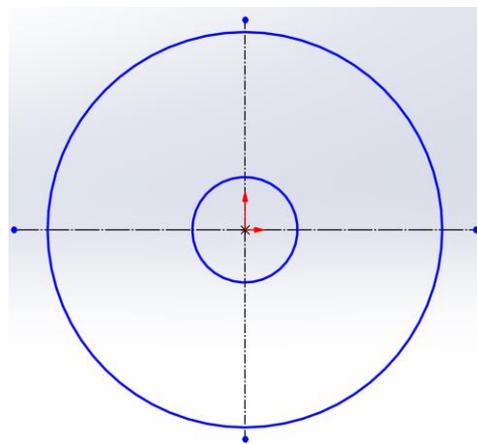


Рисунок 2.4 – Побудова кола

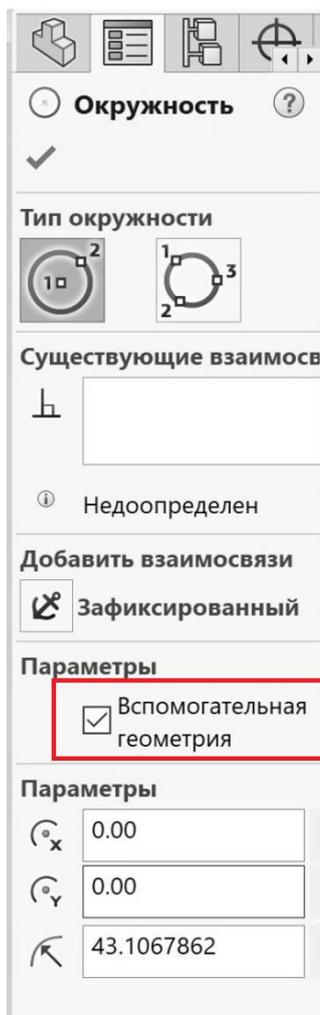


Рисунок 2.5 – Допоміжна геометрія

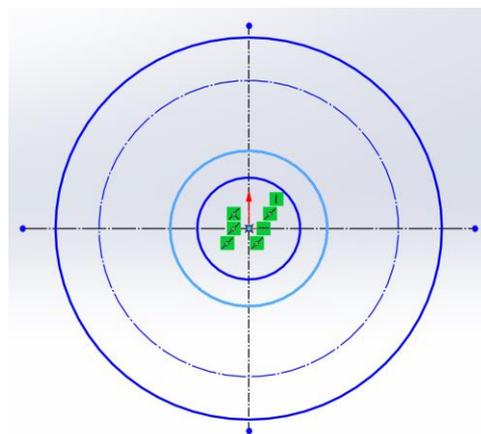


Рис. 2.6 Побудова кіл

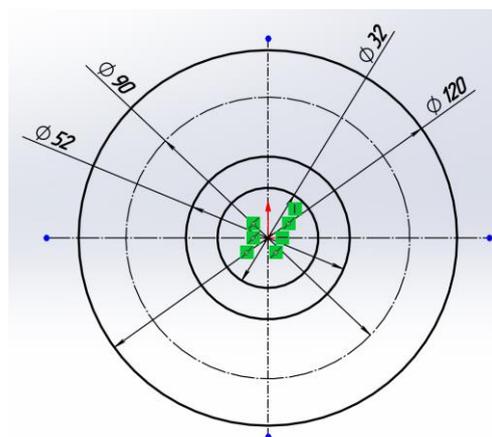


Рисунок 2.7 – Нанесення розмірів

7. Будемо дві вертикальні лінії згідно до завдання. Якщо одразу не вдалося побудувати вертикальні лінії, то треба буде ще раз натиснути відповідну лінію й через контекстну панель інструментів (з'явиться праворуч від лінії) обрати взаємозв'язок **Вертикальність** . Накладаємо взаємозв'язок **Симетричність** відносно вертикальної осі симетрії. Для цього потрібно натиснути на перший відрізок, далі затиснути клавішу **Shift** й вказати на другий відрізок і ось симетрії. Активується *Менеджер властивостей* де можна обрати відповідний взаємозв'язок **Симетричність** або через контекстну панель інструментів обрати . Далі підтверджуємо вибір натиснувши кнопку Ок . Програма автоматично розташує відрізки симетрично відносно осі. Проставити розміри (рис. 2.8).

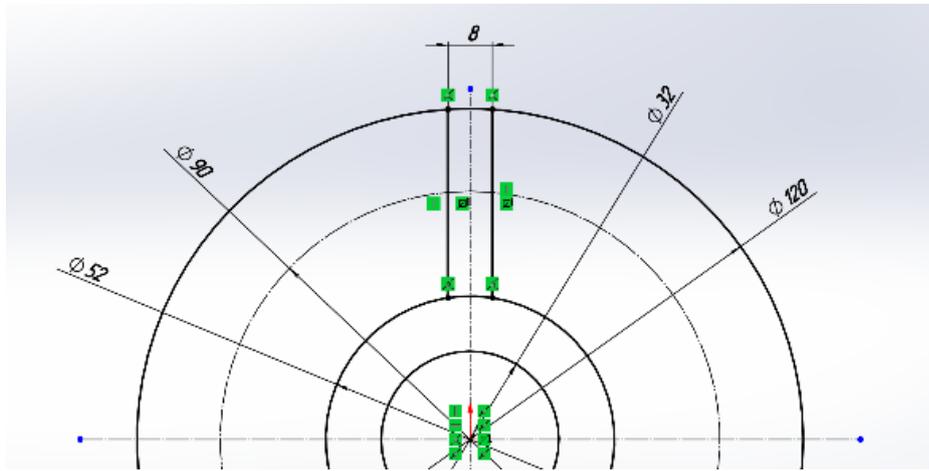


Рисунок 2.8 – Побудова вертикальних відрізків симетрично відносно осі

8. Вибираємо **Круговий масив ескизу** (рис. 2.9).

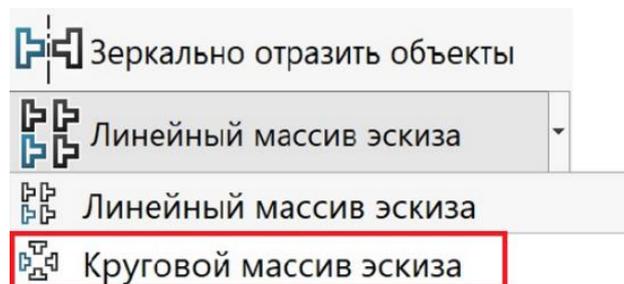


Рисунок 2.9 – Круговий масив ескизу

Виділяємо елементи, які необхідно відобразити в масиві, затиснувши клавішу **Shift**. Задаємо кількість екземплярів. Обов'язково треба вказати на контур кола по якому будується круговий масив. Результат побудови відображається жовтим кольором, тому одразу можна переглянути правильність виконання. Впевнюємось, що все вірно та підтверджуємо створення масиву ✓ (рис. 2.10-2.12).

9. Відсікаємо зайві лінії за допомогою інструменту **Відсікти об'єкти** (рис. 2.13). Затиснувши ліву кнопку миші, тягнемо скрізь контур, який потрібно видалити. Результат видалення (рис. 2.14).

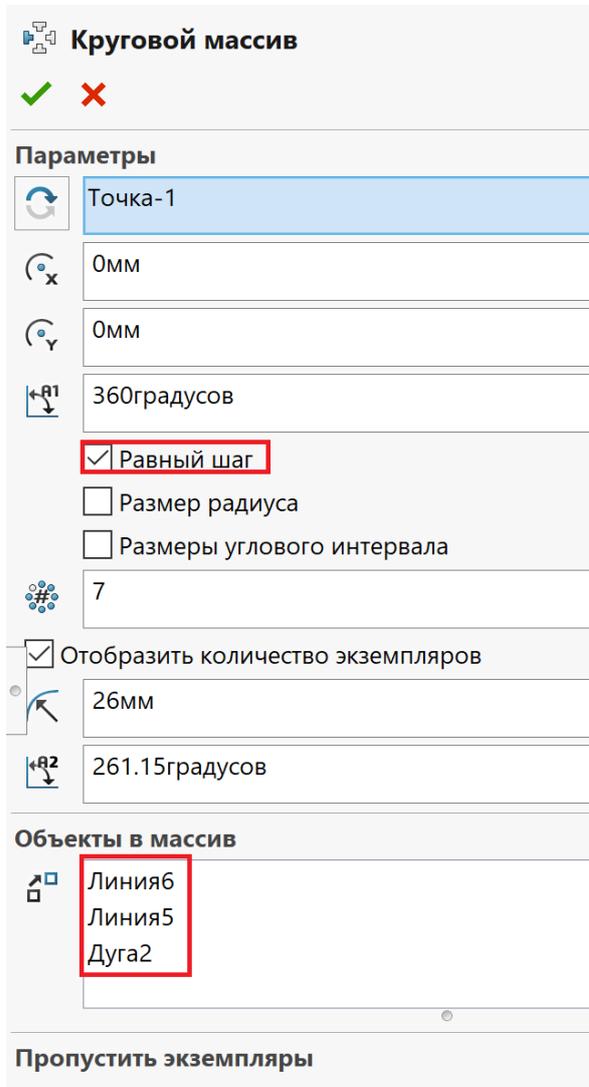


Рисунок 2.10 – Менеджер властивостей

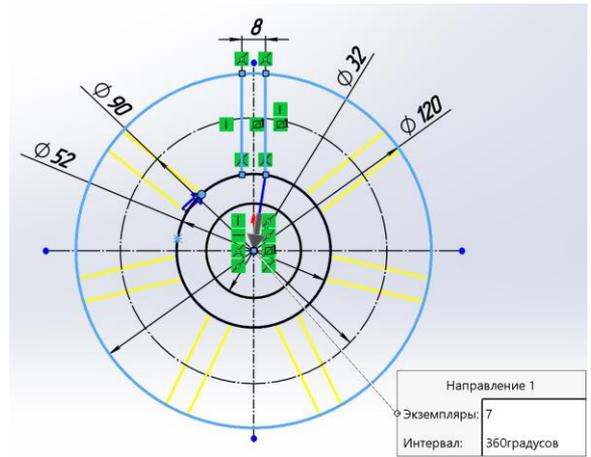


Рисунок 2.11 – Элементы в массив

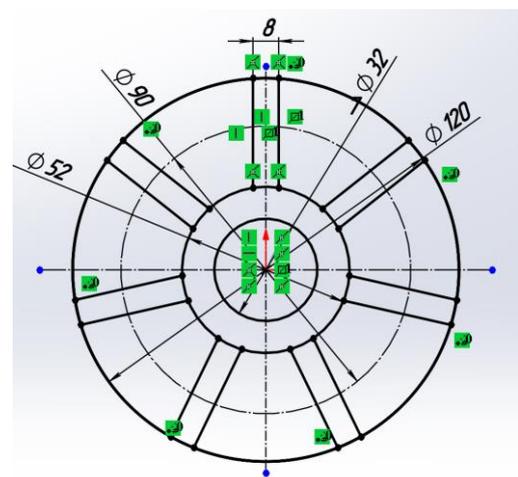


Рисунок 2.12 – Створений массив

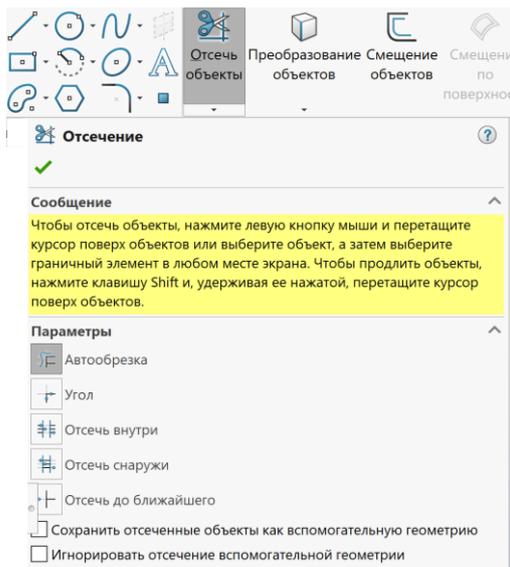


Рисунок 2.13 – Відсікти об'єкти

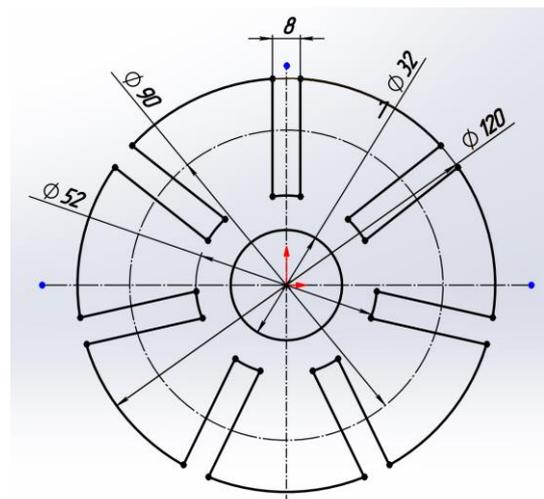


Рисунок 2.14 – Отриманий результат

10. Далі будуюмо коло діаметром 12 мм. Коло будуюмо в місці де є перетин осьової з колом, по якому буде будуватись круговий масив (рис. 2.15). Аналогічно створюємо ще один **Круговий масив** (рис. 2.16).

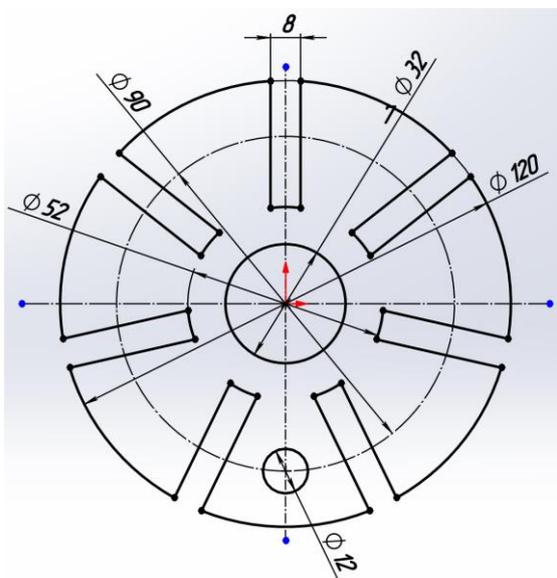


Рисунок 2.15 – Побудова об'єкта
Коло

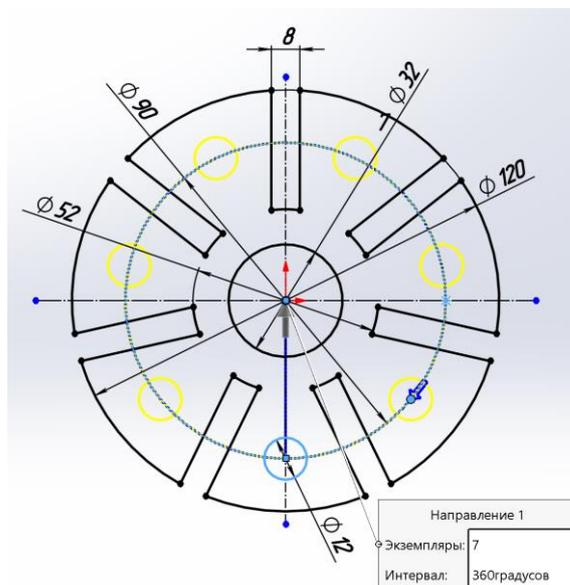


Рисунок 2.16 – Створення кругового масиву

Не забуваємо при створенні масиву вказати не тільки на коло, яке буде копіюватись, але й на коло по якому створюється круговий масив. Результат побудови (рис. 2.17).

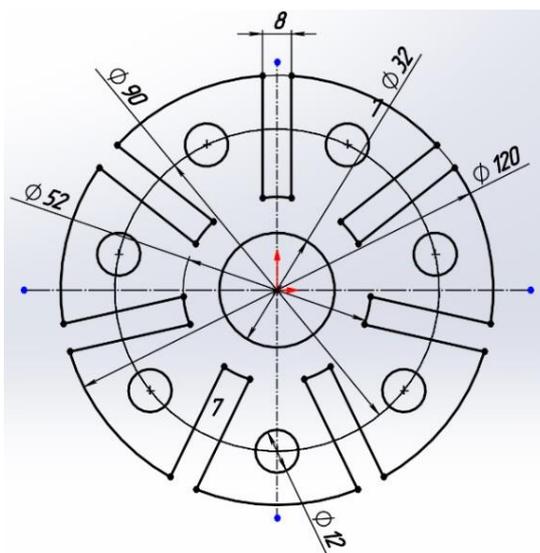


Рисунок 2.17 – Результат побудови

Зверніть увагу, після закінчення побудови ескіз має бути чорного кольору. Це означає, що ескіз повністю визначений. Перевірити стан ескізу можна також в стрічці стану, що знаходиться нижче графічної області.

Далі виходимо з ескізу . На панелі диспетчера задач **Елементи** обираємо інструмент **Витягнута бобишка/основа**. На панелі властивостей вказуємо товщину 10 мм й створюємо елемент натиснувши  (рис. 2.18-2.19).

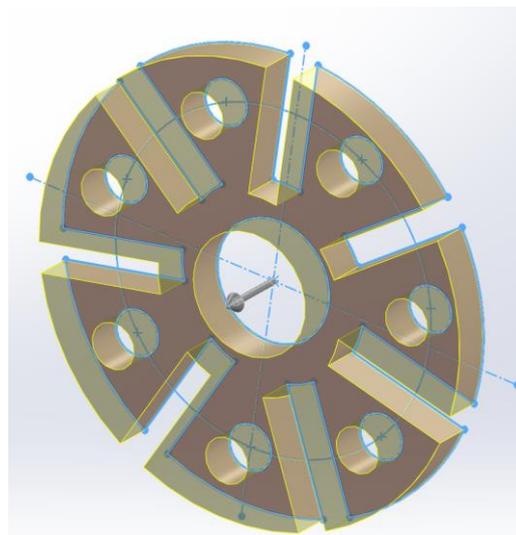
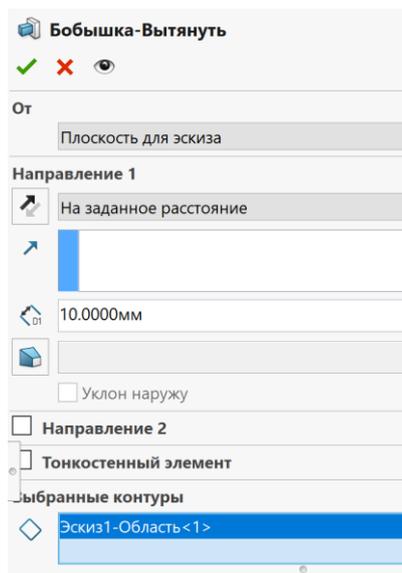


Рисунок 2.18 – Менеджер властивостей елемента

Рисунок 2.19 – Результат побудови елемента Витягнута бобишка/основа

Зберігаємо деталь: **Файл > Зберегти як > Ім'я файлу > Зберегти**. Для оформлення звіту по роботі: **Файл > Створити кресленик з деталі**. На панелі задач відкрити **Палітру видів** (рис. 2.20). Перетягнути на кресленик вид Спереду та Ізометрію. Нанести розміри. Більш детально процес по створенню видів буде розглянуто в наступних графічних роботах.

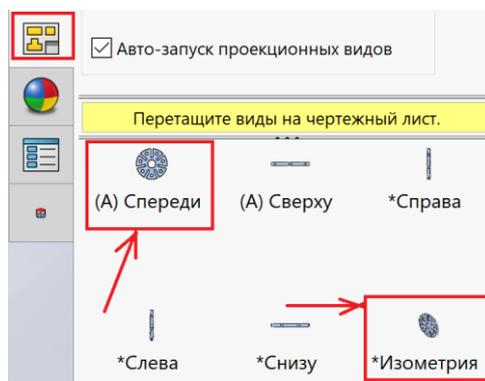
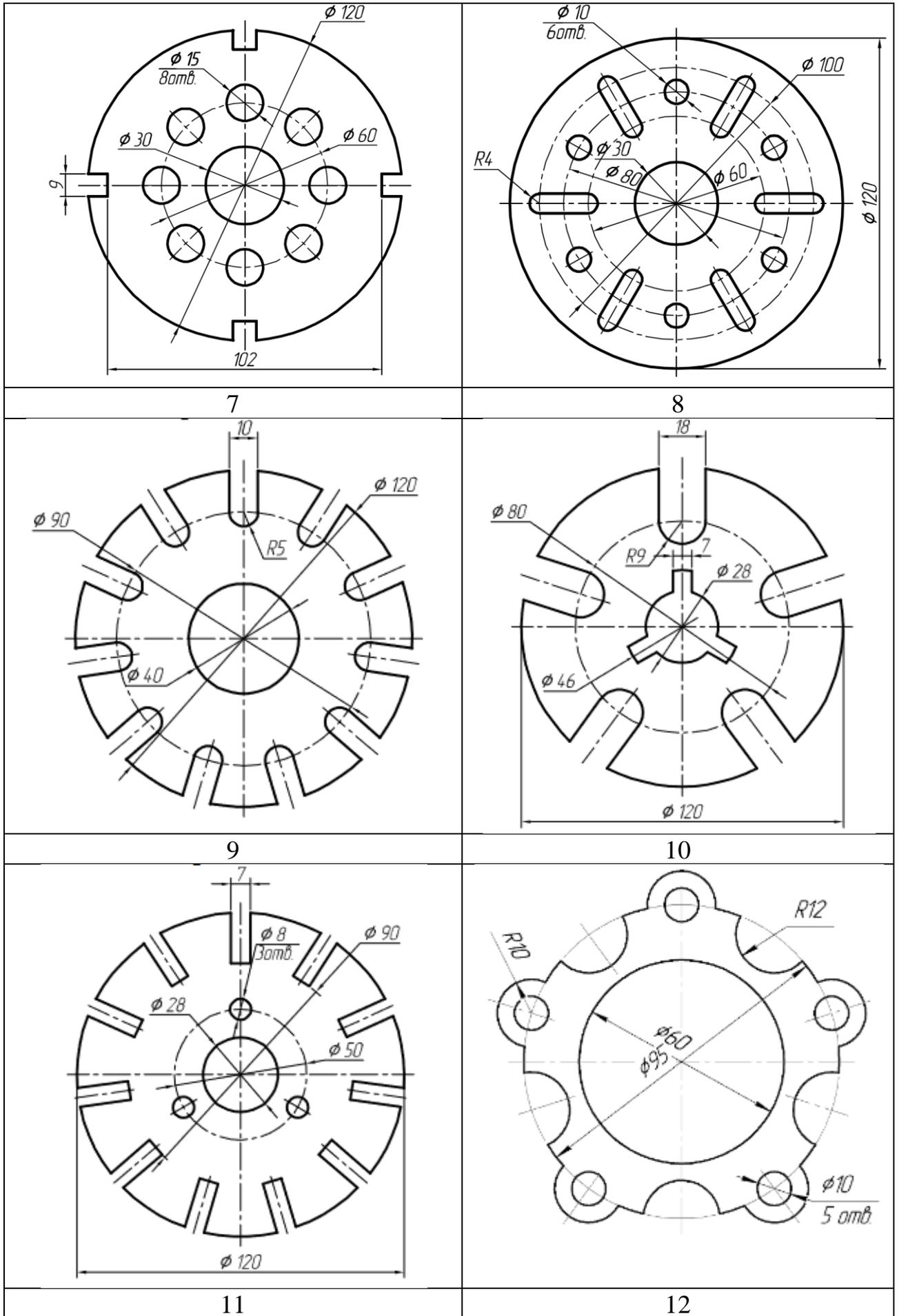


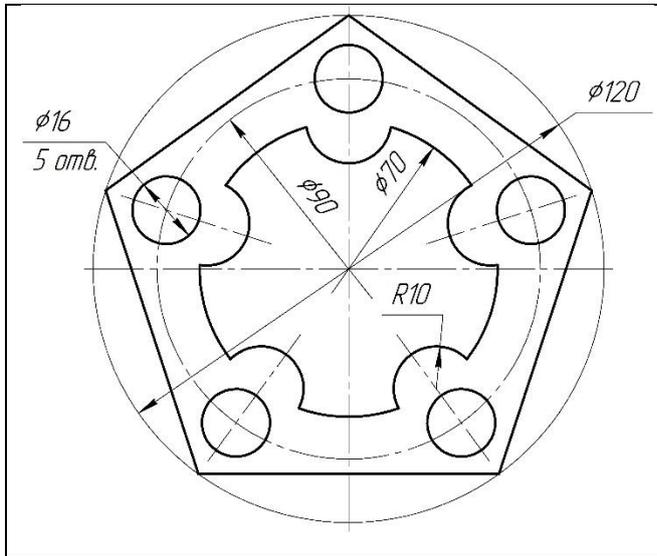
Рисунок 2.20 – Палітра видів

Завдання для самостійної роботи

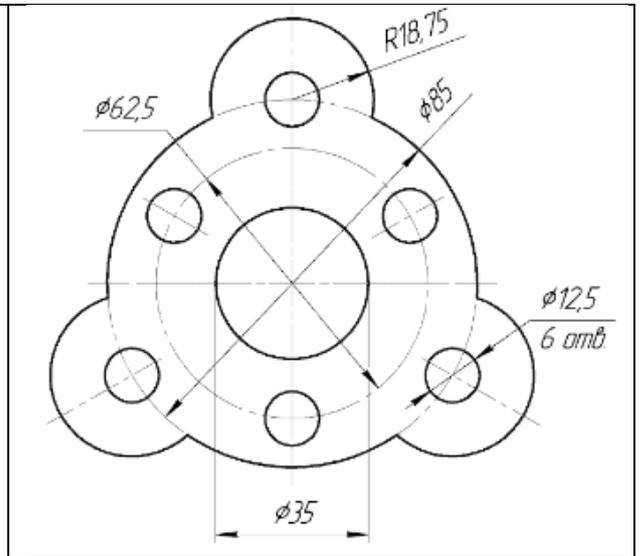
Таблиця 2 – Індивідуальні завдання до графічної роботи № 2

1	2
3	4
5	6

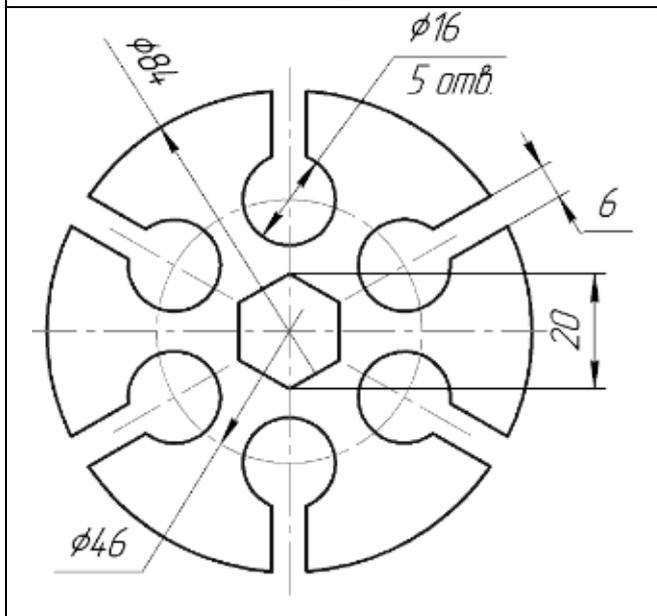




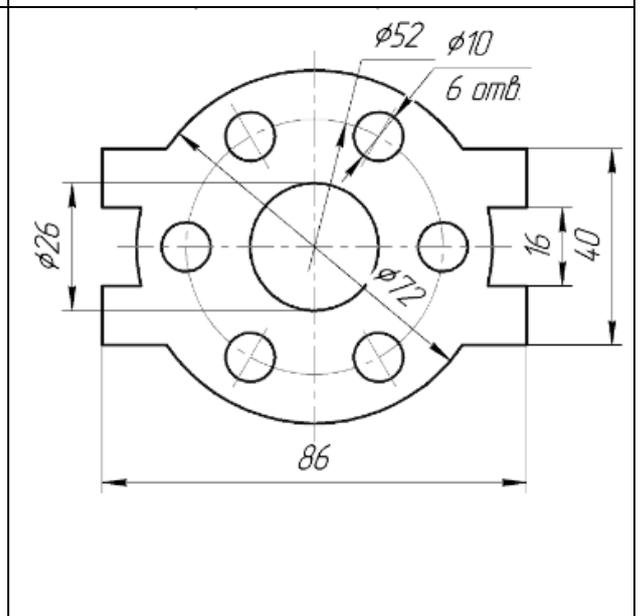
13



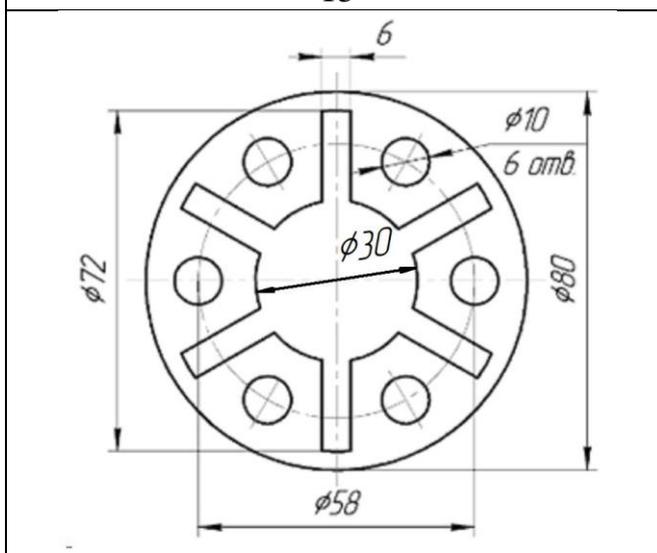
14



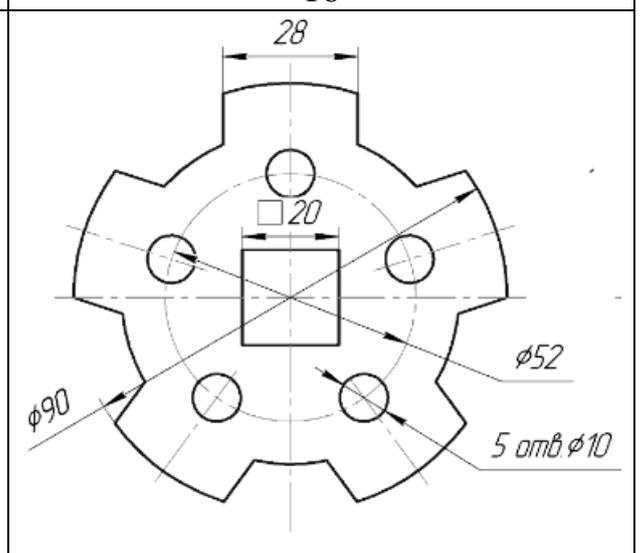
15



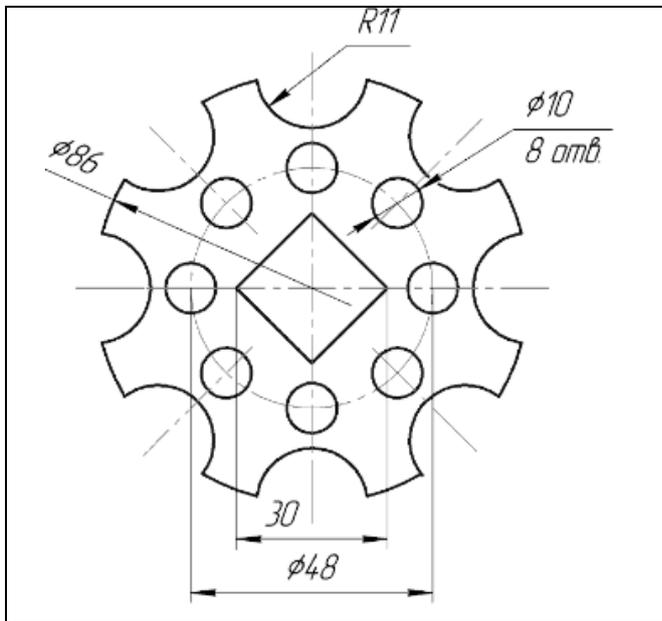
16



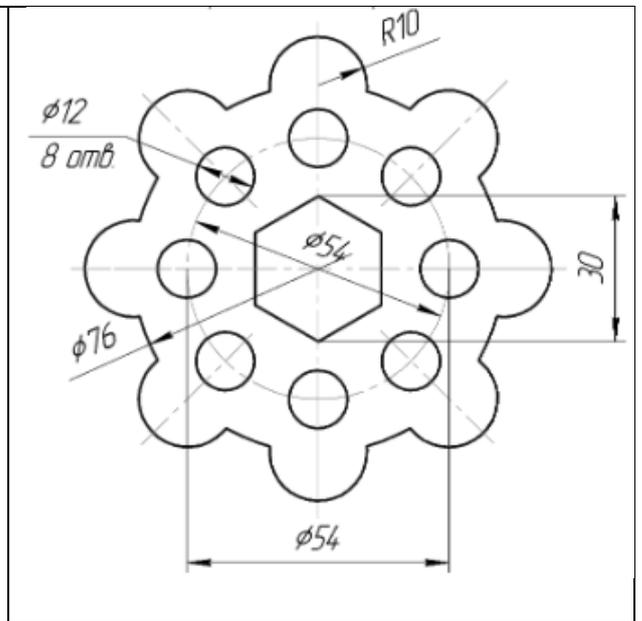
17



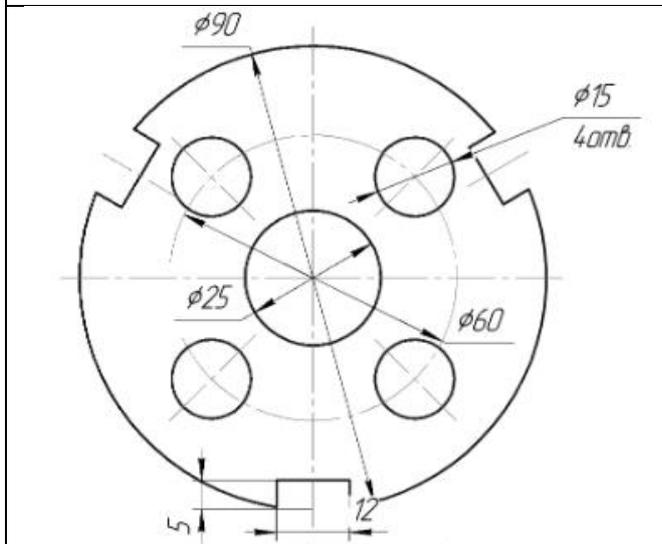
18



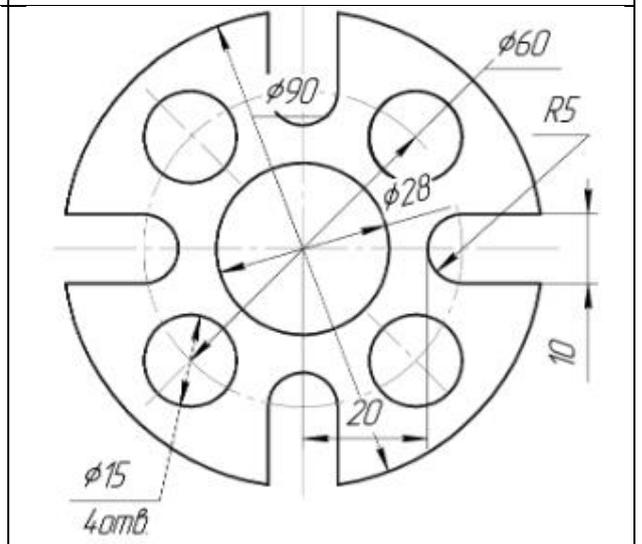
19



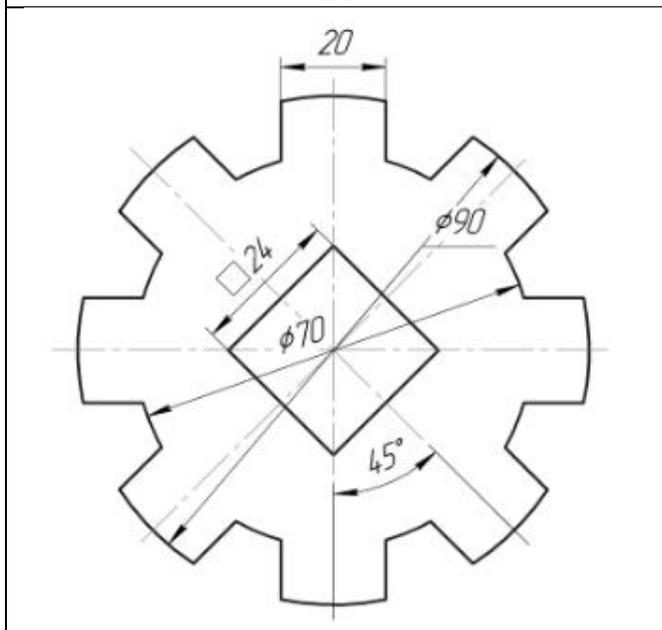
20



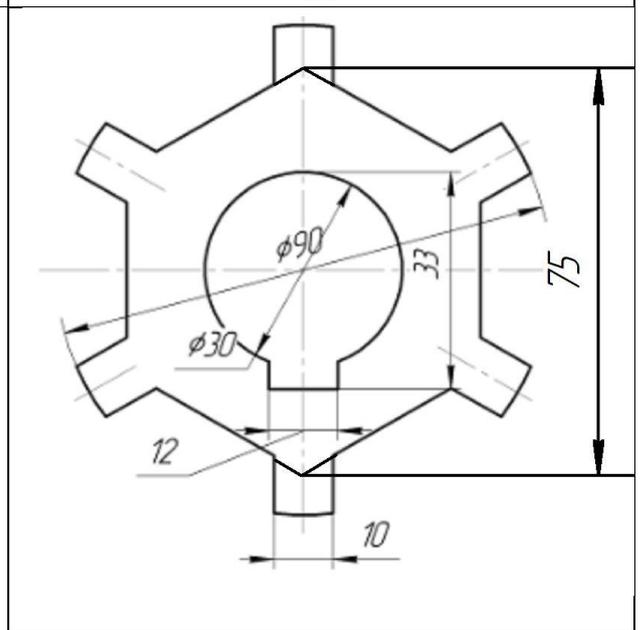
21



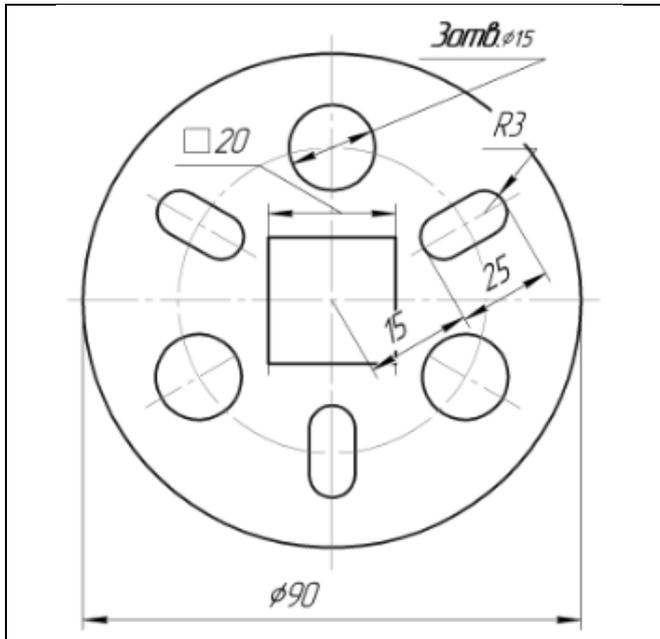
22



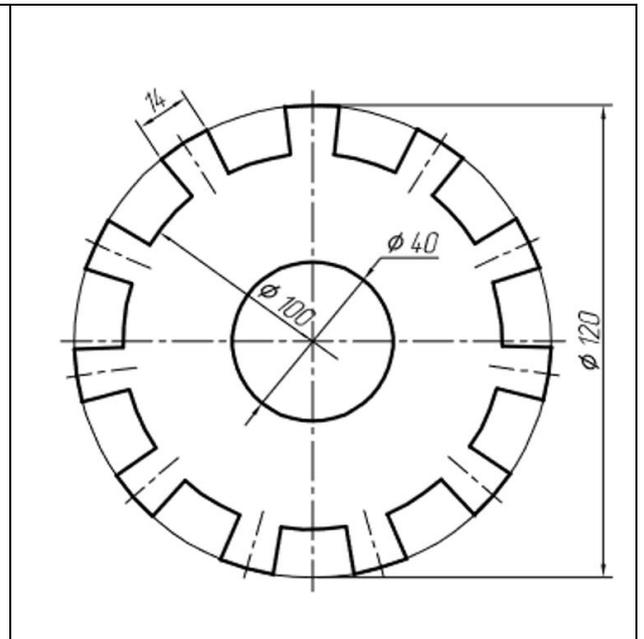
23



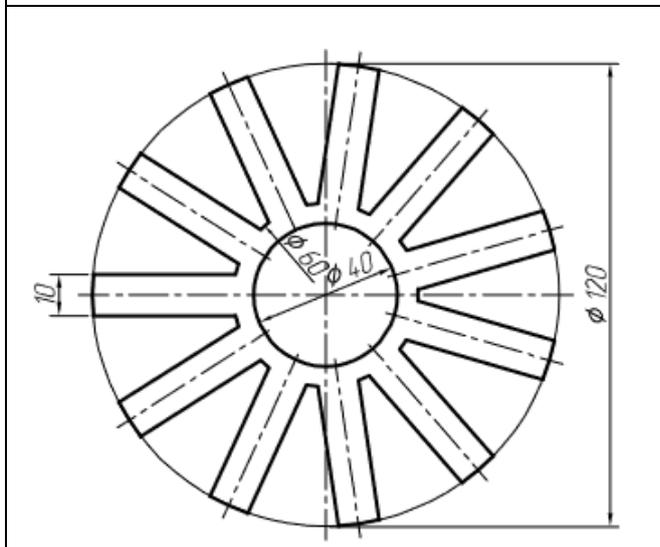
24



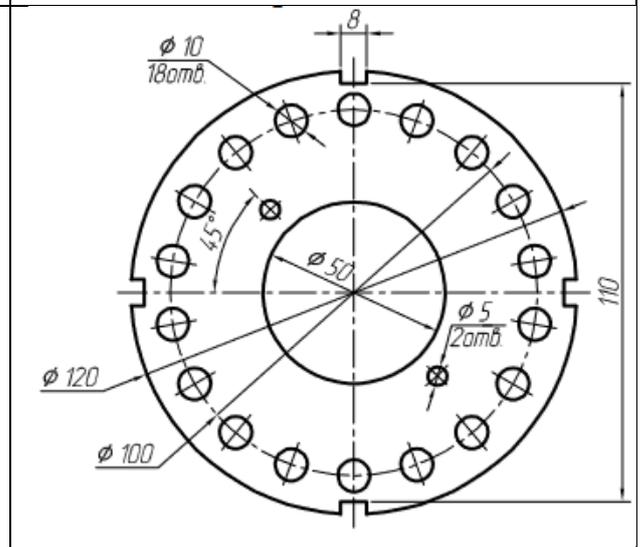
25



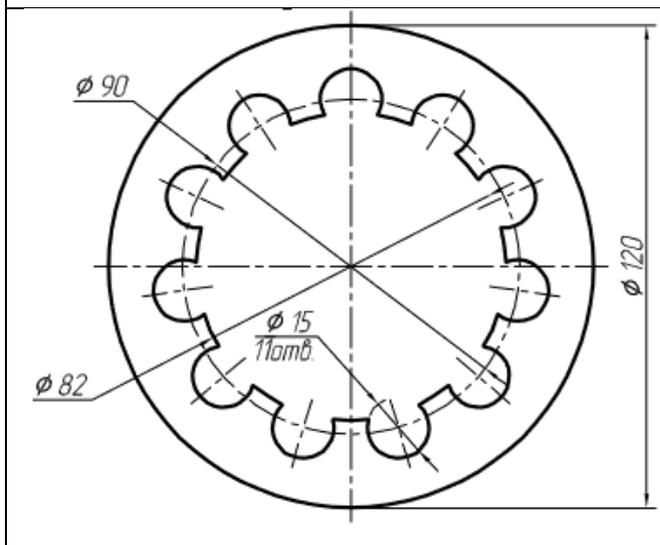
26



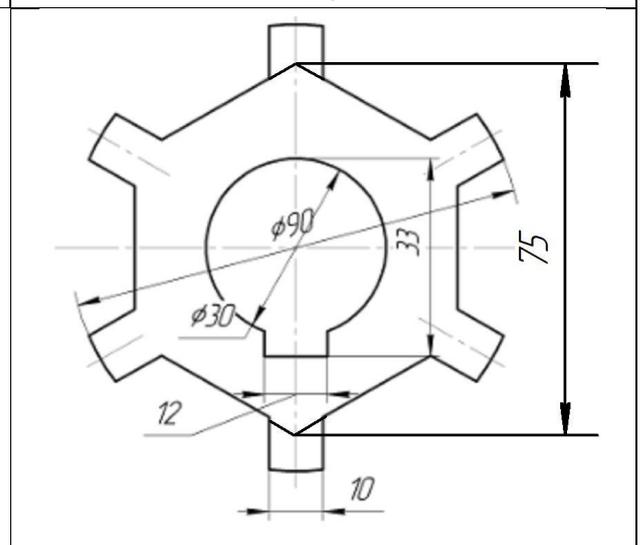
27



28



29



30

Графічна робота № 3

ПОБУДОВА ПОВНІСТЮ ВИЗНАЧЕНОГО ЕСКІЗУ

Мета роботи: засвоїти прийоми побудови плоских об'єктів ескізу, способів завдання розмірів і визначення взаємозв'язків об'єктів в системі автоматизованого проектування SolidWorks.

Графічне завдання: відповідно до індивідуального завдання плоского об'єкта (табл. 3) виконати побудову повністю визначеного ескізу.

Розглянемо приклад побудови типового завдання (рис. 3.1).

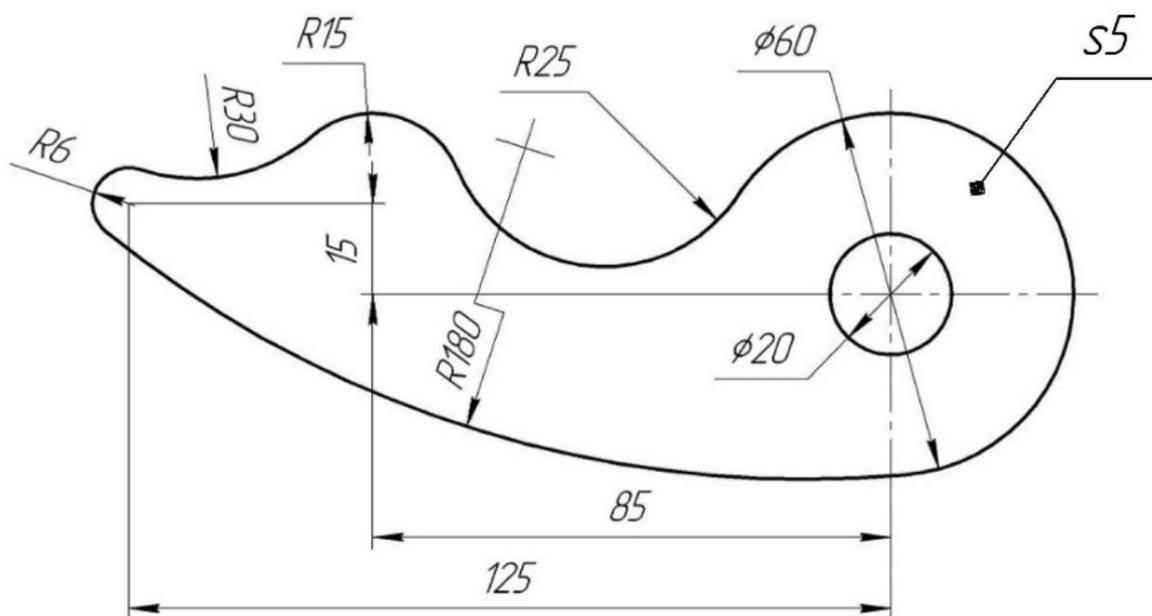


Рисунок 3.1 – Типове завдання

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ

1. Створити **Новий файл** – Деталь.
2. Обрати площину **Спереду**. Натиснути кнопку **Ескіз** .
3. Побудову кіл діаметром 60 мм і 20 мм починаємо з **Початкової точки**



(рис. 3.2).

4. За допомогою дуги через три точки  будуємо послідовно приблизний контур деталі (рис. 3.3).

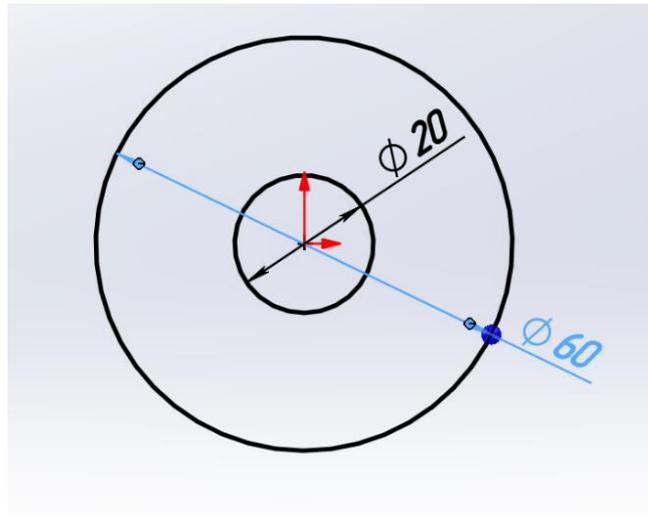


Рисунок 3.2 – Побудова кіл з початкової точки

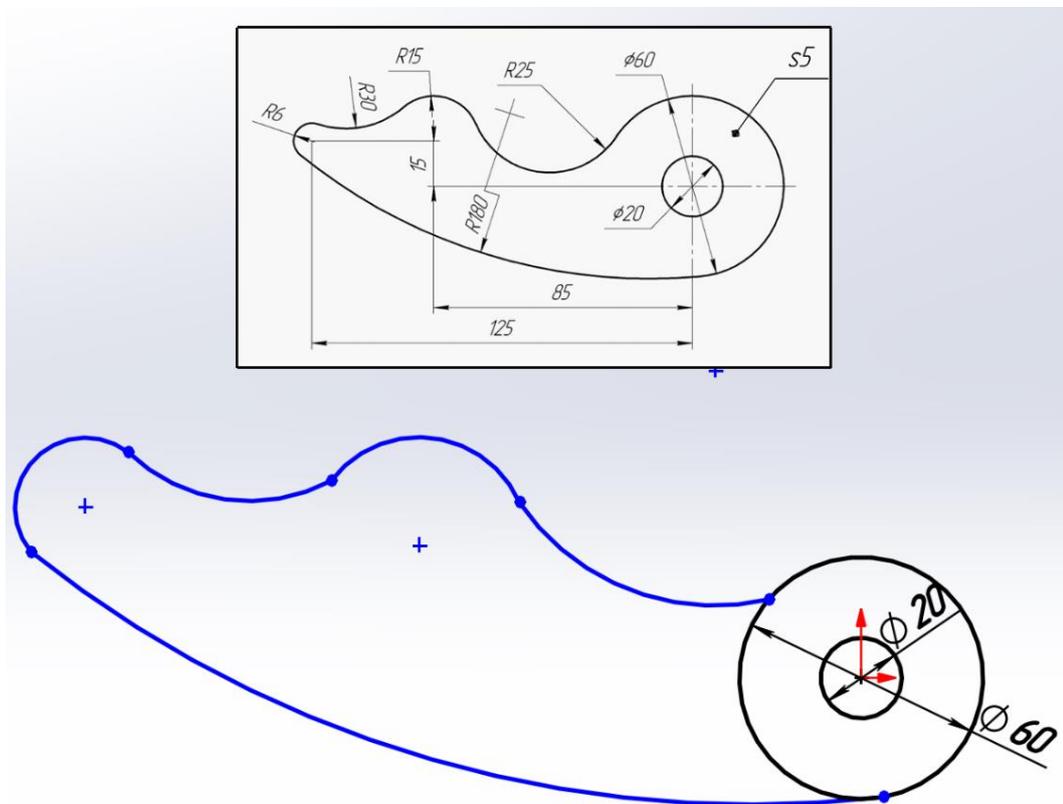


Рисунок 3.3 – Побудова контуру деталі

5. На наступному етапі побудови накладаємо взаємозв'язки на об'єкти. Оскільки контур повністю складається з дуг, в даному випадку застосовуємо взаємозв'язок «Дотичність» . Для цього вказуємо спочатку на контур кола діаметром 60, затискаємо **Ctrl** або **Shift**, вказуємо на дугу поруч і з контекстної

панелі інструментів обираємо взаємозв'язок «Дотичність»  (рис. 3.4 а). Теж саме робимо з кінцевою точкою цієї дуги та наступною дугою (рис. 3.4 б). Повторюємо ці дії з кожною наступною кривою по контуру деталі (рис. 3.4 в).

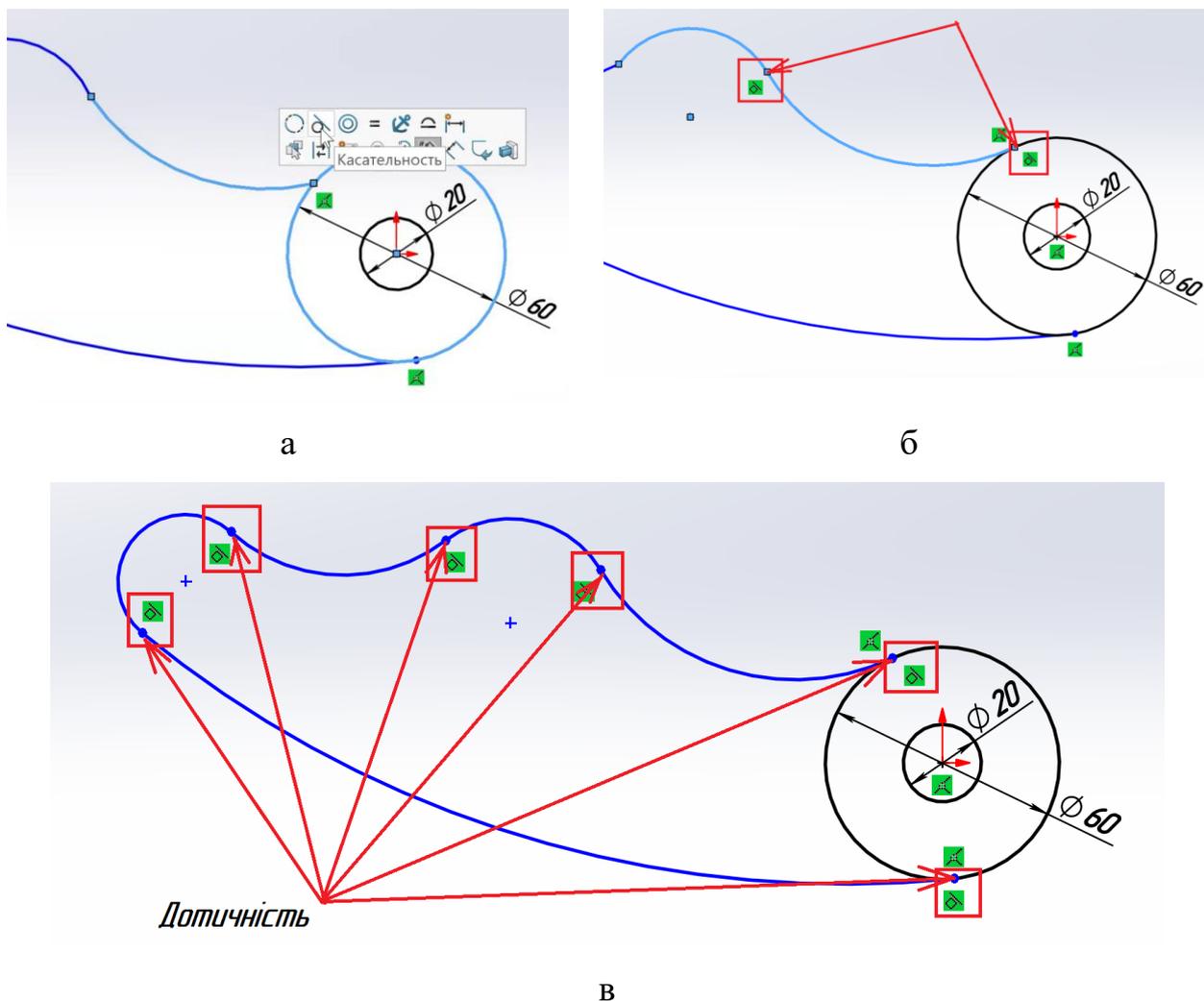


Рисунок 3.4 – Накладення взаємозв'язків «Дотичність»

б. Ще потрібно накласти взаємозв'язок «Горизонтальність»  для центрів двох дуг. Для цього потрібно вказати в центр дуги 1, затиснути **Ctrl** або **Shift**, вказати в центр дуги 2. В контекстному меню або в Менеджері властивостей обрати взаємозв'язок «Горизонтальність»  (рис. 3.5). Всі взаємозв'язки визначені, але частина ескізу залишається синього кольору, тому що не вистачає розмірів.

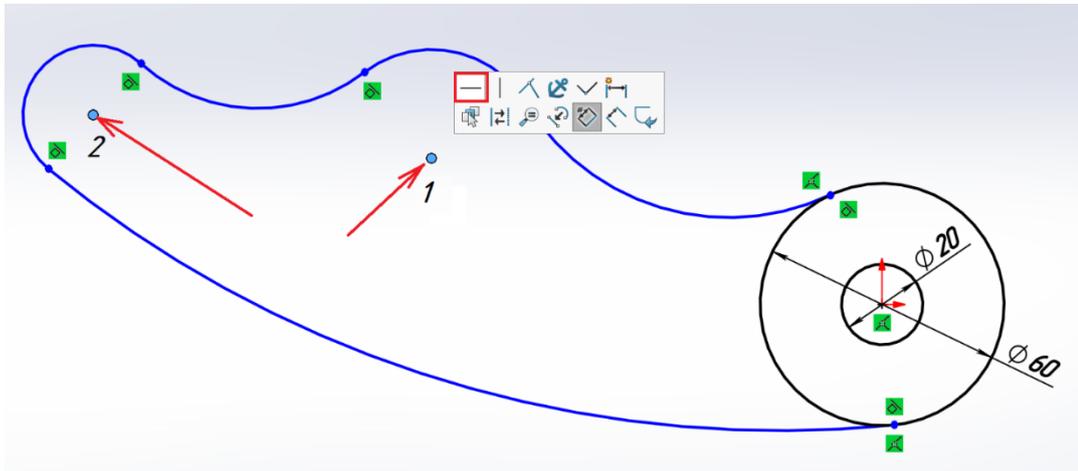


Рисунок 3.5 – Накладення взаємозв'язків «Горизонтальність»

7. Для нанесення розмірів вмикаємо «Автоматичне нанесення розмірів»



і проставляємо розміри згідно завданню (рис. 3.6). **Зверніть увагу!** Після нанесення розмірів побудований ескіз має бути чорного кольору. Це означає, що ескіз повністю визначений.

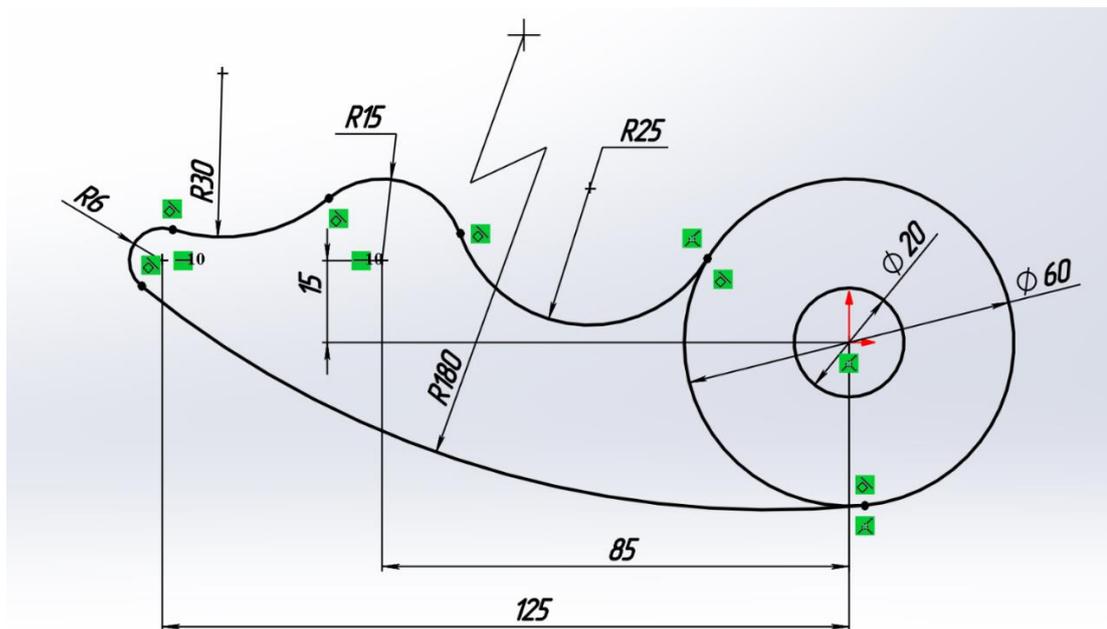


Рисунок 3.6 – Повністю визначений ескіз

Звіт про виконання роботи надсилається викладачу файлом з розширенням **.SLDPRT**.

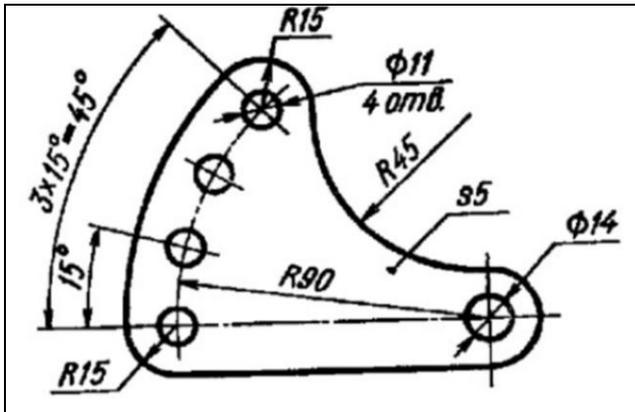
Рекомендовано використання літератури для самостійної роботи [1-4].

Індивідуальні завдання до виконання графічної роботи наведено в табл.3.

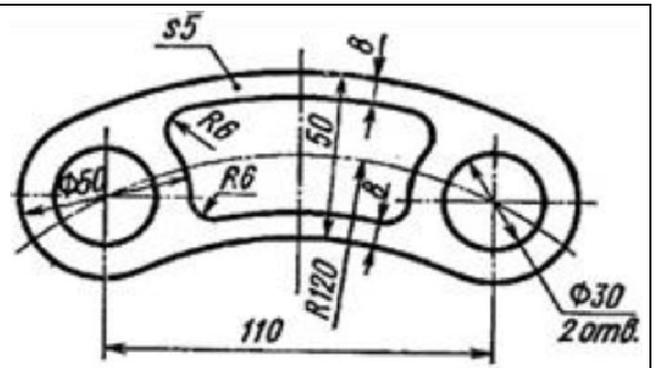
Завдання для самостійної роботи

Таблиця 3 – Індивідуальні завдання до графічної роботи №3

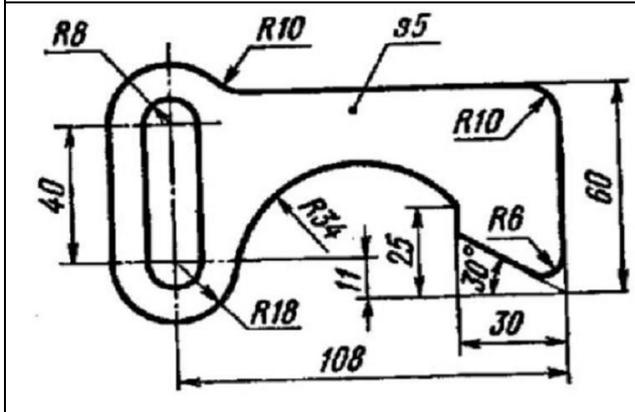
<p>1, 17</p>	<p>2, 18</p>
<p>3, 19</p>	<p>4, 20</p>
<p>5, 21</p>	<p>6, 22</p>
<p>7, 23</p>	<p>8, 24</p>



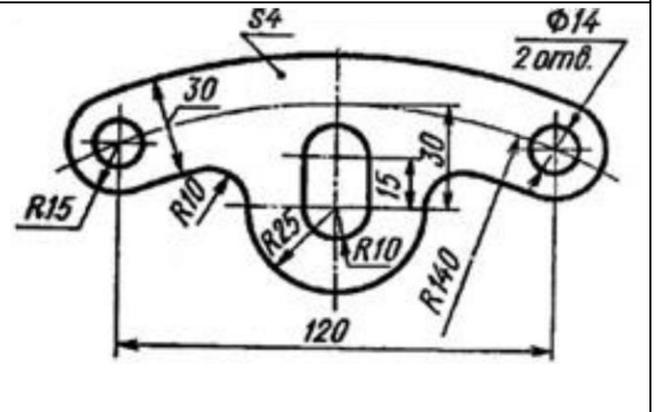
9, 25



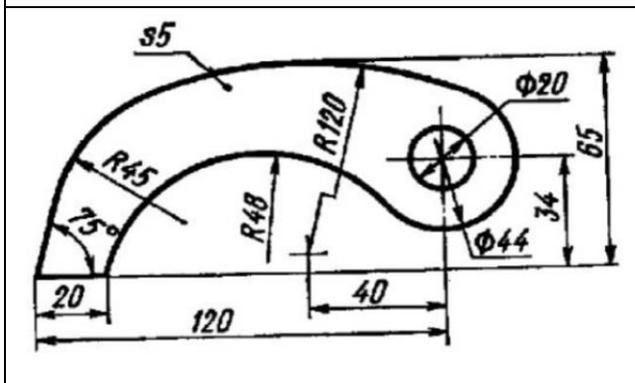
10, 26



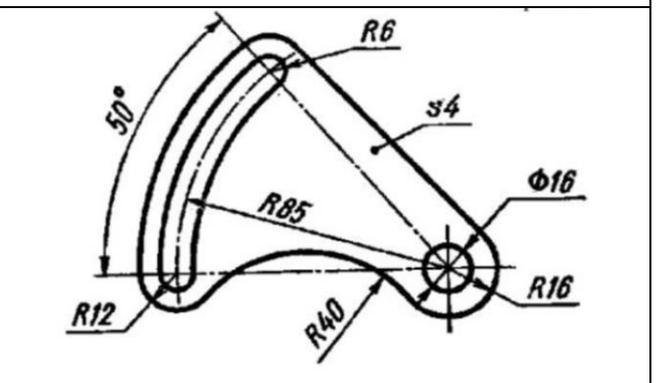
11, 27



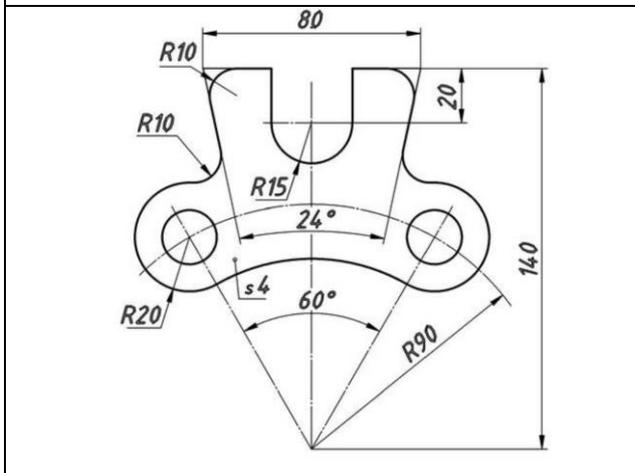
12, 28



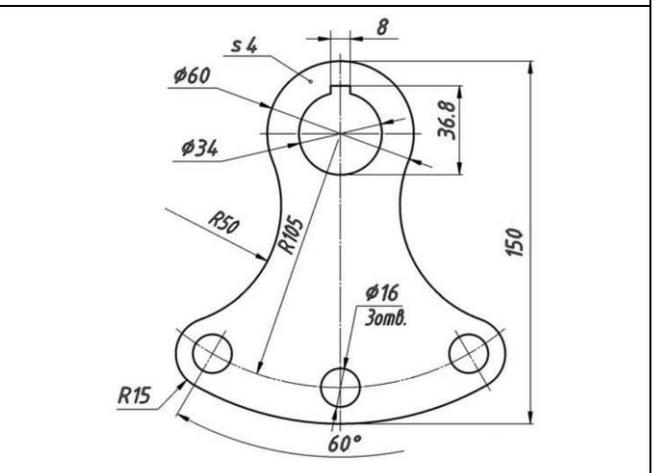
13, 29



14, 30



15, 31



16, 32

Графічна робота № 4

МОДЕЛІ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ

Мета роботи: вивчити прийоми твердотільного моделювання в системі SolidWorks, засвоїти прийоми побудови видів деталі, вивчити прийоми автоматизованої побудови перерізів і розрізів на видах деталей та аксонометрії.

Графічне завдання:

1. по індивідуальних варіантах (таблиця 4) побудувати твердотільну модель геометричного тіла;
 2. на кресленнику формату А3, побудувати три види створеної моделі;
 3. побудувати розрізи та оформити згідно ДСТУ ISO 128-40:2005, звернувши увагу на правила суміщення видів та розрізів;
 4. побудувати переріз. Положення похилої січної площини для виконання перерізу розраховується в залежності від номеру варіанту та номеру групи здобувача;
 5. побудувати прямокутну аксонометрію моделі, невидимі контури внутрішніх поверхонь аксонометрії зобразити штриховими лініями;
 6. на кресленнику нанести розміри згідно ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 .
 7. заповнити основний напис згідно ДСТУ 2.104:2013.
- Зразок оформлення графічної роботи наведено на рис. 4.25.

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ

Як приклад побудови моделі – розглянемо деталь зображену на рис. 4.1. Побудова твердотільної моделі деталі починають із побудови шестигранної призми, від якої потім послідовно віднімемо отвори.

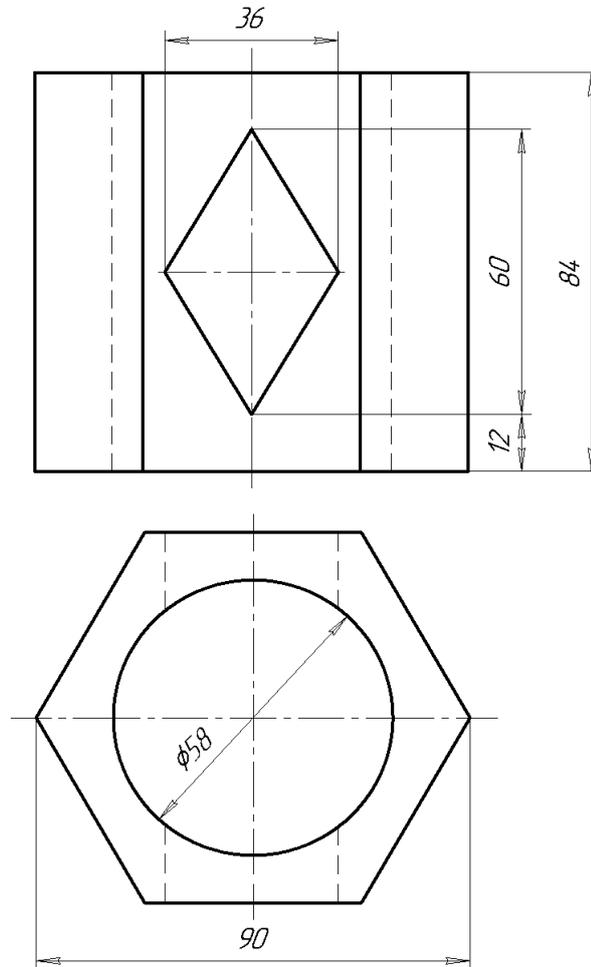


Рисунок 4.1 – Типове завдання

1. Обираємо площину проєкцій, на якій буде накреслено ескіз основи деталі.

Для цієї деталі обираємо в **Дереві конструювання** площину **Зверху**. Після вибору робочої площини за допомогою кнопки **Ескіз**  переходимо в режим двовимірного ескізу.

Далі креслимо основу деталі – шестикутник за описаним колом (рис. 4.2), центр шестикутника обов'язково прив'язуємо до початкової точки. В цьому ж ескізі креслимо коло. Проставляємо розміри згідно до завдання за допомогою кнопки автоматичного нанесення розмірів . Для шестикутника накладаємо взаємозв'язок «Горизонтальність» в точках 1, 2, 3 (рис. 4.3).

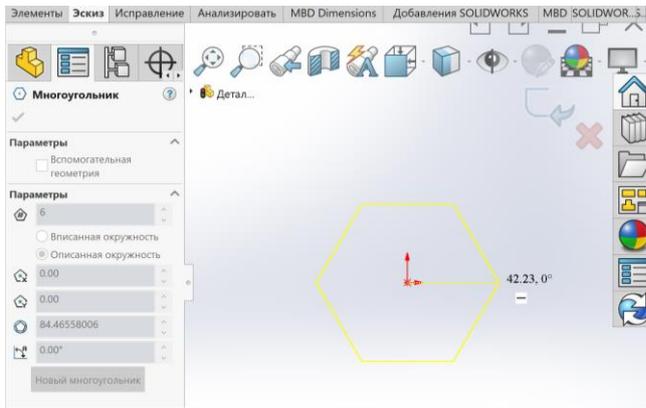


Рисунок 4.2 – Побудова шестикутника

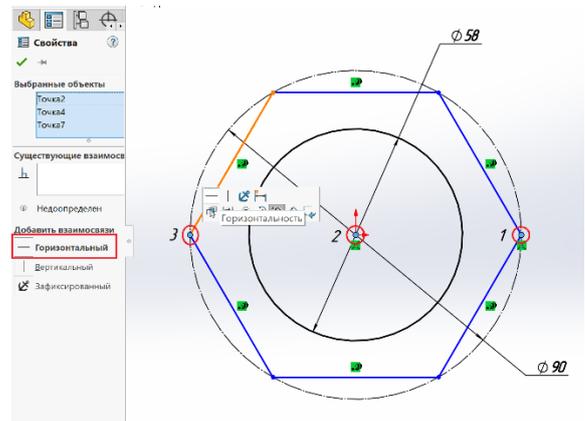


Рисунок 4.3 – Взаємозв'язки

Виходимо з ескізу натиснувши в правому верхньому куті кнопку .

На панелі інструментів **Елементи** обираємо команду **Витягнута бобишка / основа** . В Менеджері властивостей вводимо значення висоти деталі в двох напрямках (рис. 4.4).

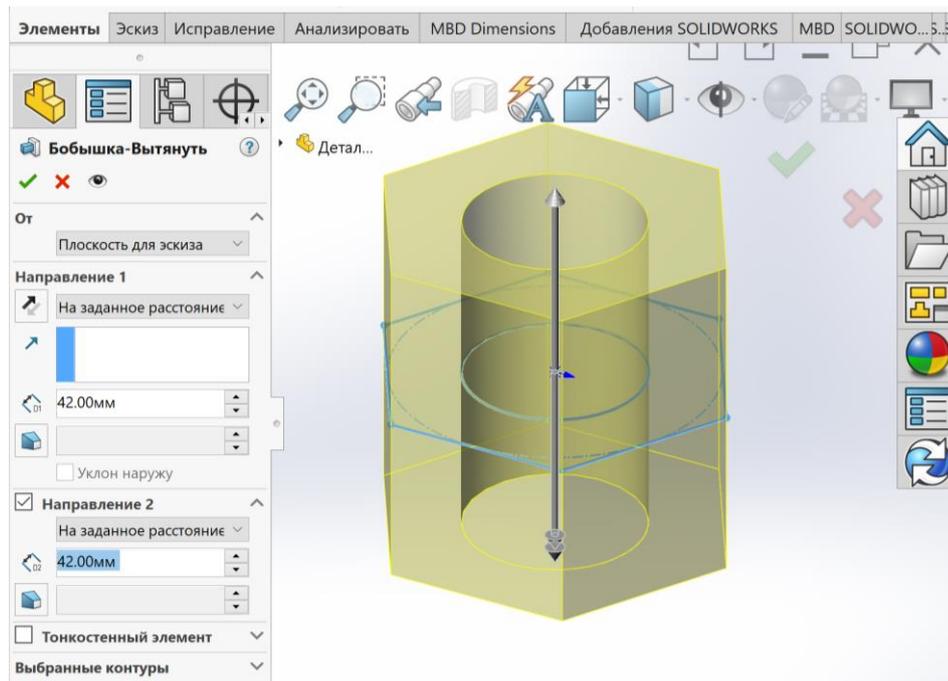


Рисунок 4.4 – Побудова елемента Витягнута бобишка

Після вводу необхідних параметрів натискаємо ОК .

Ще потрібно побудувати призматичний отвір. Для цього обираємо площину **Спереду** в **Дереві конструювання**. Натискаємо кнопку **Ескіз**. Будуємо контур, накладаємо обмеження, проставляємо розміри (рис. 4.5).

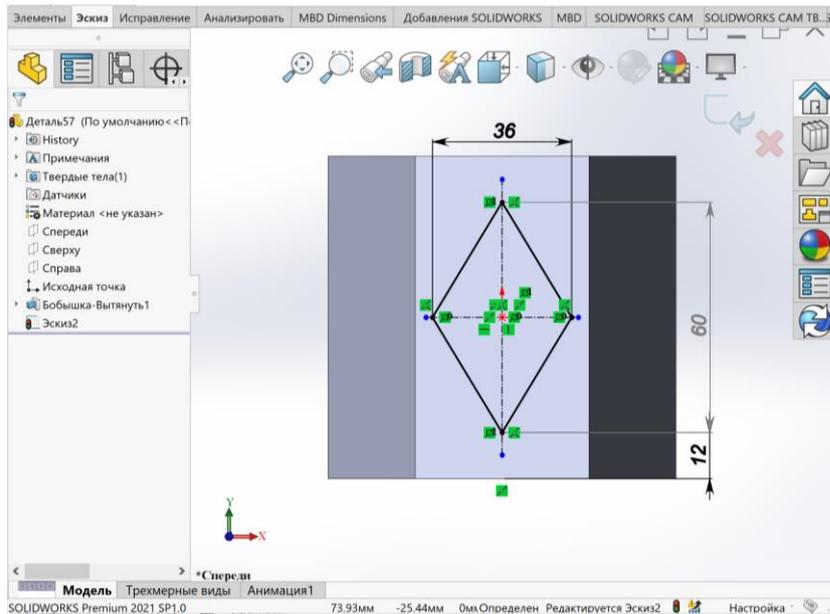


Рисунок 4.5 – Побудова ескізу отвору

Виходимо з ескізу . На панелі інструментів **Елементи** натискаємо кнопку **Витягнутий виріз** . Активується Менеджер властивостей, де треба задати необхідні параметри для вирізу. Для того, щоб бачити які відбуваються зміни з деталлю при задаванні параметрів вирізу, необхідно ввімкнути **Орієнтацію-Ізометрія** (рис. 4.6).

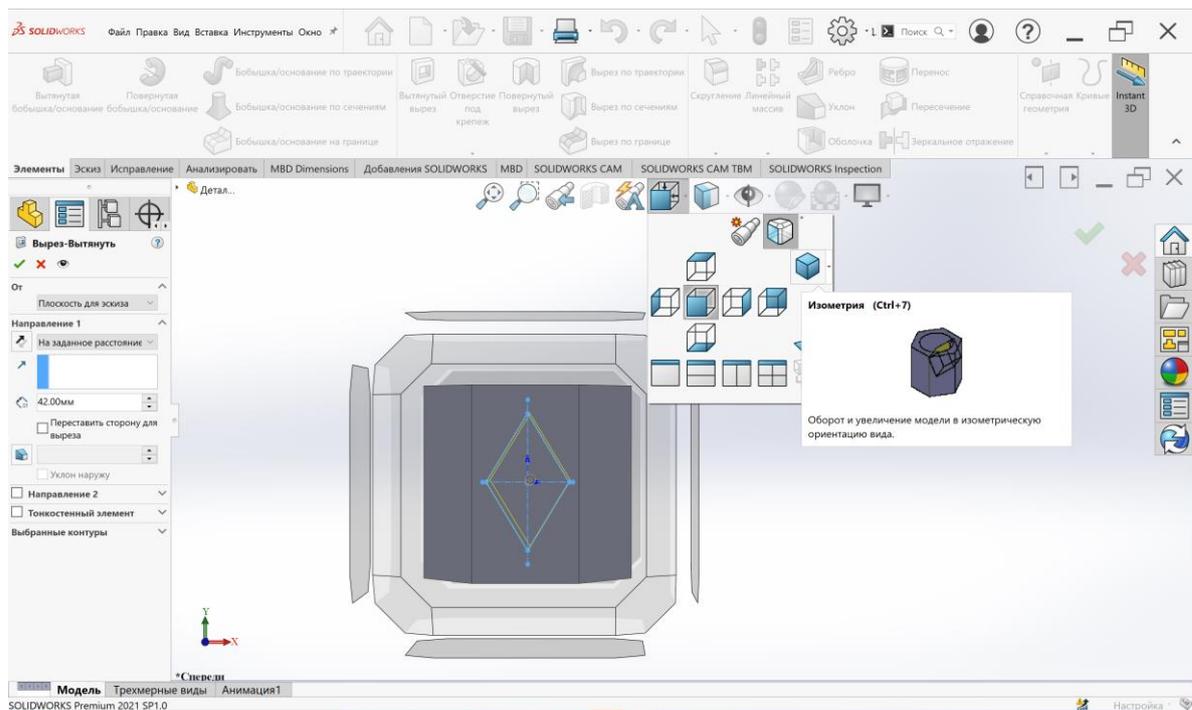


Рисунок 4.6 – Налаштування перегляду

Виріз виконуємо у двох напрямках від площини ескизу. Оскільки за завданням отвір наскрізний, обираємо спосіб виконання отвору – наскрізний і в напрямку 1, і в напрямку 2 (рис. 4.7).

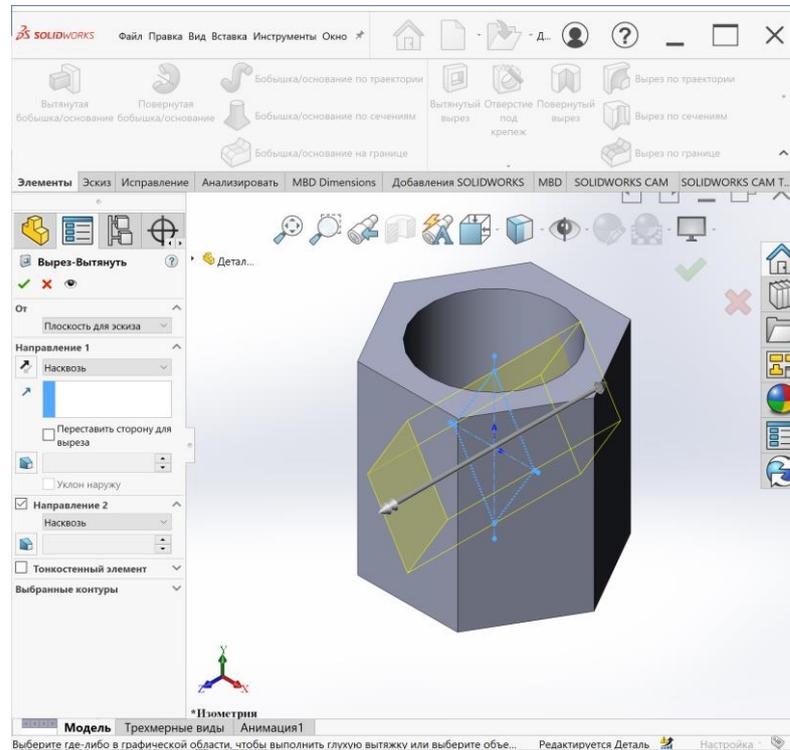


Рисунок 4.7 – Витягнутий виріз

Натискаємо ОК . Побудовану модель представлено на рисунку 4.8.

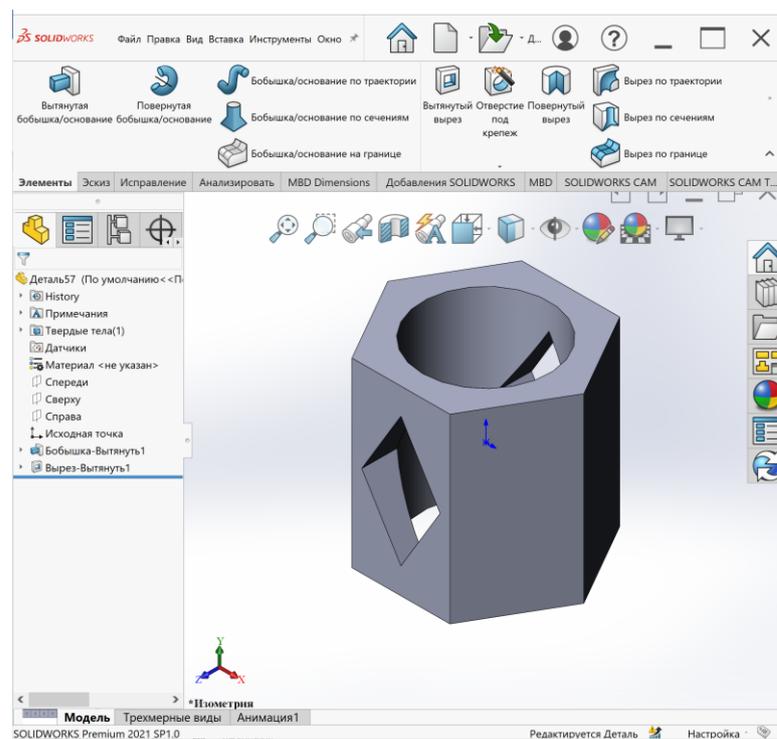


Рисунок 4.8 – Побудована модель

ПОБУДОВА ВИДІВ, РОЗРІЗІВ ТА ПЕРЕРІЗІВ

Послідовність побудови кресленика наступна:

1. У відкритому документі побудованої 3D моделі обираємо створити кресленик з деталі (рис. 4.9). Далі натискаємо Огляд, обираємо шаблон, що було створено в графічній роботі №1 (рис. 4.10).

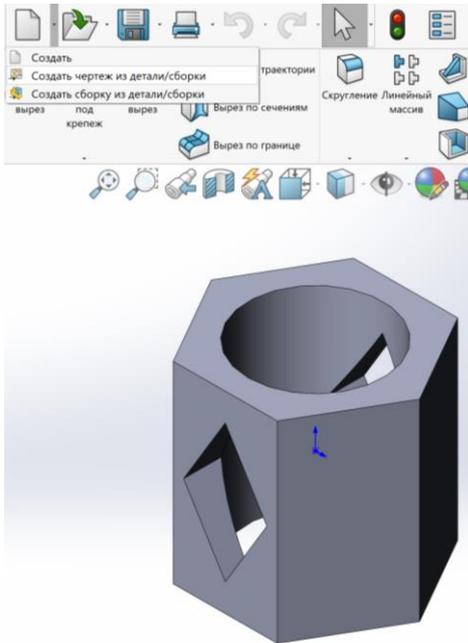


Рисунок 4.9 – 3D модель

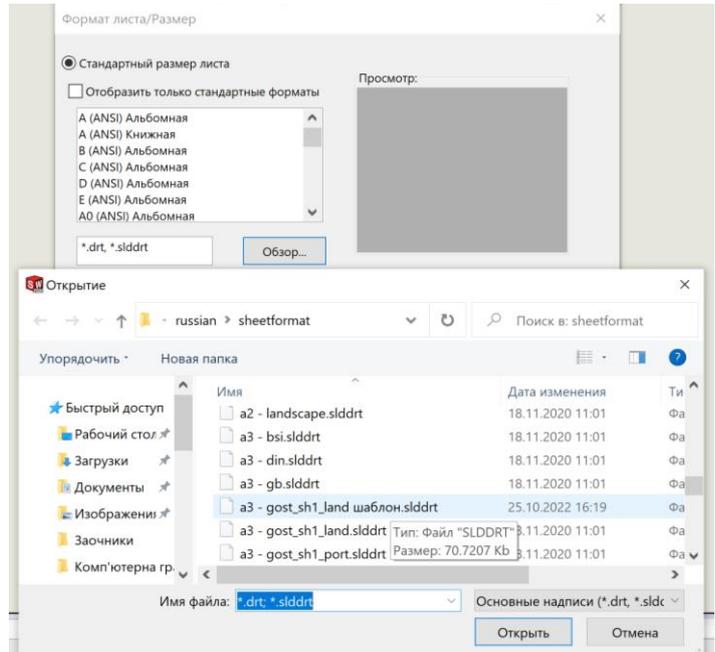


Рисунок 4.10 – Відкриття шаблону

2. На палітрі видів  обираємо вид **Спереду** й переміщуємо на формат. Після розташування головного виду відразу запуститься інструмент *Проекційний вид* для створення інших видів. Потрібно побудувати ще вид **Зверху** та вид **Зліва**. Згідно стандарту ДСТУ ISO 128-30:2005 вид зверху розташовується під видом спереду, а вид зліва – праворуч від виду спереду [5].

Зверніть увагу, що в SolidWorks вид зверху створюється над видом спереду, для створення виду зліва треба клікнути лівою кнопкою миші ліворуч від головного виду. Якщо у вашої деталі вид зверху такий самий як і вид знизу, тоді після побудови виду спереду можна відводити мишку вниз і розміщувати там вид. Аналогічно й для виду зліва. Але, якщо зображення виду зверху відрізняється від виду знизу, в цьому випадку обов'язково розміщуємо вид

зверху над видом спереду. Після вставки трьох видів перериваємо дію за допомогою клавіши **ESC** на клавіатурі.

Переміщуємо вид зверху під вид спереду та вид зліва розміщуємо праворуч від головного виду. Для цього треба навести мишку на вид і коли покажчик миші зміниться на  – можна переміщувати вид на потрібне місце.

Знов активуємо палітру видів  і переміщуємо ізометрію (або діметрію в залежності від поверхонь, що входять до деталі) на поле кресленника. При цьому активується Менеджер властивостей, на якому треба ввімкнути дзеркальне відображення. Якість зображення треба встановити: невидимі лінії відображаються (рис. 4.11).

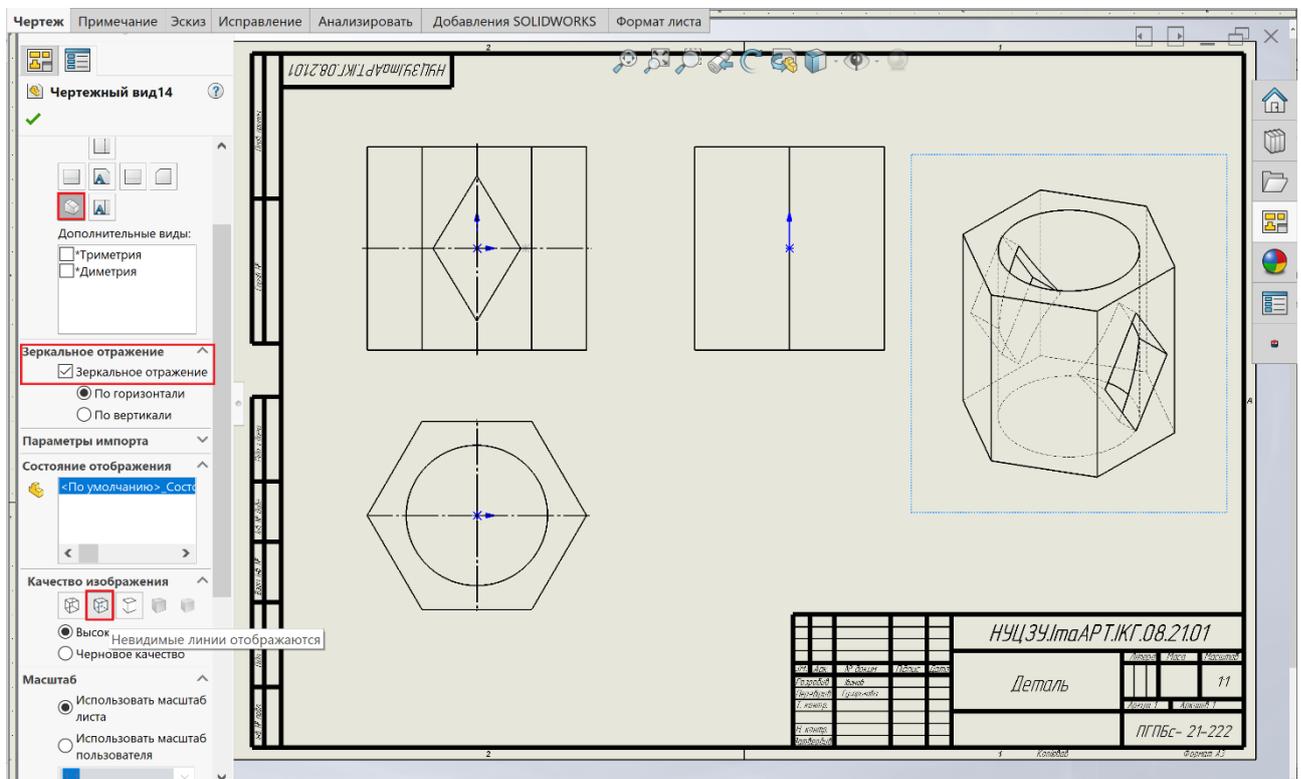


Рисунок 4.11 – Додавання на кресленик аксонометричного зображення

3. Далі необхідно побудувати переріз деталі січною площиною.

Положення січної площини для виконання перерізу розраховують наступним чином (рис. 4.12):

а) підібрати шифр (a,b,c) де: a – номер групи (наприклад якщо група ПБ-21-222, то a = 2); bc – номер за списком в журналі групи (наприклад, здобувач

має номер 3 тоді $b = 0$, $c = 3$), якщо $b = 0$, то необхідно брати $b = 3$ (тобто для даного прикладу $a = 2$, $b = 3$, $c = 3$);

б) січна площина буде розташована у площині, що дорівнює b (при $b = 2$ – на π_2);

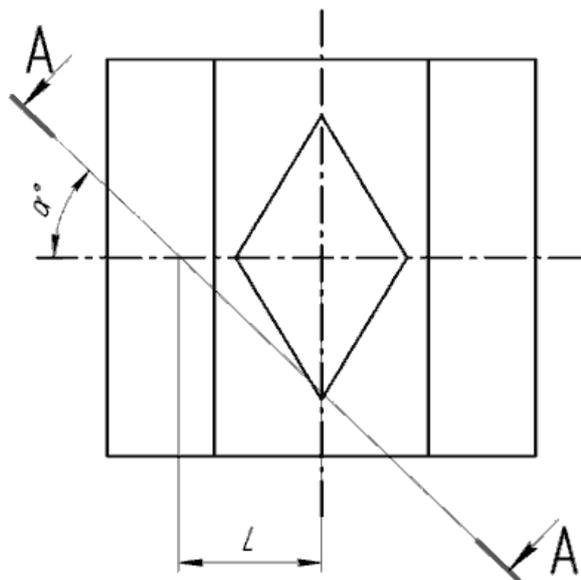


Рисунок 4.12 – Визначення розташування січної площини й кута нахилу

с) кут нахилу площини α відкладаємо проти годинникової стрілки від додатного напрямку осі X_{12} у площинах π_1 та π_2 відповідно або від додатного напрямку осі Y_3 на площині π_3 та визначаємо його за формулою $\alpha = 7 \cdot a \cdot c$;

д) відстань від початку координат до точки перетину січної площини з віссю X_{12} на площинах π_1 та π_2 або віссю Y_3 на площині π_3 визначаємо за формулою $L = \frac{10 \cdot c}{a} - 25$.

В якості прикладу розглянуто розрахунок положення січної площини для 21 варіанту, група ПБ-21-222. Отже $a=2$, $b=2$, $c=1$.

$$\alpha = 7 \cdot a \cdot c = 7 \cdot 2 \cdot 1 = 14^\circ; L = \frac{10 \cdot c}{a} - 25 = \frac{10 \cdot 1}{2} - 25 = -20.$$

Перед позначенням розрізу спочатку треба побудувати положення січної площини згідно розрахунку (рис. 4.13). Оскільки $b=2$, січну площину розташовуємо в Π_2 .

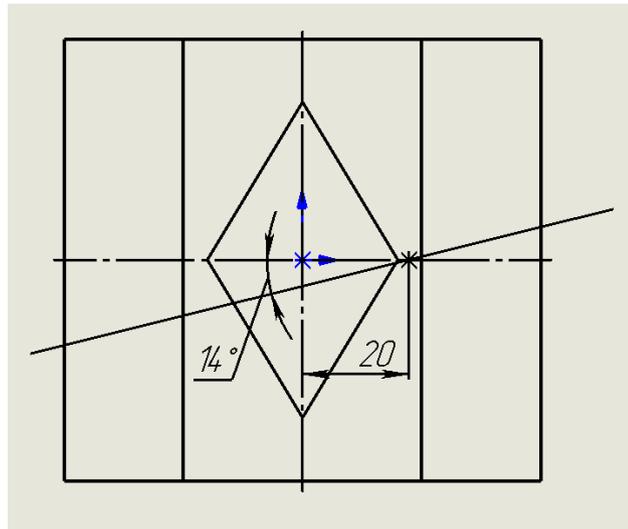


Рисунок 4.13 – Положення січної площини

Далі натискаємо на вкладці **Кресленик** кнопку **Розріз**  і розміщуємо вздовж лінії січної площини (рис. 4.14). Після розміщення лінії розрізу на кресленику автоматично з'являється розріз. Для того, щоб змінити його на переріз в **Менеджері властивостей** обов'язково треба обрати **Січна грань** (рис. 4.14).

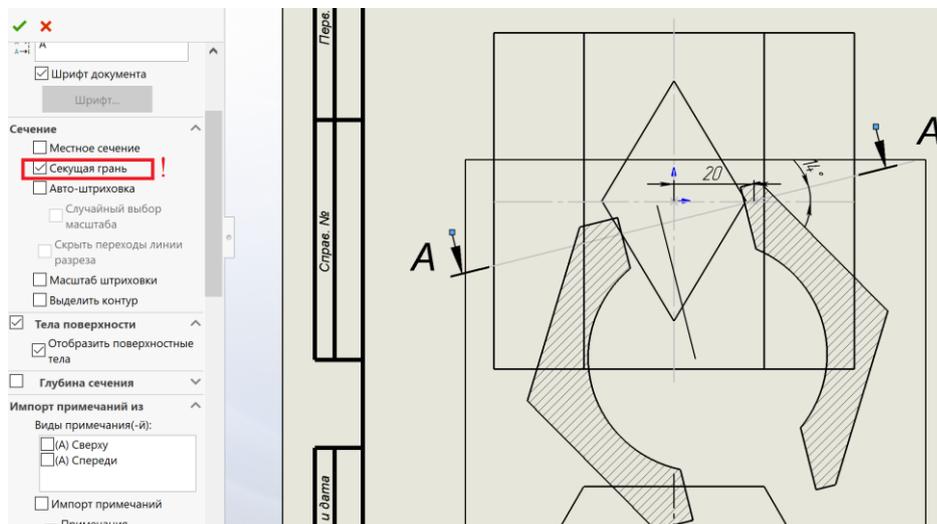


Рисунок 4.14 – Побудова перерізу

Далі розміщуємо переріз на вільному місці кресленика [6]. Оскільки переріз будується в проєкційному зв'язку, цей зв'язок можна перервати за допомогою затиснутої клавіші **Ctrl**. Результат побудови перерізу (рис. 4.15).

вертикальної осі та має внутрішні порожнини. Враховуючи це, для побудови фронтального розрізу, який будується на місці виду спереду, необхідно видалити праву передню частину у відповідності з правилом суміщення видів і розрізів [6].

Для цього необхідно:

- натиснути команду **Прямокутник** інструментальної панелі **Ескіз** та побудувати прямокутник так, щоб він охопив частину виду, замість якої необхідно отримати розріз (рис. 4.16);

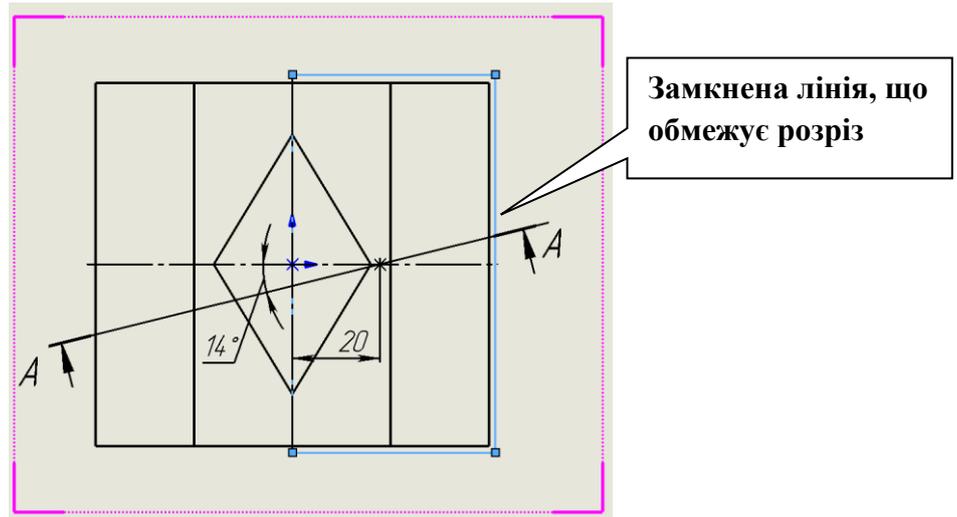


Рисунок 4.16 – Побудова контуру, що обмежує розріз

- на вкладці **Кресленик** обрати команду **Вирив деталі**  вказати глибину розташування січної площини (рис. 4.17).

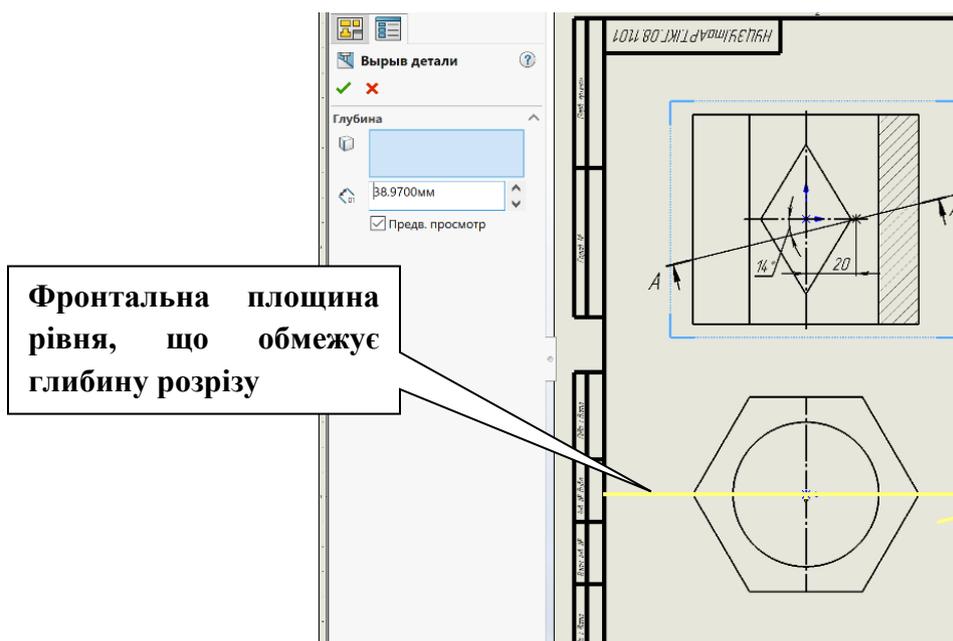


Рисунок 4.17 – Побудова фронтального розрізу

Для того, щоб бачити положення січної площини, а також зміни, які відбуваються під час побудови розрізу, треба увімкнути попередній перегляд. Після завдання положення січної площини треба натиснути ОК . Система SolidWorks побудує фронтальний розріз.

Далі у відповідності до вимог ДСТУ ISO 128-40:2005 побудуємо горизонтальний та профільний розрізи [6].

Для побудови горизонтального розрізу треба зробити вид зверху активним. Деталь симетрична, тому суміщаємо вид з розрізом. На межу виду й розрізу припадає внутрішнє ребро, отже, треба збільшувати розріз. Прямокутник будуємо таким чином, щоб він охоплював ще й ось симетрії (рис. 4.18).

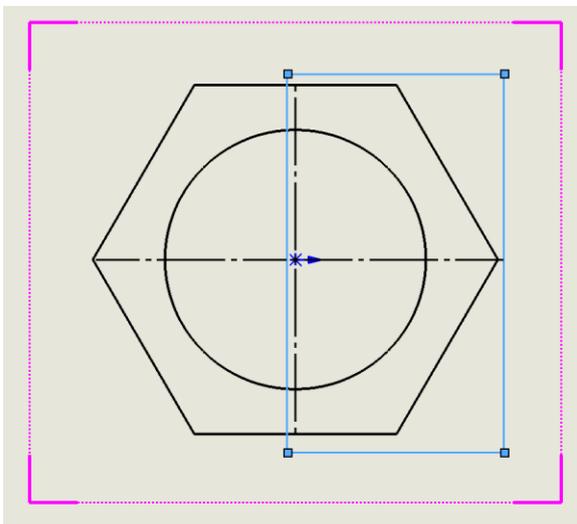


Рисунок 4.18 –Побудова прямокутника

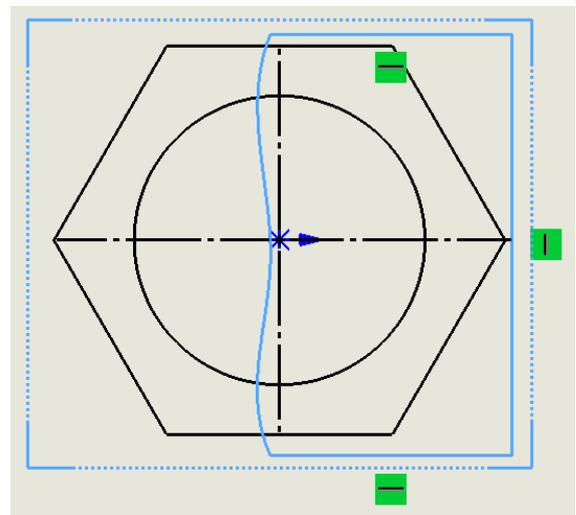


Рисунок 4.19 –Побудова сплайну

Видаляємо сторону прямокутника й замінюємо її побудовою сплайну  для того, щоб показати межу виду та розрізу (рис. 4.19).

Перемикаємось на вкладку **Кресленик** обираємо команду **Вирив деталі** , вмикаємо попередній перегляд й вказуємо глибину розташування січної площини. Під час попереднього перегляду розташування січної площини відображається жовтим кольором. Натискаємо ОК . Система побудує горизонтальний розріз (рис. 4.20).

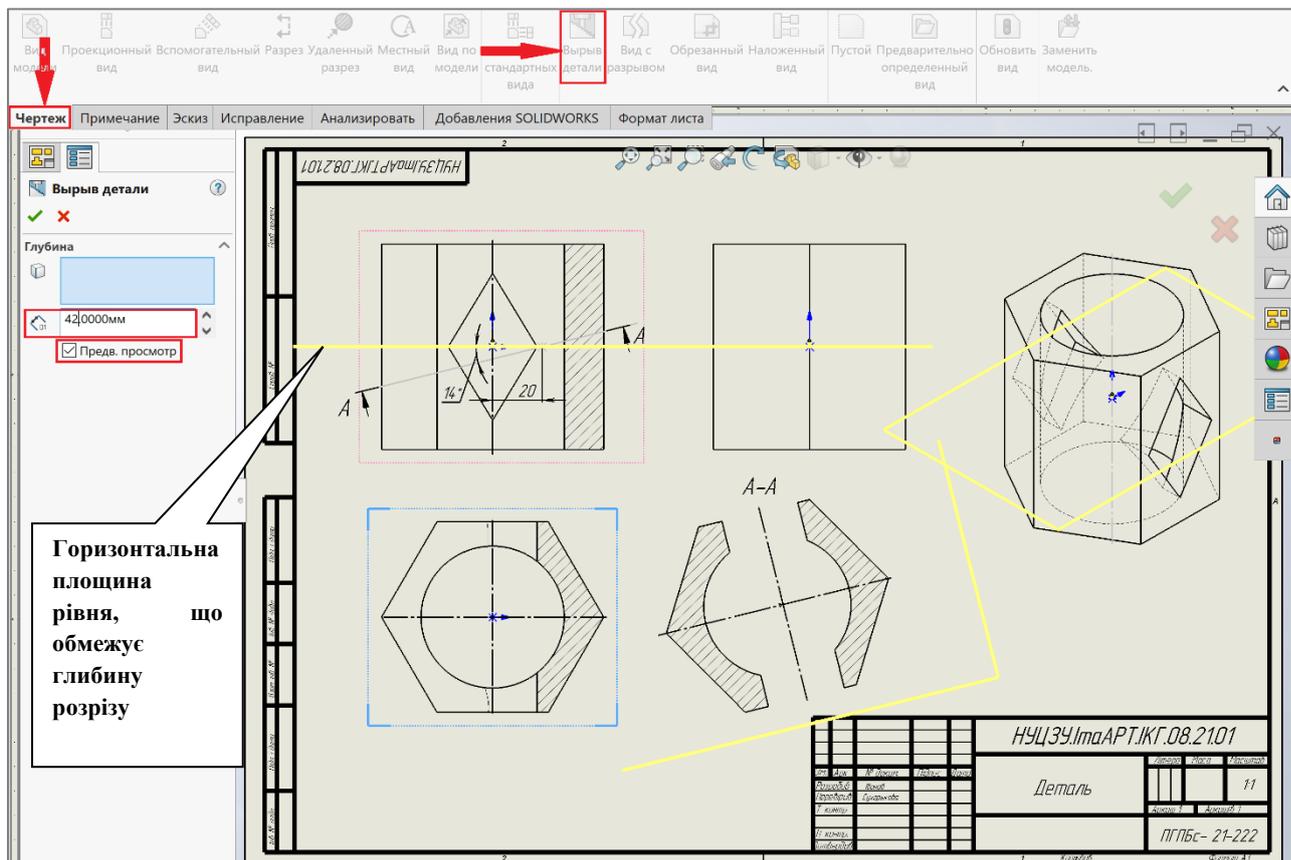


Рисунок 4.20 – Побудова горизонтального розрізу

Залишилось побудувати профільний розріз. Він будується на місці виду зліва, тому треба цей вид зробити активним. Оскільки вид симетричний, будемо суміщати вид та розріз. При суміщенні на межу виду та розрізу припадає зовнішнє ребро, тому треба збільшувати вид. Згідно стандарту [6] розріз треба розміщувати праворуч від осі симетрії.

Перемикаємось на вкладку **Ескіз** і будуємо прямокутник праворуч від ребра (рис. 4.21).

Видаляємо сторону прямокутника й замінюємо її побудовою сплайну \cup для того, щоб показати межу виду та розрізу. Виділяємо побудований контур, він повинен повністю бути блакитного кольору (рис. 4.22). Якщо цього не зробити команду **Ви́рив деталі** неможливо буде активувати.

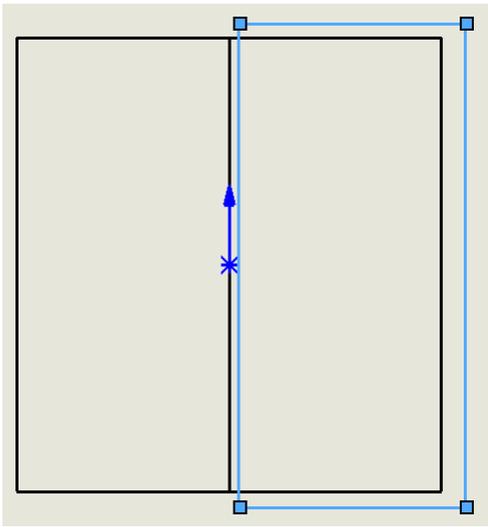


Рисунок 4.21 – Побудова прямокутника

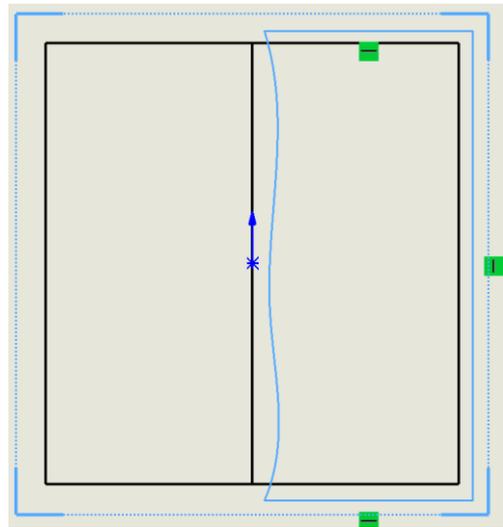


Рисунок 4.22 – Побудова сплайну

Перемикаємось на вкладку **Кресленик** обираємо команду **Вирив деталі** , вмикаємо попередній перегляд й вказуємо глибину розташування січної площини. Жовтим кольором показано розташування січної площини. Натискаємо ОК . Система побудує профільний розріз (рис. 4.23).

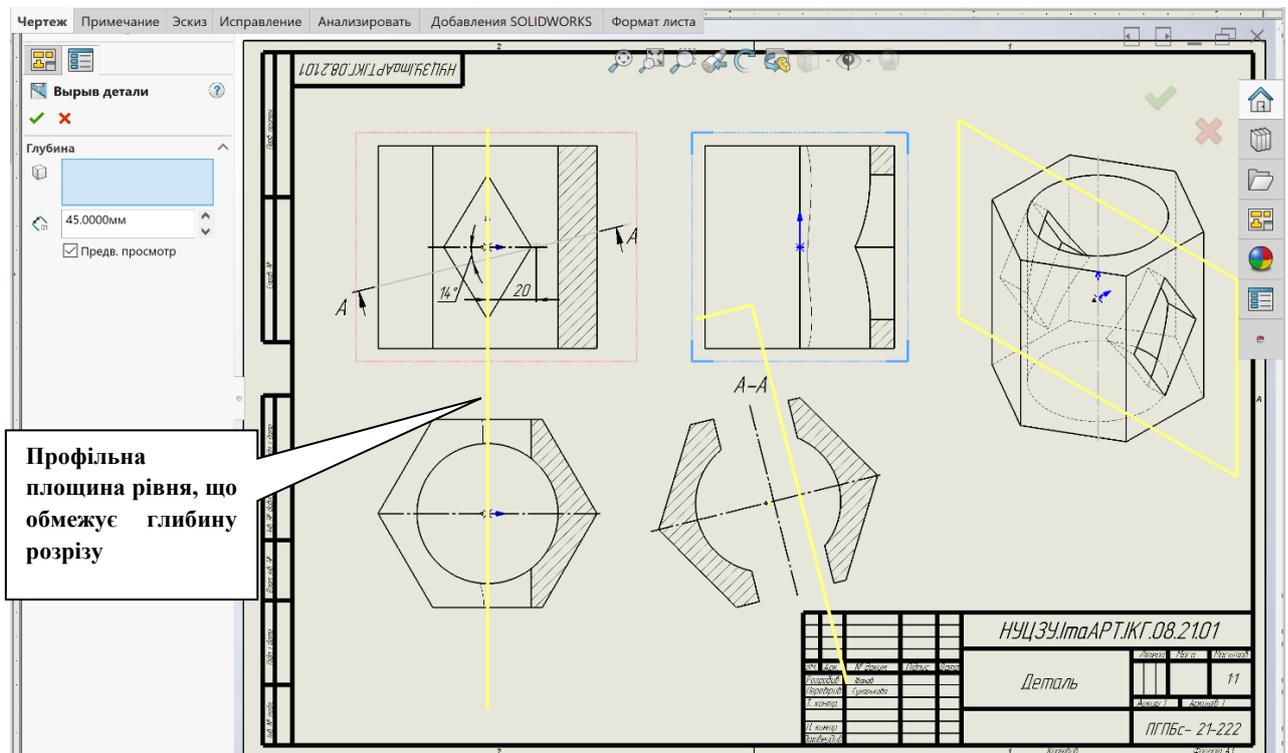


Рисунок 4.23 – Побудова профільного розрізу

Залишилося нанести розміри: на панелі інструментів **Примітка** натискаємо кнопку **Елементи моделі** . На панелі властивостей активувати **Імпортувати елементи во всі види**, а також **Виключити повтори** (рис. 4.24). Розміри на кресленнику буде створено автоматично згідно розмірів, які було нанесено під час побудови деталі й з урахуванням способу побудови. Розміщення розмірів можна корегувати згідно стандарту [7]. Наприклад, перенести с одного виду на інший. Для цього потрібно затиснути **Shift** на клавіатурі й перетягнути на інший вид.

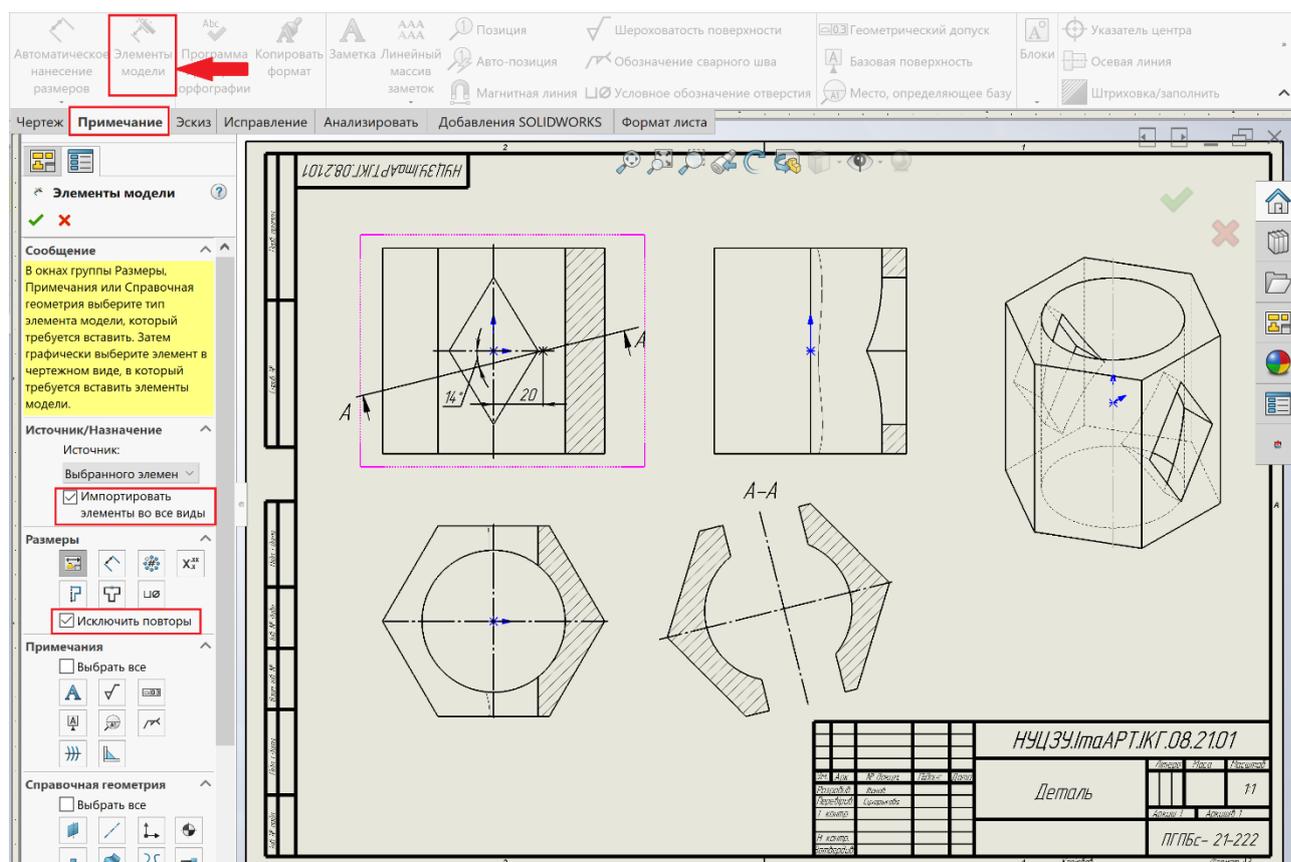


Рисунок 4.24 – Нанесення розмірів

Навести на кресленнику розрахунок положення січної площини й кута її нахилу, використовуючи інструмент **Замітка**  на вкладці **Примітка**.

Позначити осьові лінії на аксонометричному зображенні.

Зразок оформлення кресленника наведено на рисунку 4.25.

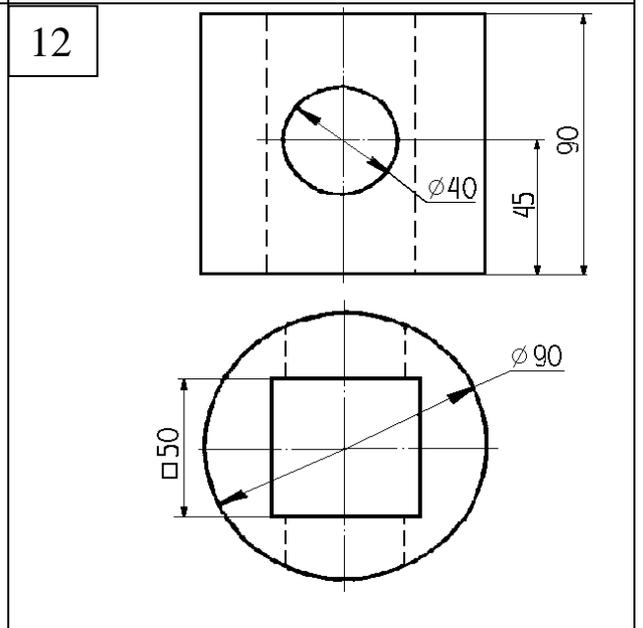
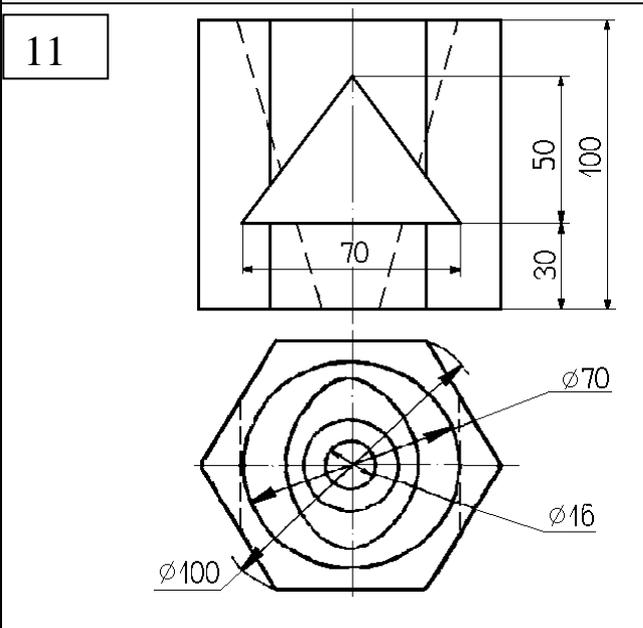
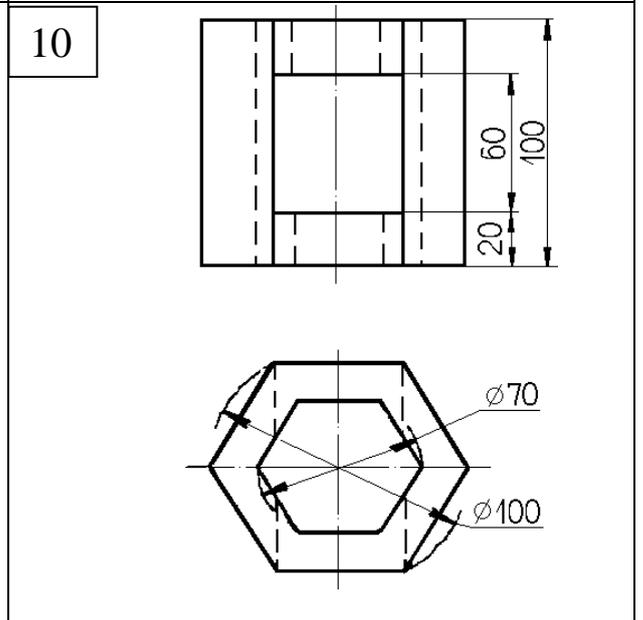
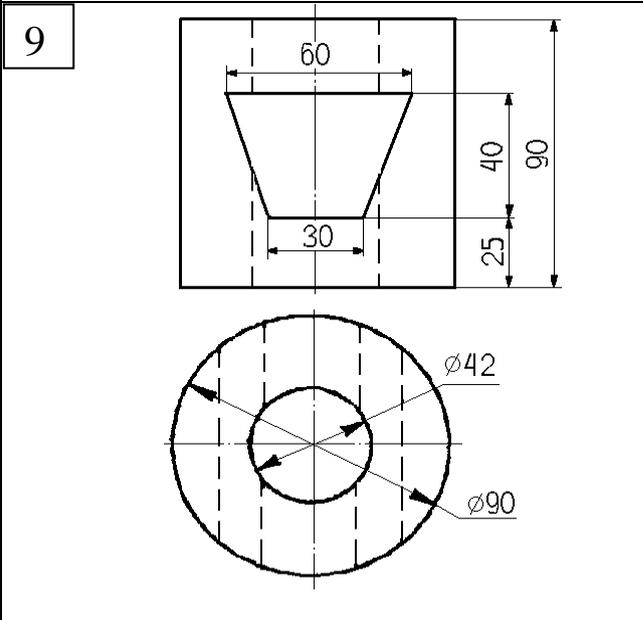
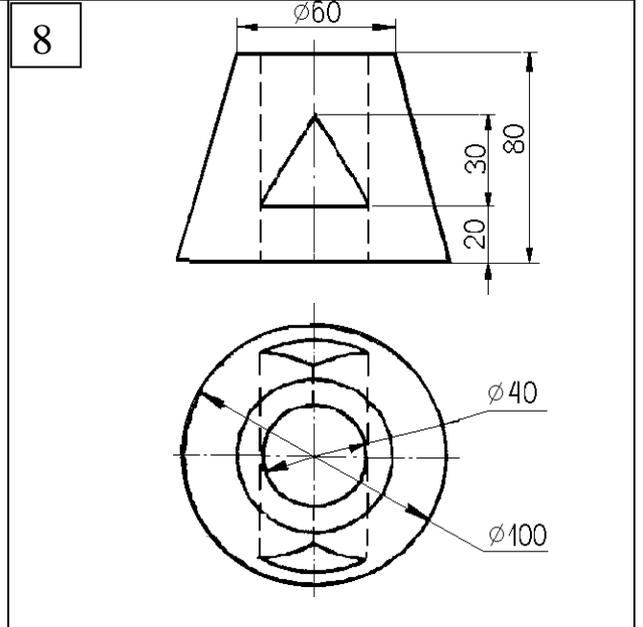
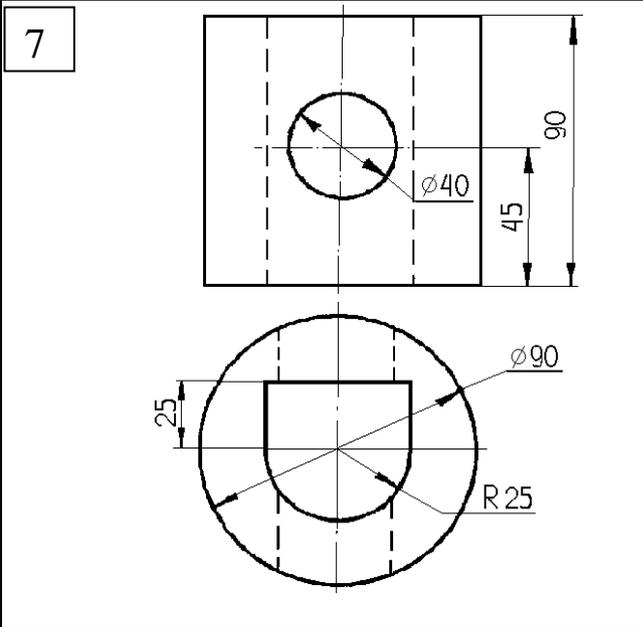
Рекомендовано використання літератури для самостійної роботи [1-6].

Індивідуальні завдання до графічної роботи наведено в табл.4.

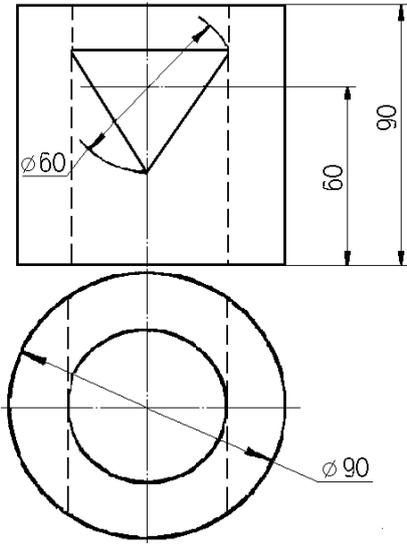
Завдання для самостійної роботи

Таблиця 4 – Індивідуальні завдання до графічної роботи № 4

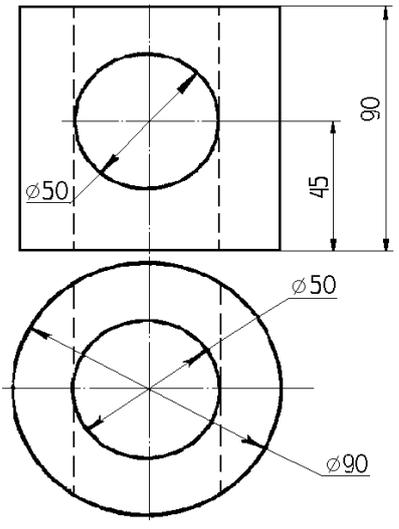
<p>1</p>	<p>2</p>
<p>3</p>	<p>4</p>
<p>5</p>	<p>6</p>



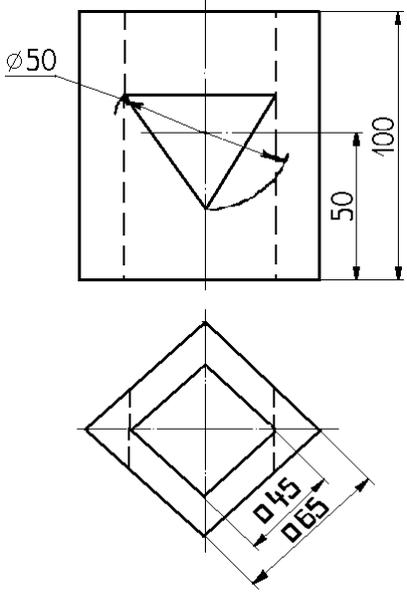
13



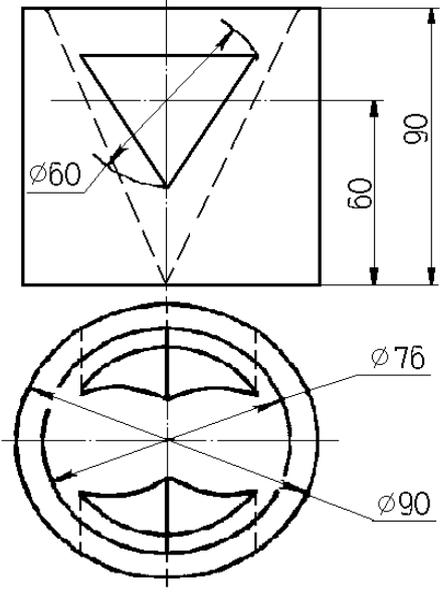
14



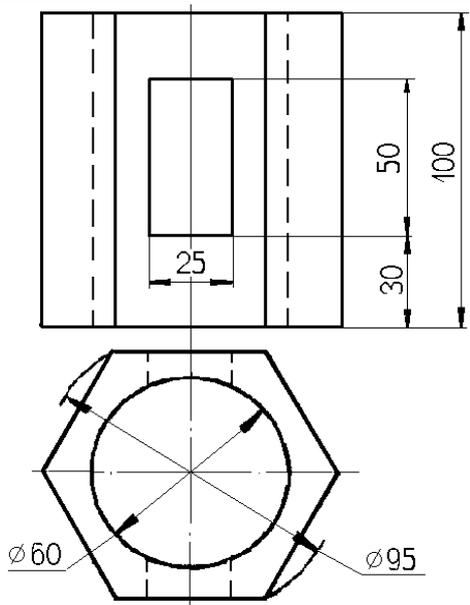
15



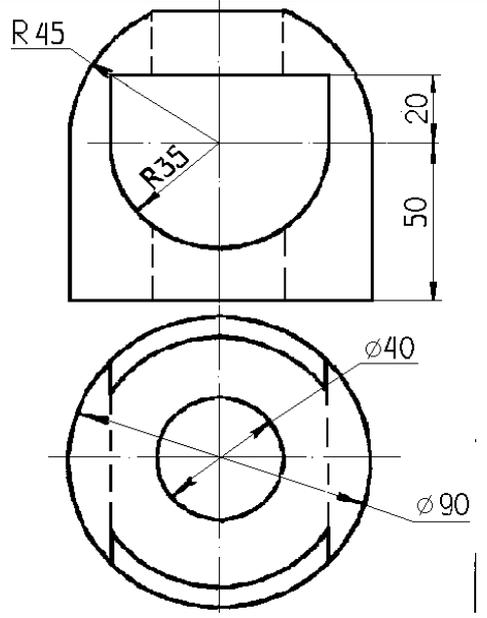
16

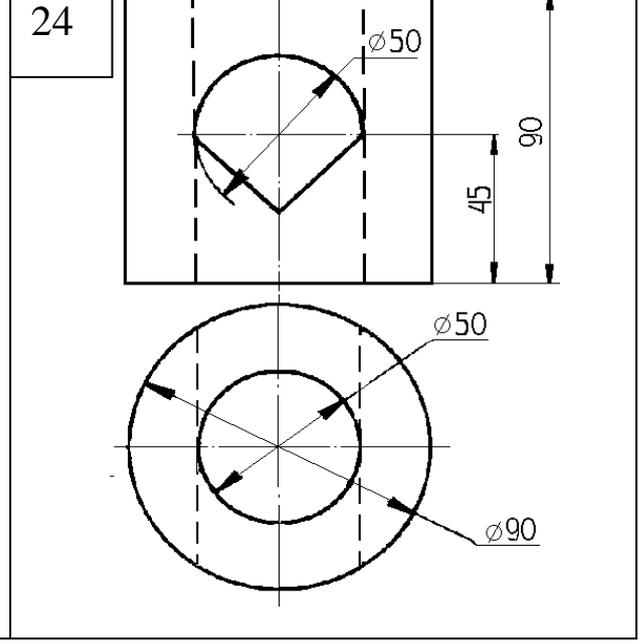
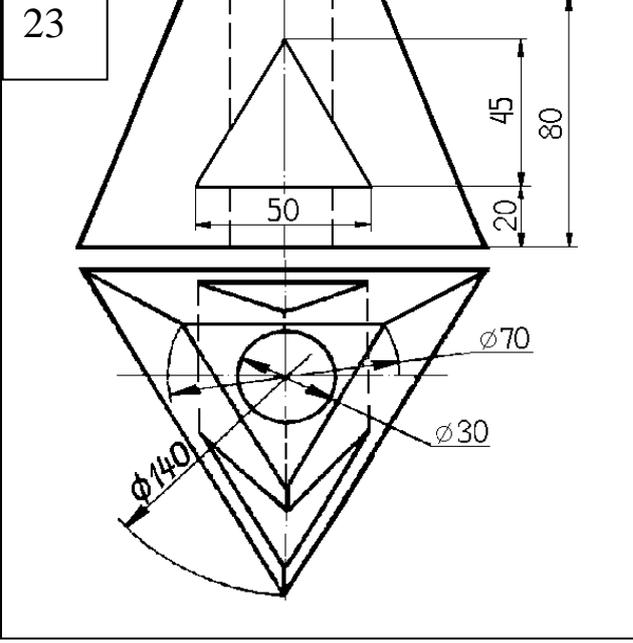
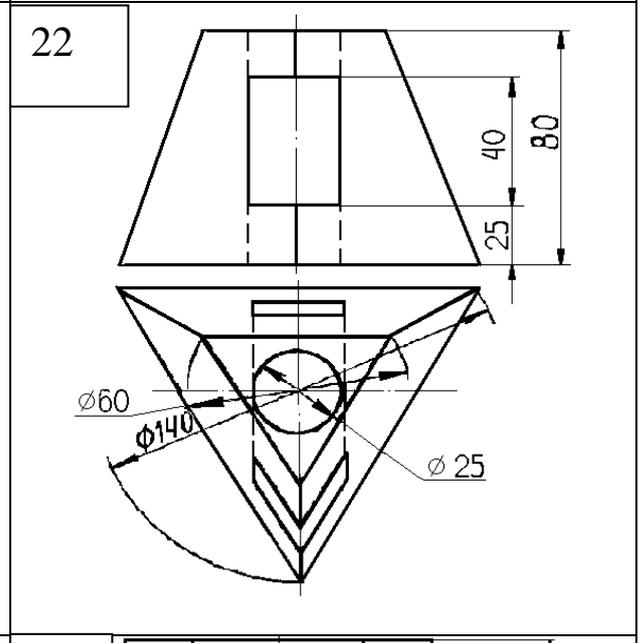
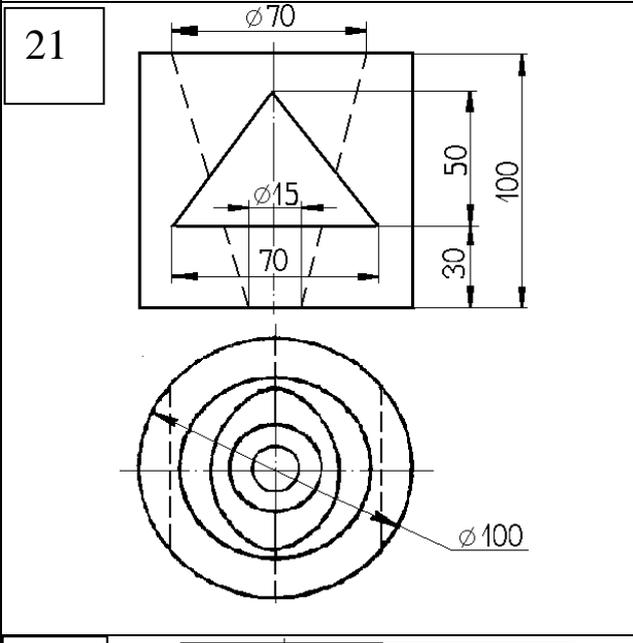
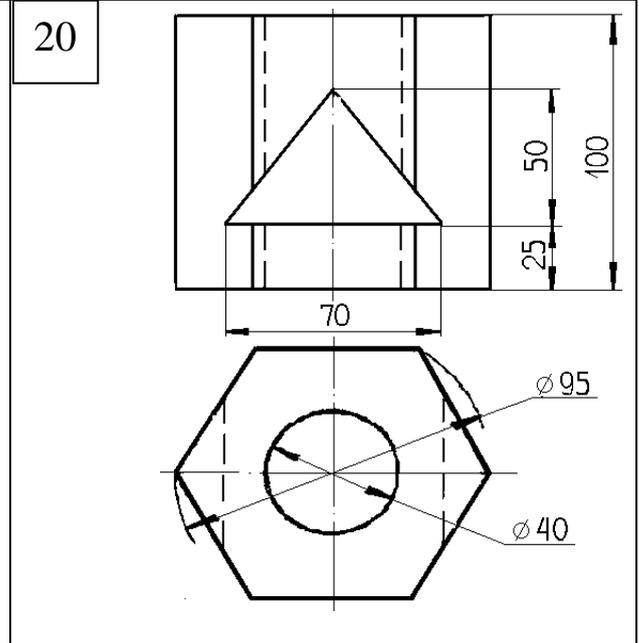
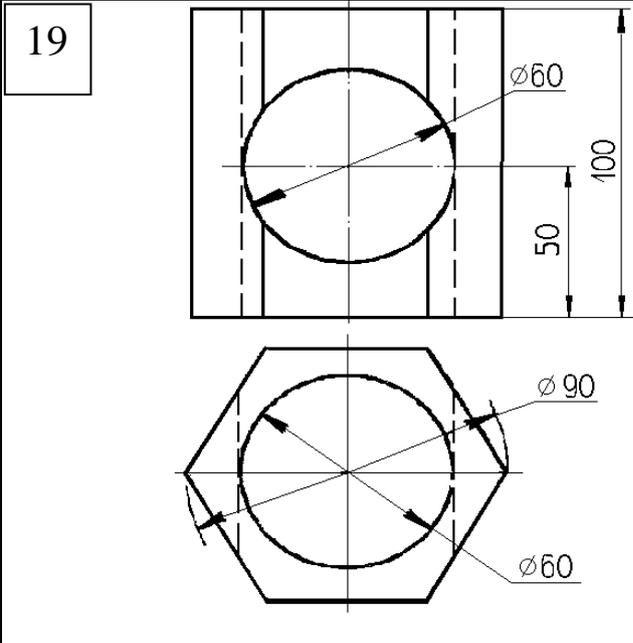


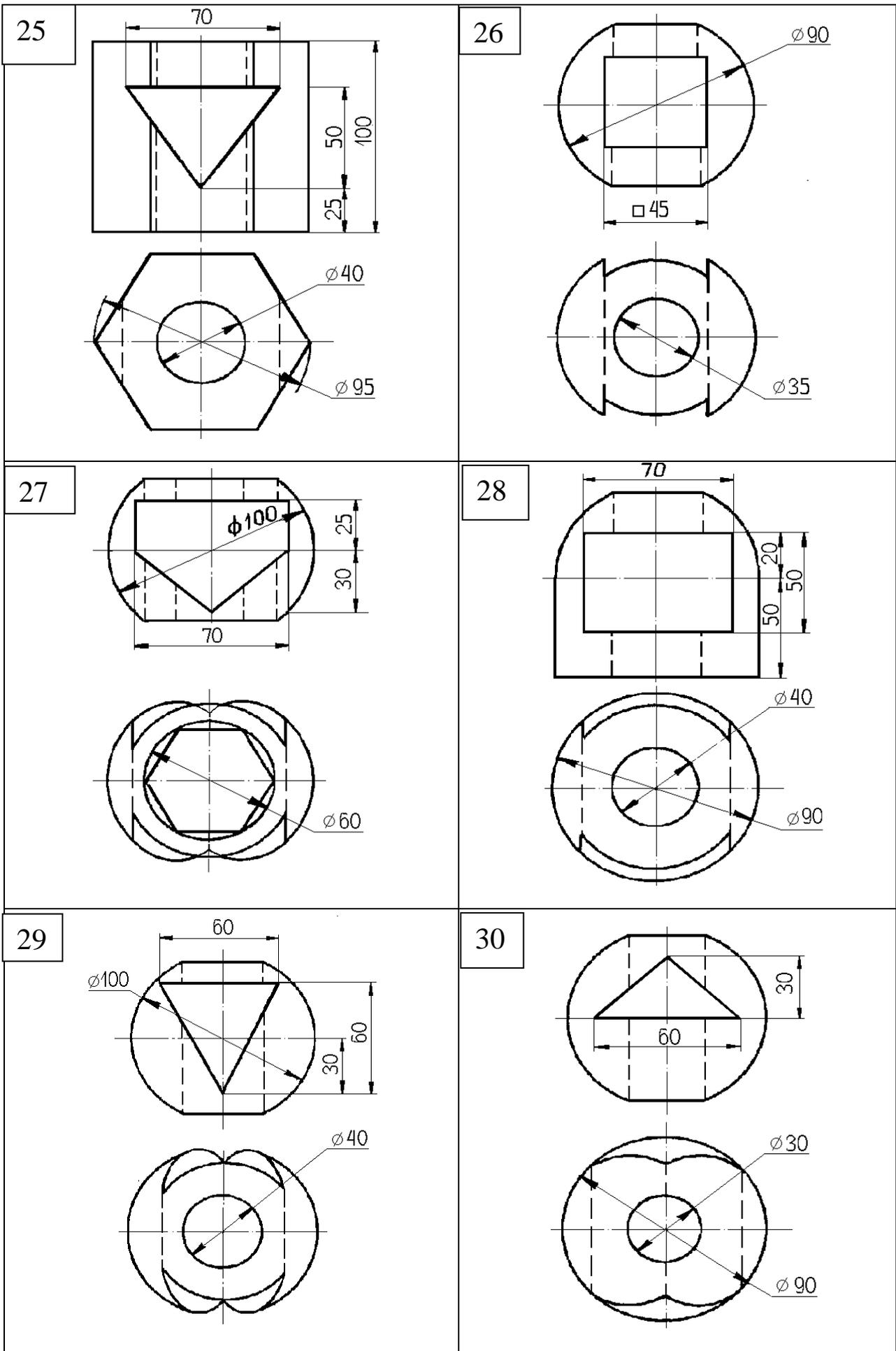
17



18







Графічна робота № 5

СТВОРЕННЯ ЗБІРКИ

Мета роботи: засвоїти прийоми додавання деталей до збірки, правильно обирати умови сполучень, навчитись використовувати додаток Toolbox.

Графічне завдання:

1. побудувати окремі деталі: основу та циліндр (рис. 5.1) за індивідуальним варіантом (таблиця 5);
2. задати матеріал виготовлення основи та циліндру;
3. побудувати збірку двох деталей (основи та циліндра);
4. з'єднати основу та циліндр за допомогою болтового з'єднання, використовуючи додаток Toolbox (рис. 5.2);
5. побудувати види, розріз, аксонометричне зображення складального кресленика;
6. створити специфікацію.

Зразок виконання графічної роботи наведено на рис. 5.34.

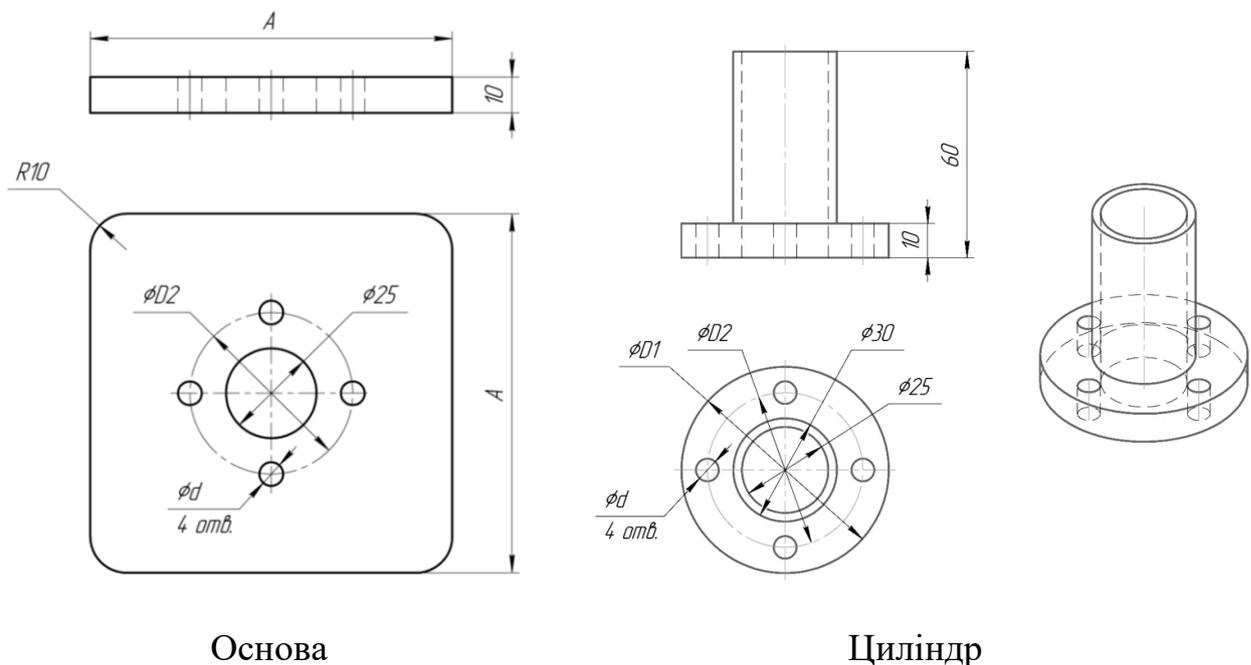


Рисунок 5.1 – Деталі для побудови збірки

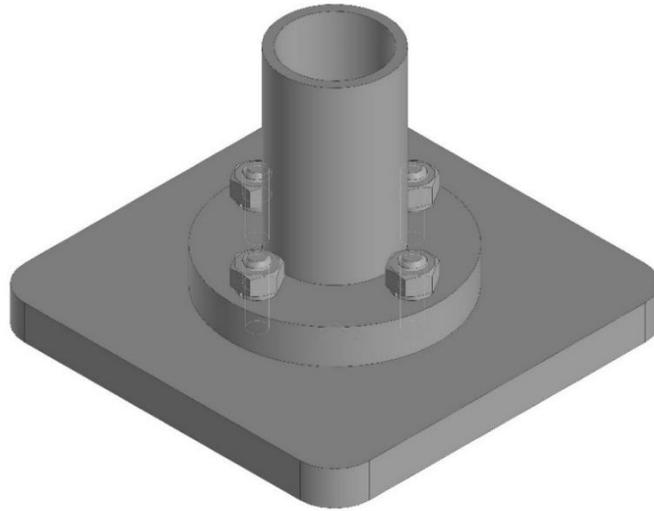


Рисунок 5.2 – Готова Збірка

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ

Спочатку треба побудувати деталі з яких складається збірка: основа та циліндр згідно варіанту здобувача за списком в журналі групи. Побудова цих деталей в даній роботі не розглядається. Вважається, що здобувач вже отримав необхідні знання для побудови деталей такого типу.

Далі переходимо до створення збірки. Розглянемо варіант створення якщо деталі, що входять до збірки, відкриті (рис. 5.3). На панелі головного меню обираємо **Створити – Створити збірку з деталі**.

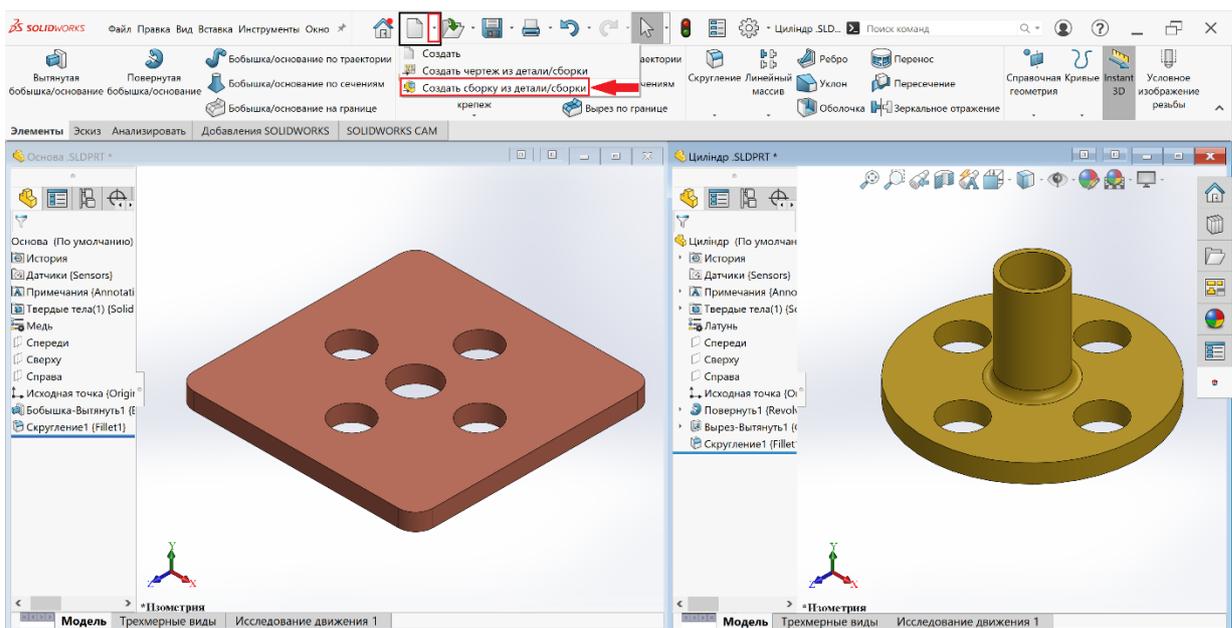


Рисунок 5.3 – Перехід до створення збірки з деталі

Активується Менеджер властивостей, в якому відображаються деталі (рис. 5.4).

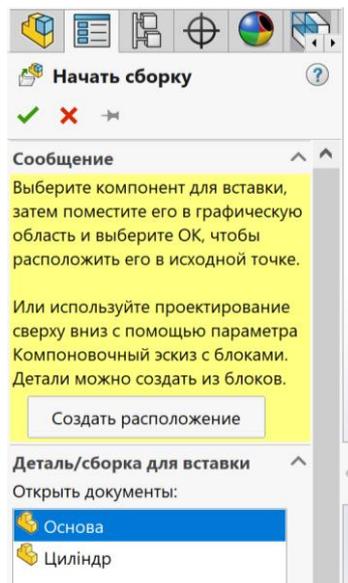


Рисунок 5.4 – Деталі для створення збірки

Для додавання компонента збірки в графічну область треба його виділити в Менеджері властивостей (виділяємо деталь Основа) і затиснувши ліву кнопку миші перетягнути на робоче поле. Клікнути лівою кнопкою в графічній області. Перший компонент збірки додано (рис. 5.5).

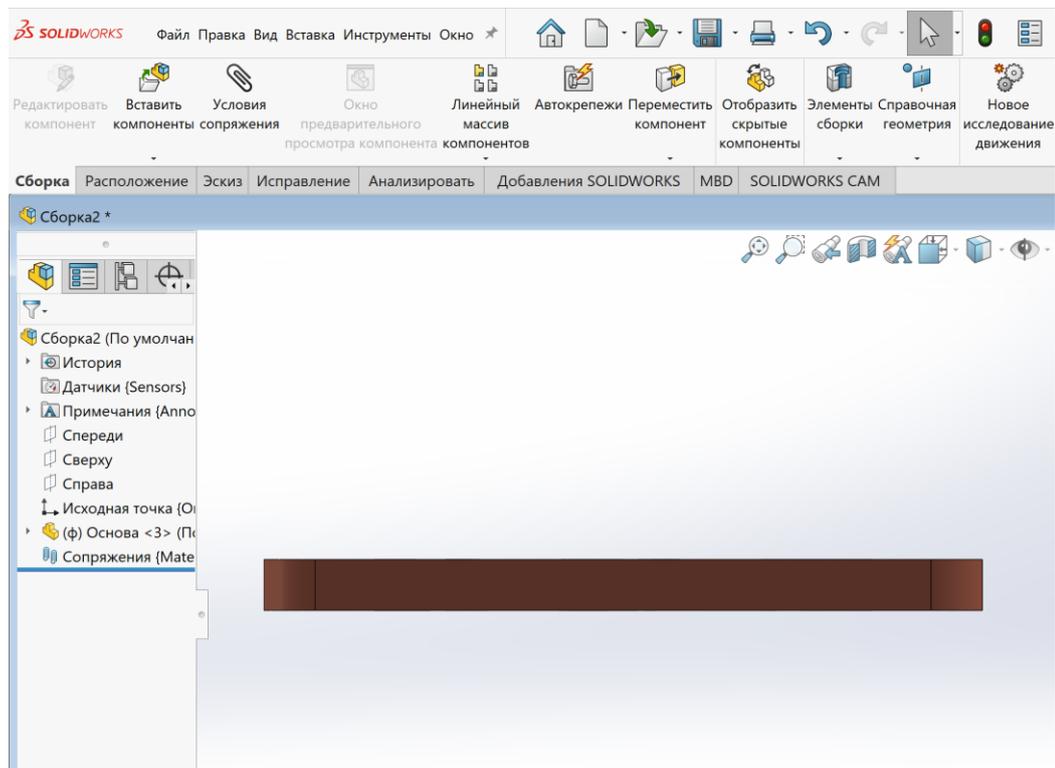


Рисунок 5.5 – Додавання деталі Основа до збірки

Для додавання наступного компоненту на вкладці **Збірка** обираємо інструмент **Вставити компоненти** (рис. 5.6).

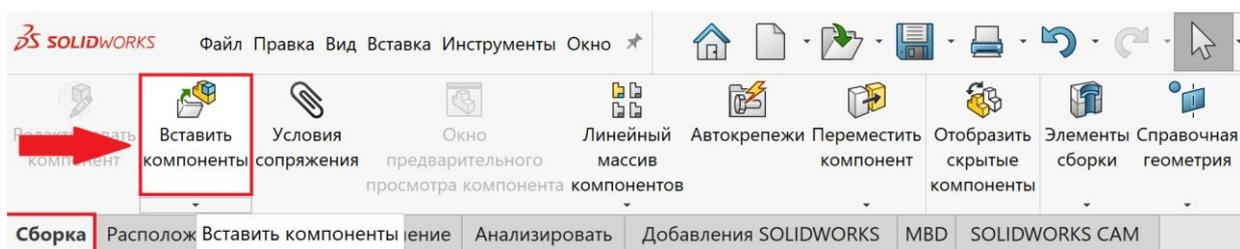


Рисунок 5.6 – Додавання наступного компоненту збірки

Додаємо циліндр так само як додавали основу (рис. 5.7). Бажано одразу зберегти файл щоб уникнути втрати даних.

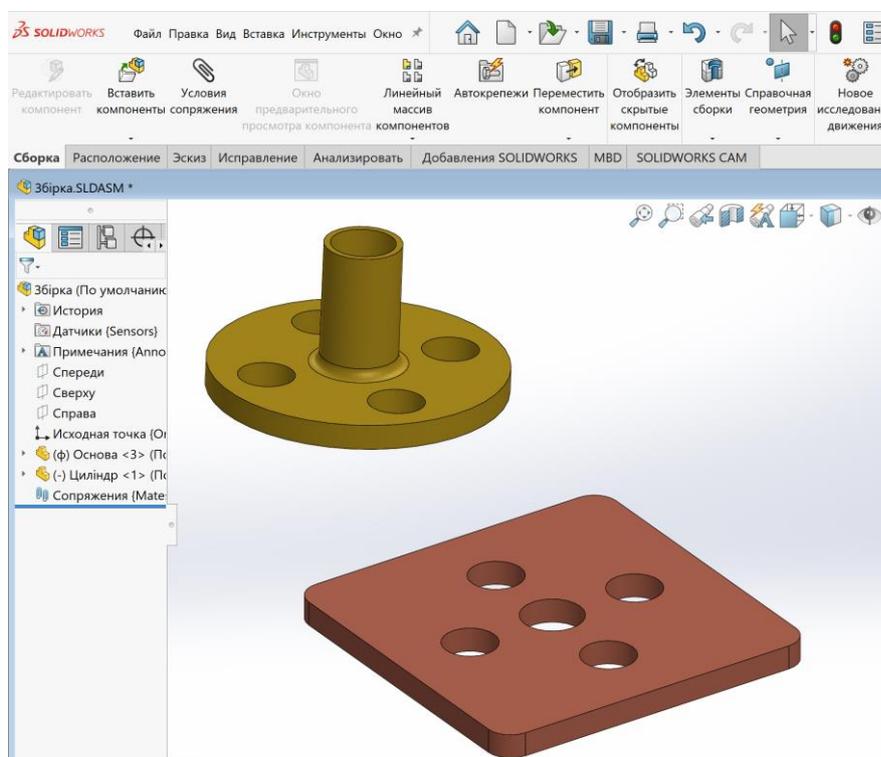


Рисунок 5.7 – Додавання циліндру до збірки

Перший компонент, який було додано автоматично став зафіксованим. Перед назвою з'явилась позначка (ф). Тому ви не можете його переміщувати в графічній області. Його положення визначено.

Незафіксовані компоненти (циліндр) в складальному просторі можна легко переміщувати, затиснувши ліву кнопку миші. Незафіксовані компоненти можна

визначити також з Древа конструювання. Перед назвою компонента можна побачити знак мінус в дужках (-).

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

Тепер потрібно зібрати основу з циліндром в єдину конструкцію. Для цього треба задати умови сполучення на вкладці Збірка активуємо інструмент **Умови сполучення**  (рис. 5.8).

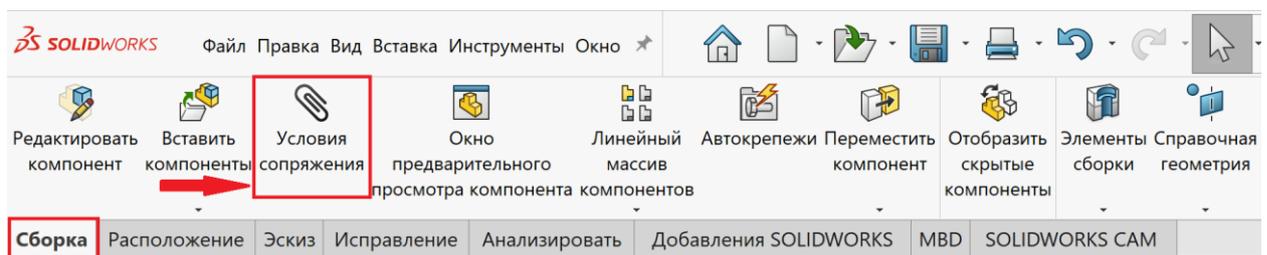


Рисунок 5.8 – Активація інструменту Умови сполучення

Далі потрібно вказати елементи сполучень (клікнути лівою кнопкою миші) на верхню грань основи та нижню основу циліндру. Обрані грані будуть розташовані в одній площині й з'являться в вікні вибору сполучень (рис. 5.9).

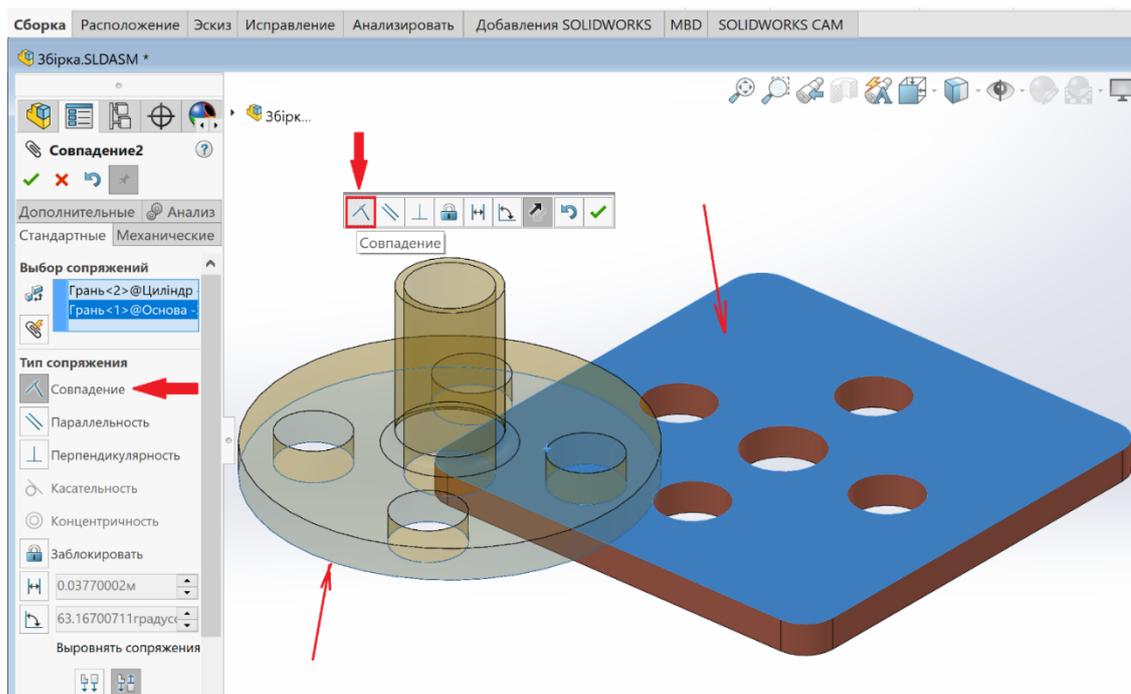


Рисунок 5.9 – Додавання сполучення Збіг

Обираємо тип сполучення *Збіг* або в Менеджері властивостей, або з Компактного меню, що з'явиться поруч з покажчиком миші. Підтверджуємо вибір ОК . Першу умову сполучення додано.

Тепер потрібно задати наступну умову *Концентричність*. Вказуємо на центральний отвір основи та отвір, розташований в центрі циліндра. Обираємо умову *Концентричність*. Підтверджуємо вибір ОК .

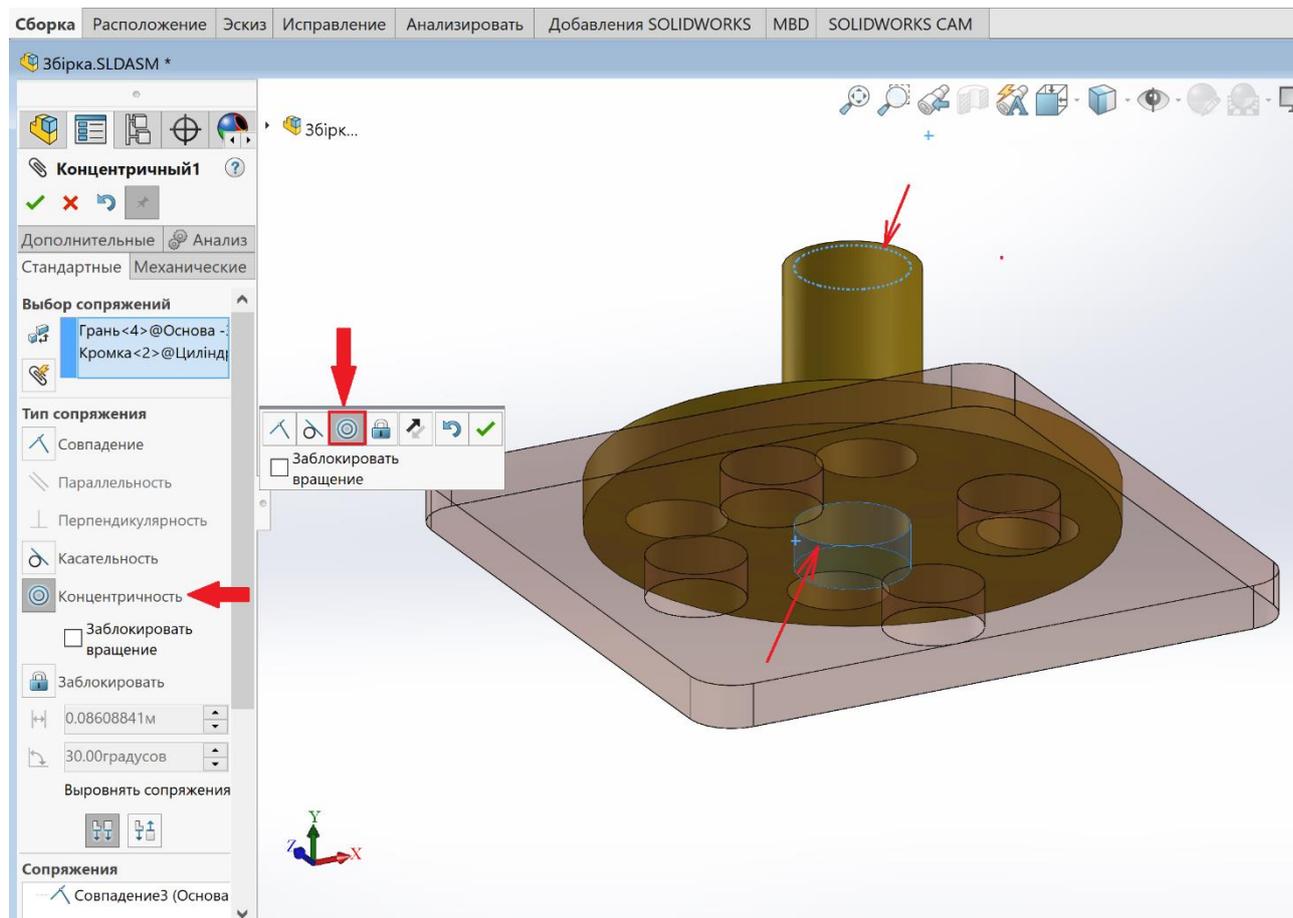


Рисунок 5.10 – Додавання умови Концентричність

Ще залишилась одна степінь свободи. Циліндр обертається навколо осі й отвори в основі не збігаються з отворами в циліндрі. Вказуємо на один з чотирьох отворів основи та на один з чотирьох отворів циліндру. Обираємо умову *Концентричність*. Підтверджуємо вибір ОК  (рис. 5.11).

Зверніть увагу, всі умови сполучень, що було додано, прописуються в Менеджері властивостей.

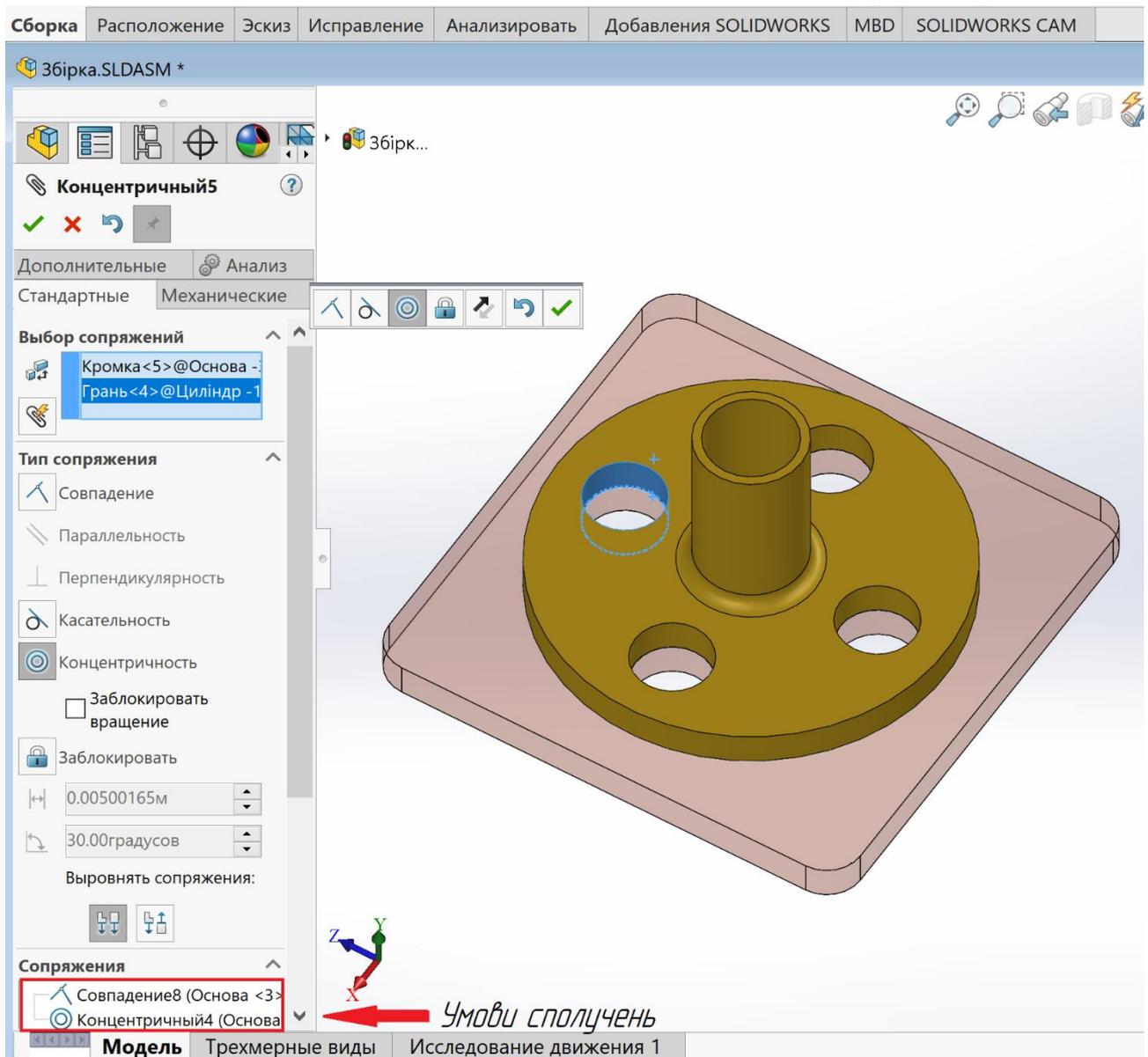


Рисунок 5.11 – Додавання умови Концентричність

Закриваємо додавання Умови сполучення ✘. Зверніть увагу на Дерево конструювання. Перед деталлю циліндр зникла позначка (-). Це означає, що положення деталі повністю визначене в просторі, тобто накладено всі необхідні умови сполучення. Ви не зможете її ні переміщувати, ні обертати окремо від основи (рис. 5.12).

Далі необхідно з'єднати основу з циліндром за допомогою болтового з'єднання, використовуючи додаток Toolbox.

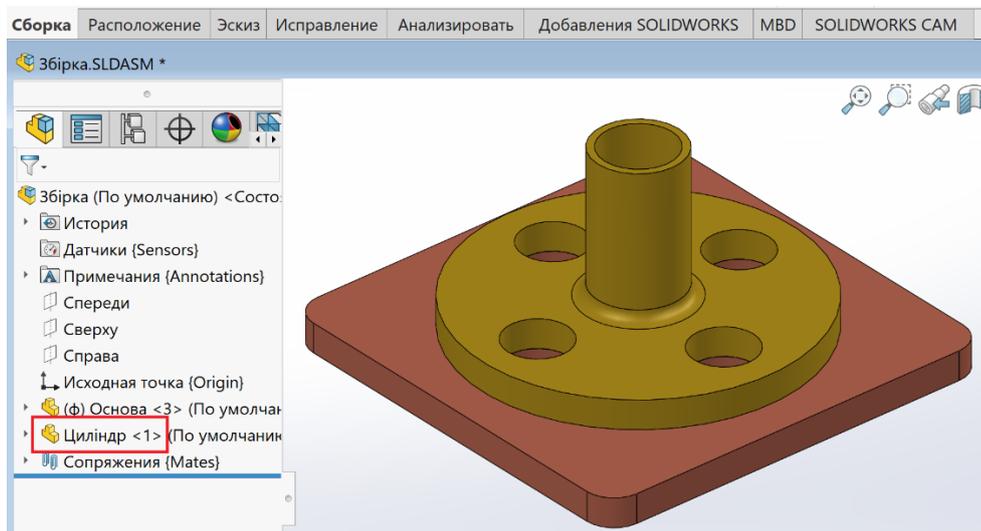


Рисунок 5.12 – Розташування циліндру визначено

Додаток Toolbox у програмі SolidWorks – це додаток, що забезпечує користувачів стандартними компонентами для швидкого створення і модифікації деталей та вузлів. Цей інструмент містить бібліотеку стандартних кріплень, які можна швидко додавати до збірки. Toolbox підтримує міжнародні стандарти, включаючи: ANSI, AS, GB, BSI, CISC, DIN, GB, ISO, IS, JIS та KS.

До болтового з'єднання входять болт, шайба та гайка.

Для того, щоб додати ці вироби до збірки, потрібно на **Панелі задач**, що розташовано вертикально праворуч від графічної області, активувати **Бібліотеку проектування** (рис. 5.13).

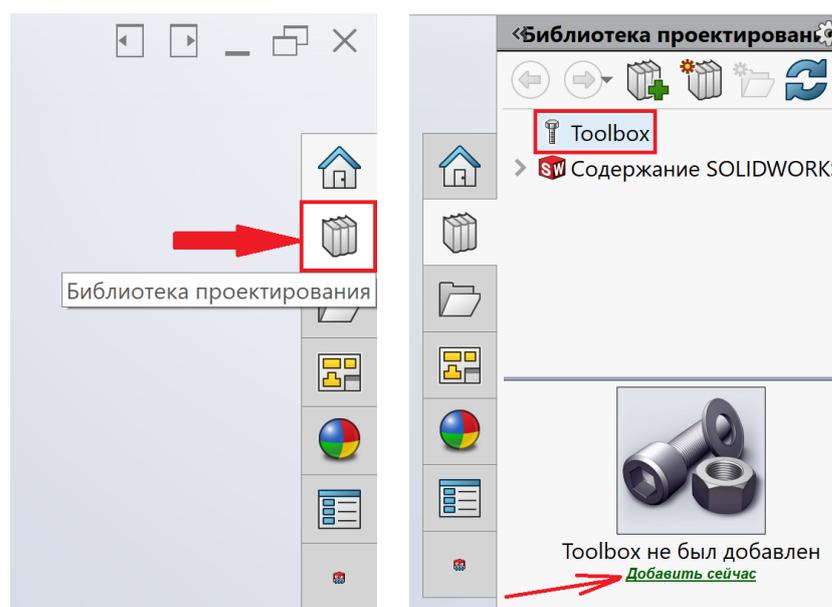


Рисунок 5.13 – Бібліотека проектування Toolbox

З переліку стандартів обираємо міжнародний стандарт ISO . Спочатку будемо додавати болт до збірки, тому подвійним кліком лівою кнопкою миші розкриваємо папку *Болти та гвинти*. З переліку, що з'явиться, обираємо папку Болти та гвинти з шестигранними головками (рис. 5.14).

Для болтового з'єднання незалежно від варіанту здобувача обрати болт з шестигранною головкою за стандартом ISO 4016 (рис. 5.14).

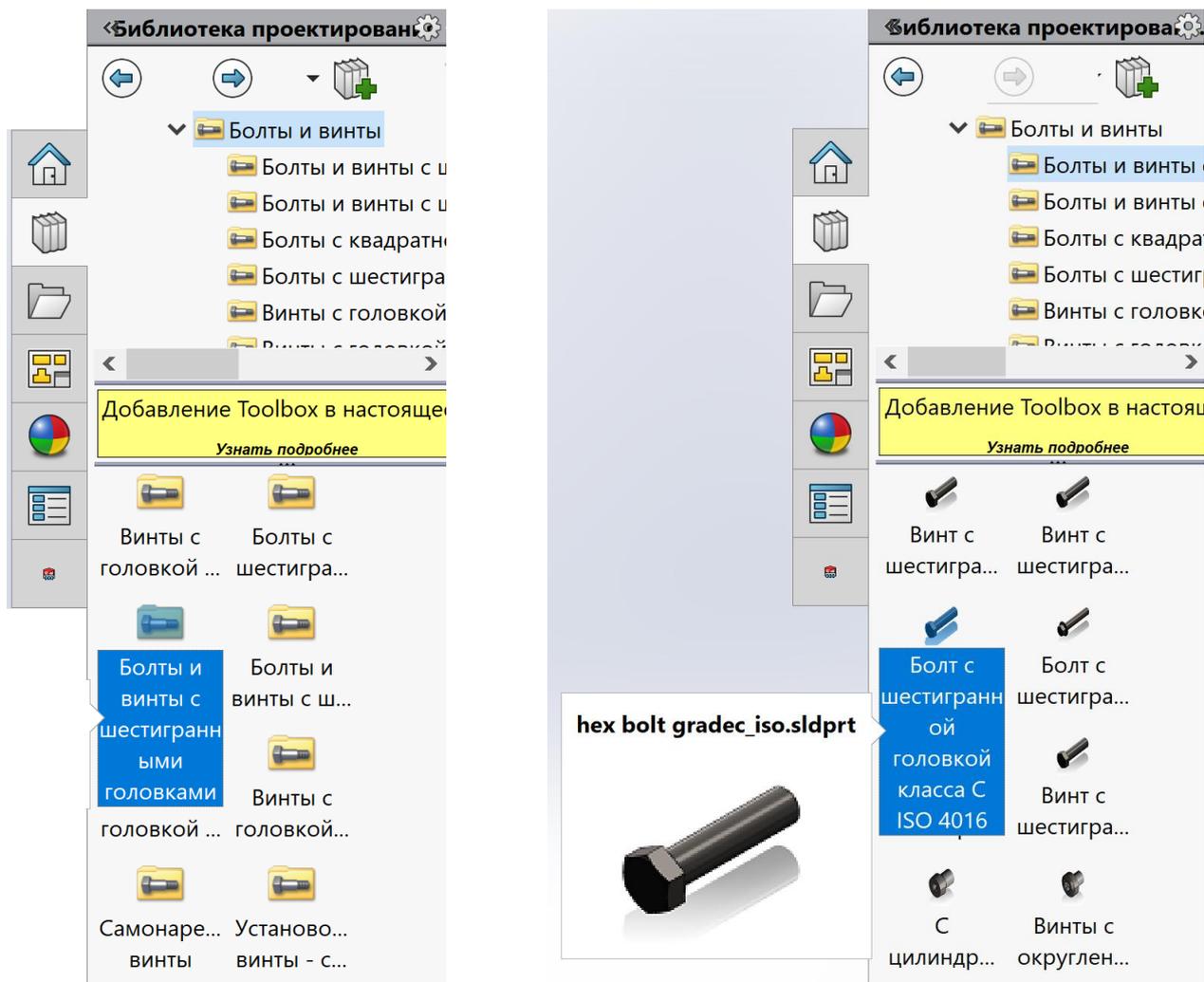


Рисунок 5.14 – Вибір стандарту болта з бібліотеки Toolbox

Обраний за стандартом болт перетягуємо до графічної області, де вже розміщено основу й циліндр, затиснувши ліву кнопку миші. Діаметр різьби обираємо з урахуванням діаметру d отвору в деталях, що скріплюються (рис. 5.15). Оскільки діаметр отворів в деталях, що скріплюються був 22 мм, обираємо болт з діаметром різьби M20. Підтверджуємо вибір OK . Програма

пропонує можливість створити додаткові копії компонента. Нам це непотрібно, тому перериваємо команду **✗** або **ESC**.

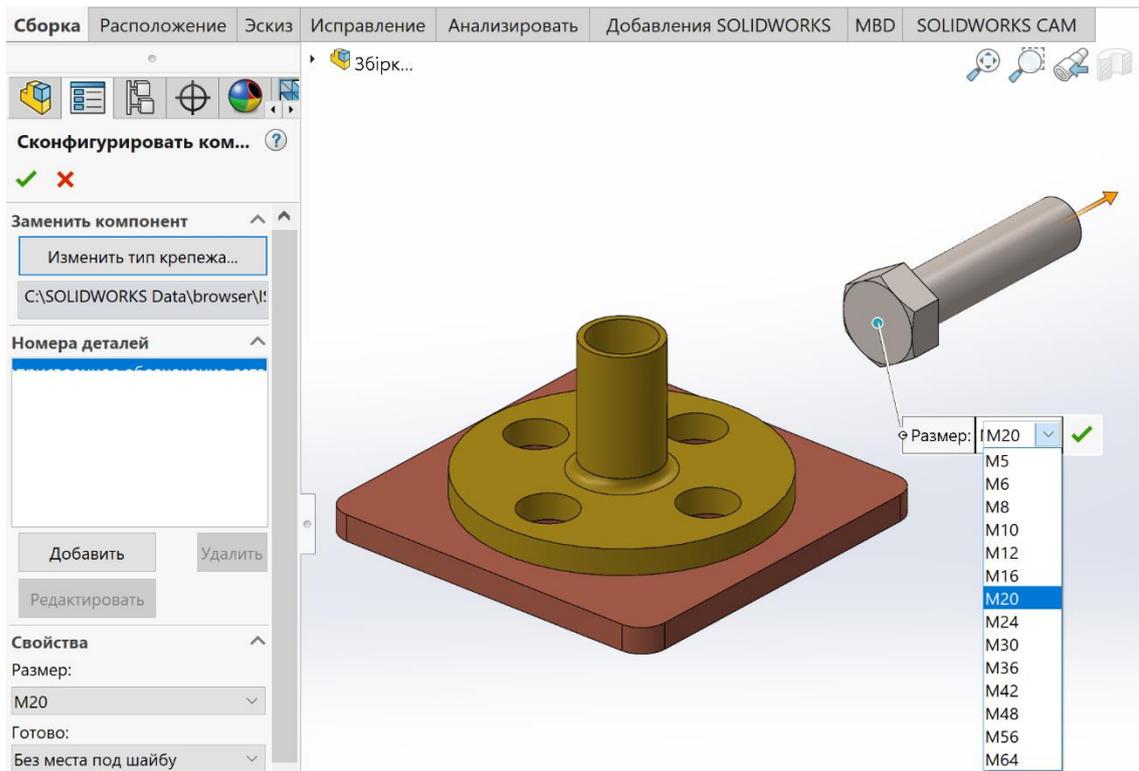


Рисунок 5.15 – Додавання болта до збірки

Наступним кроком додаємо до збірки з бібліотеки Toolbox гайку (рис.5.16).

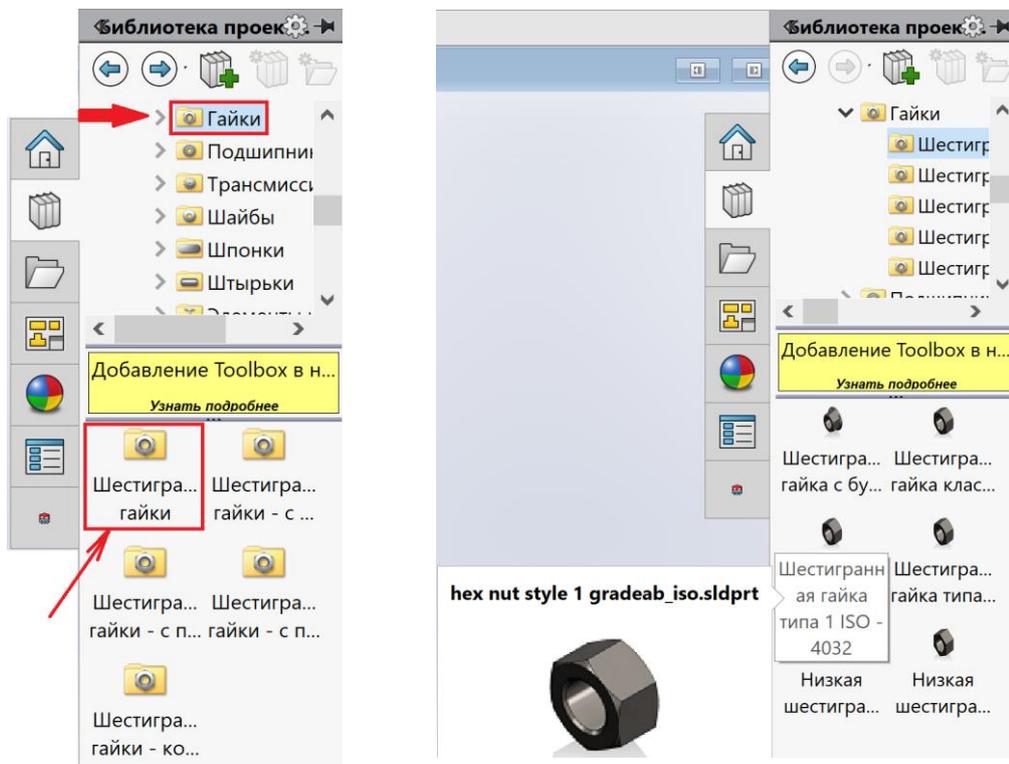


Рисунок 5.16 – Вибір стандарту гайки з бібліотеки Toolbox

Гайку обираємо згідно стандарту заданому відповідно до варіанту здобувача з табл. 5. Для додавання до збірки, гайку перетягуємо до графічної області й обираємо відповідний розмір різьби (рис. 5.17).

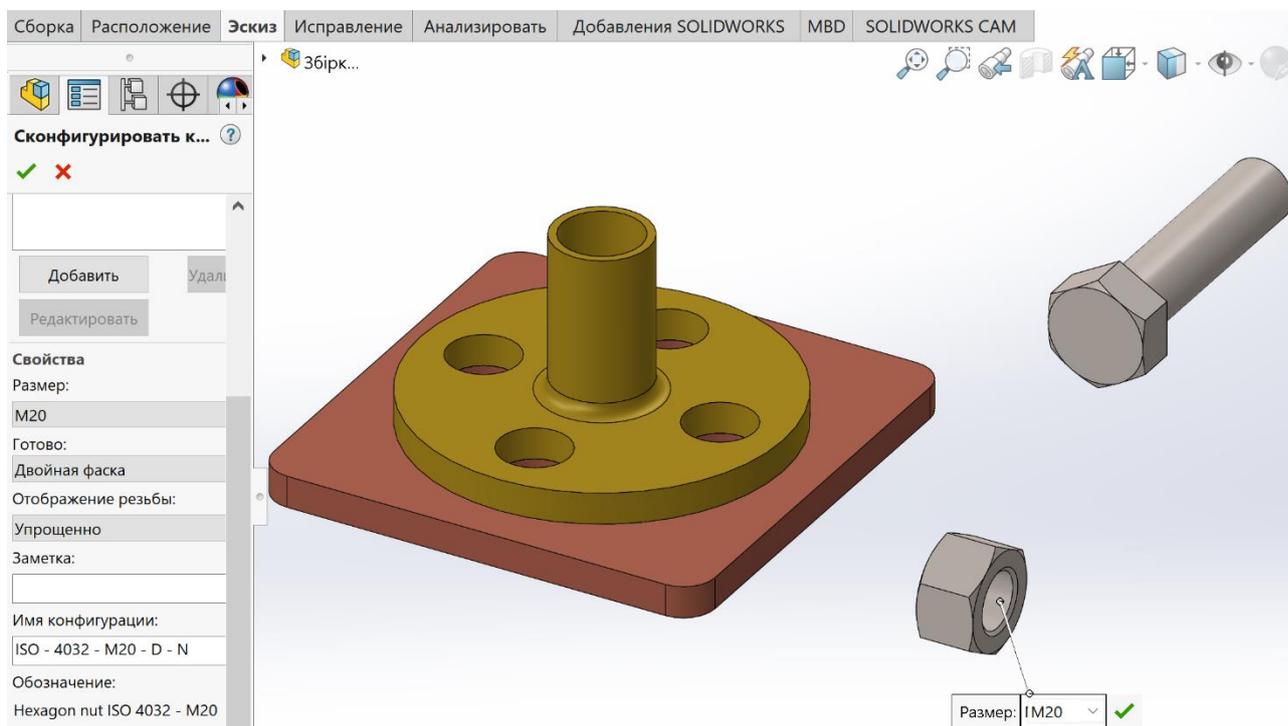


Рисунок 5.17 – Додавання гайки до збірки

Далі додаємо до збірки шайбу (рис. 5.18) відповідно до завдання згідно варіанту (табл. 5).

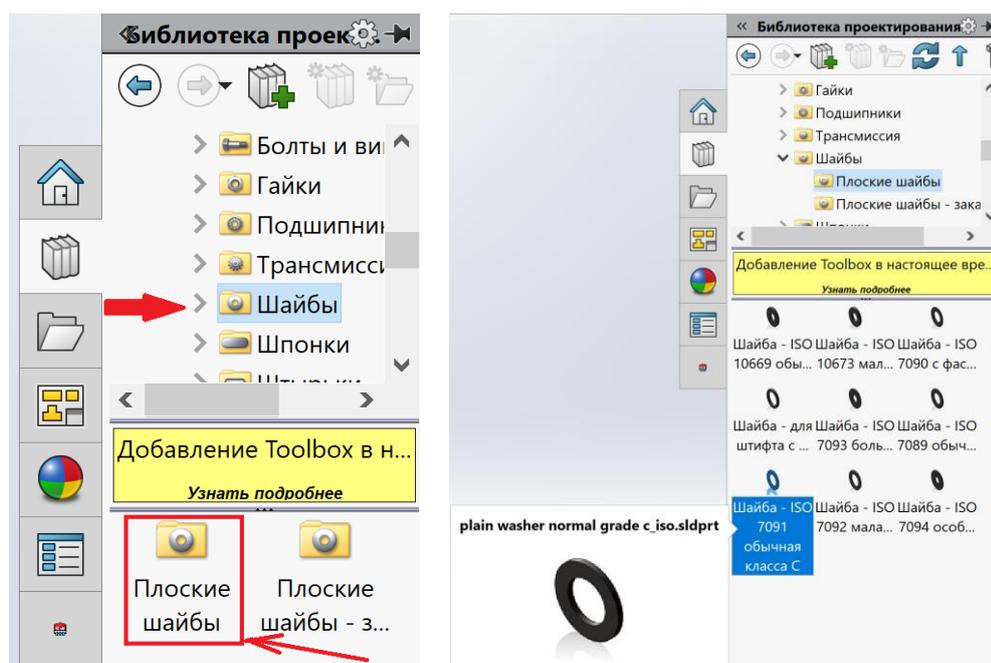


Рисунок 5.18 – Вибір стандарту шайби з бібліотеки Toolbox

Шайбу перетягуємо до графічної області й обираємо відповідний розмір (рис. 5.19).

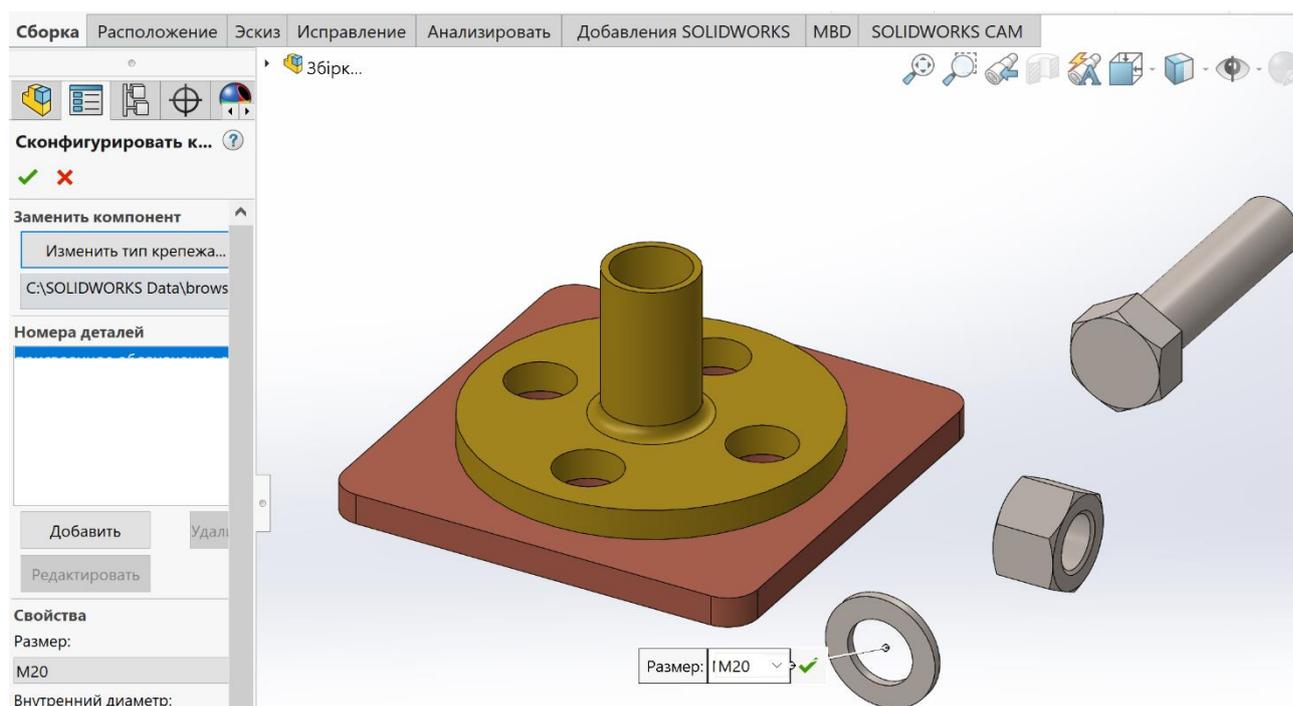


Рисунок 5.19 – Додавання шайби до збірки

Всі компоненти болтового з'єднання додано до збірки. Тепер потрібно додати умови сполучення для кожного компоненту, щоб з'єднати основу та циліндр за допомогою болта, шайби та гайки. Починаємо з болта. Активуємо на вкладці **Збірка** інструмент **Умови сполучення** . Оскільки розташування болта не визначено, ми можемо його переміщувати затиснувши ліву кнопку миші, або обертати, затиснувши праву кнопку. Виділяємо нижню грань основи та грань головки болта (рис. 5.20) підсвічується синім кольором. Накладаємо умову сполучення **Збіг**.

Наступна умова сполучення **Концентричність**. Вказуємо на один з чотирьох отворів в основі або в циліндрі та на циліндричний стержень болта (рис. 5.21).

Положення болта досі залишається невизначеним, тому що він вільно обертається навколо осі. Тому треба накласти останню умову сполучення **Паралельність**. За правилами побудови стандартних кріпильних виробів на виді

спереду їх треба розташовувати трьома гранями. Тому вказуємо на передню грань основи і середню грань головки болта (рис. 5.22). Обираємо **Паралельність**.

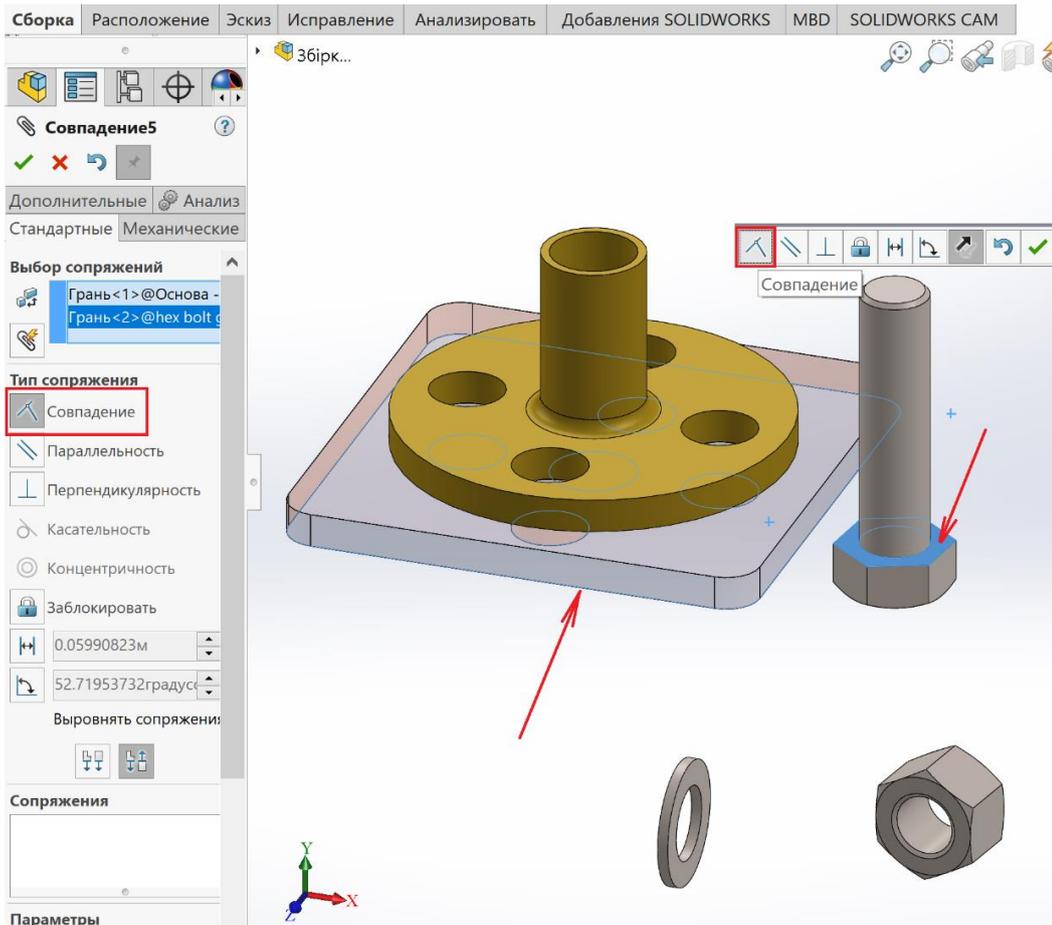


Рисунок 5.20 – Умова сполучення Збіг для основи та болта

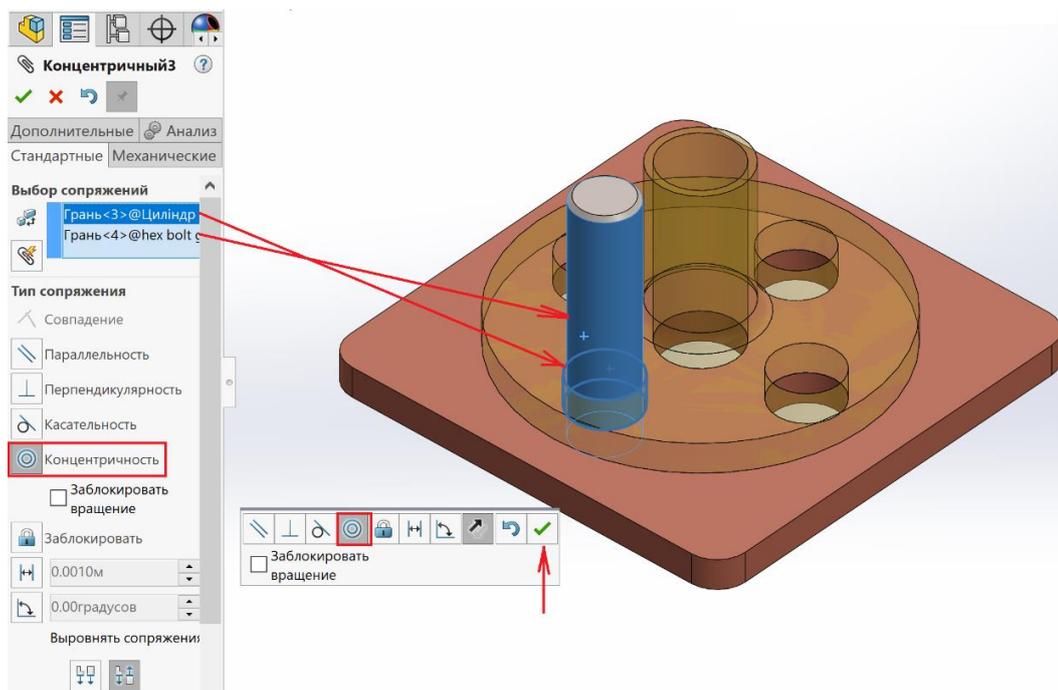


Рисунок 5.21 – Умова сполучення Концентричність

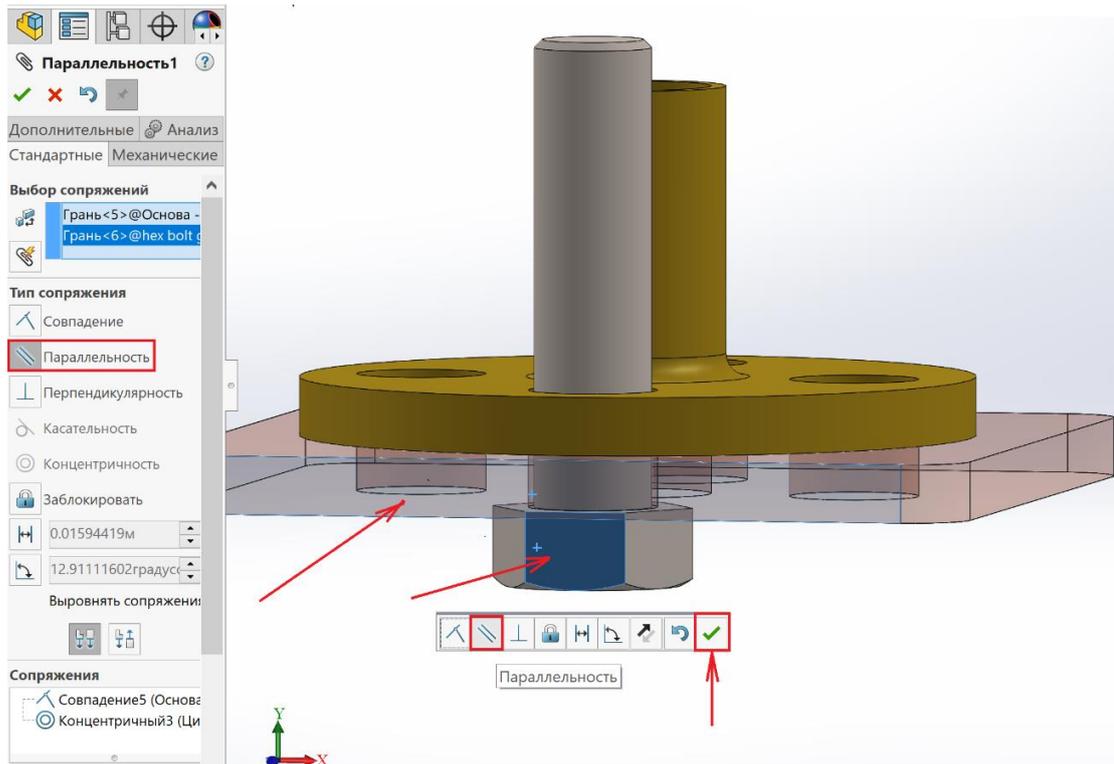


Рисунок 5.22 – Умова сполучення Паралельність

Не забуваємо підтверджувати накладену умову сполучення ОК .

Тепер положення болта повністю визначене. Ви можете в цьому переконатись завершивши накладання сполучень натиснувши  або **ESC**. В Дереві конструювання перед назвою компоненту болт зникла позначка (-). Шайба та гайка залишаються невизначеними (рис. 5.23).

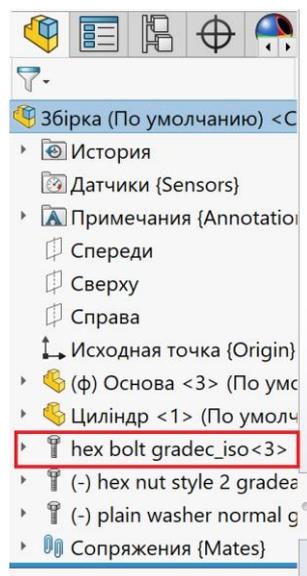


Рисунок 5.23 – Визначеність розташування болта

Повертаємось до накладання умов сполучення для шайби. Активуємо інструмент Умови сполучення . Виділяємо верхню основу циліндра (підсвічено синім кольором) та одну з основ шайби й обираємо умову сполучення **Збіг**. Підтверджуємо ОК  (рис. 5.24).

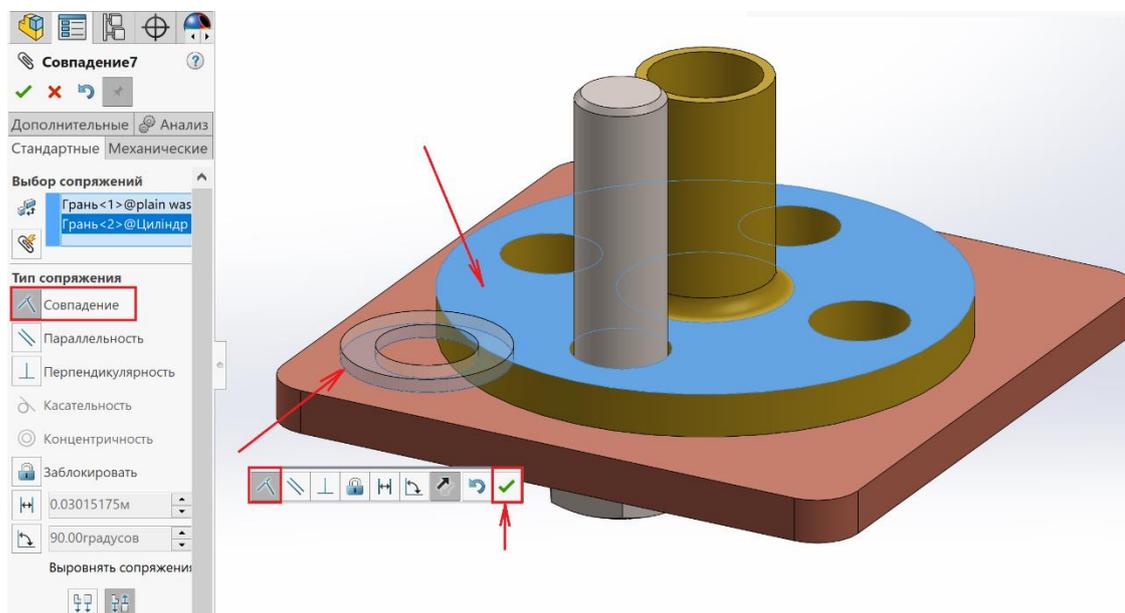


Рисунок 5.24 – Умова сполучення Збіг для шайби й циліндру

Наступна умова **Концентричність**. Вказуємо на отвір в шайбі й на стержень болта. Обов'язково ставимо галочку **Заблокувати обертання** (рис. 5.25).

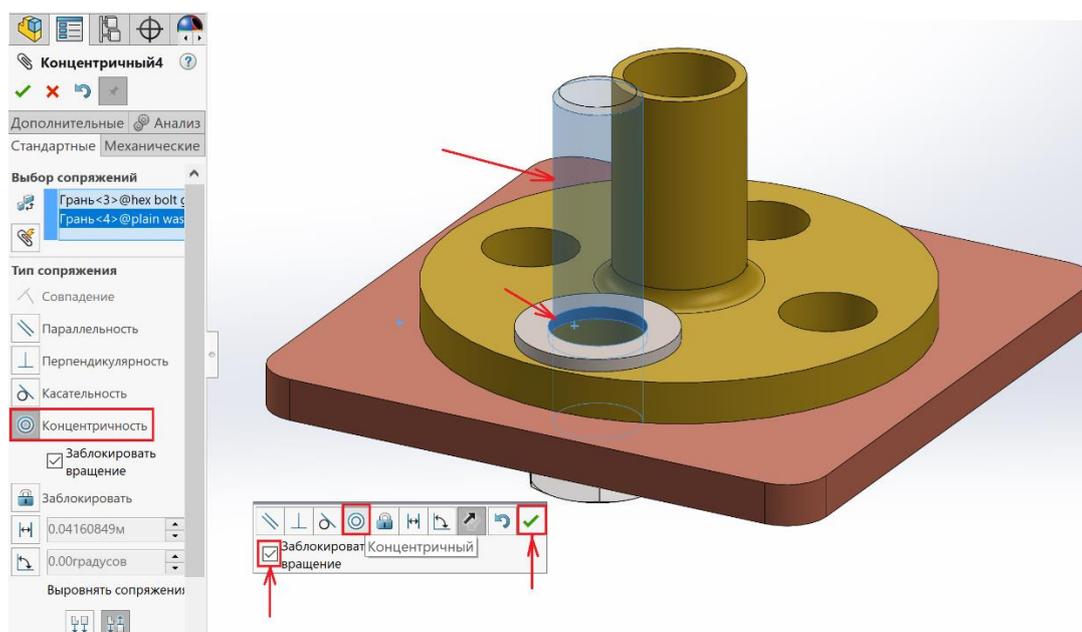


Рисунок 5.25 – Умова сполучення Концентричність для шайби й болта

Залишилось додати умови сполучення для гайки. Принцип такий самий, як і для болта. Умови сполучення: **Збіг, Концентричність, Паралельність**. Результат наведено на рис. 5.26. Всі компоненти збірки визначені.

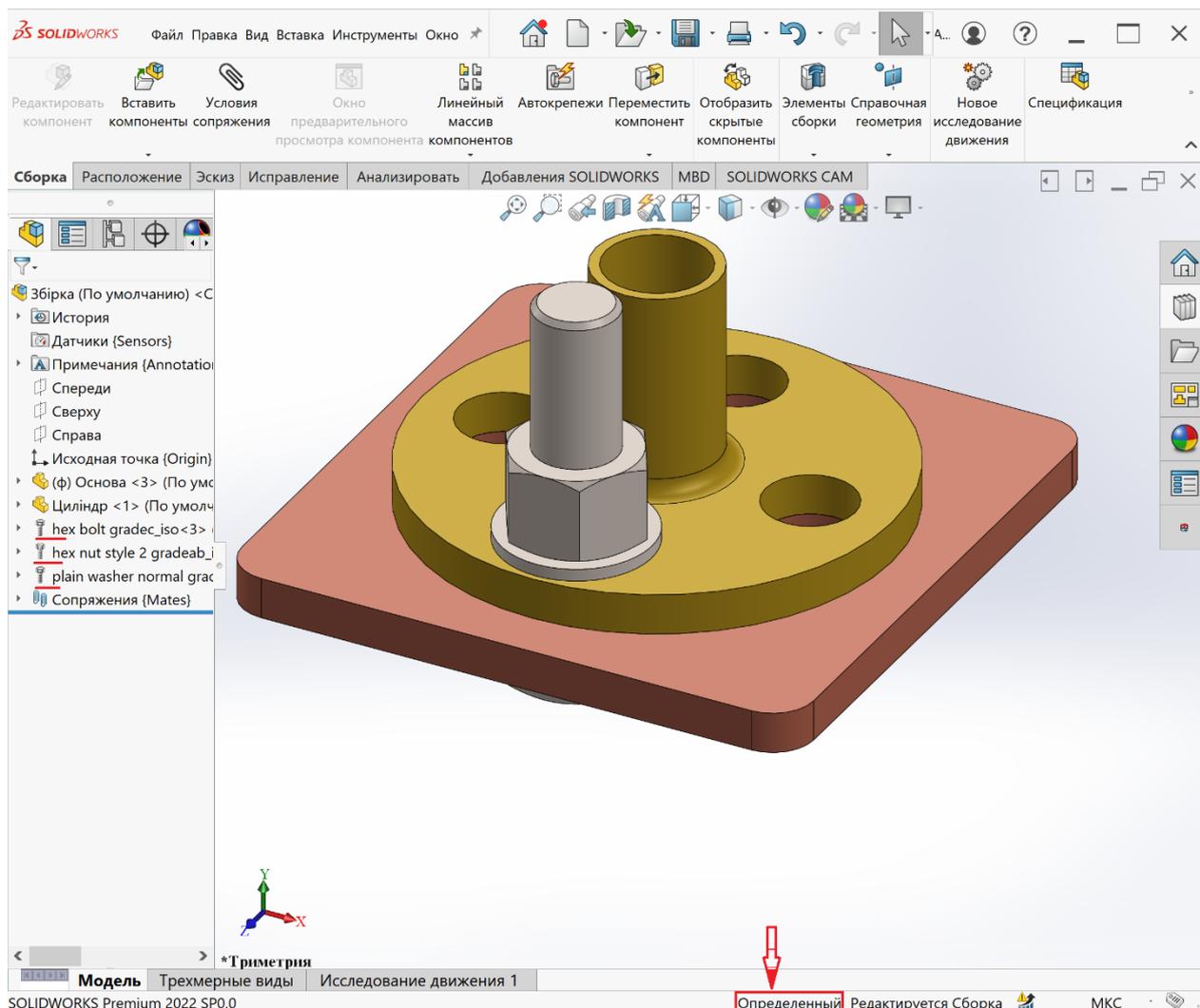


Рисунок 5.26 – З'єднання деталей за допомогою болтового з'єднання

Як бачимо болт завдовжки дуже великий, тому треба зменшити його довжину, щоб болт виходив за гайку максимум 5-6 мм. Довжина має бути стандартною 45 мм, 50 мм, 55 мм, 60 мм, 65 мм і т.д. Для зміни довжина болта:

- 1) треба клікнути два рази лівою кнопкою миші по стержню болта зверху. На екран буде виведено всі розміри болта (рис. 5.27);
- 2) клікнути один раз по розмірній лінії висоти болта, на екрані з'явиться повідомлення, що ви збираєтесь ввести зміни в документ. Треба погодитись ОК (рис. 5.27);

3) активується панель властивостей де можна змінити довжину болта. Після введення зміненого значення довжини натиснути Enter (рис. 5.27);

4) для того, щоб зміни відбулись, на Стандартній панелі інструментів треба натиснути команду **Перебудувати**  або **Ctrl+B** (рис. 5.27).

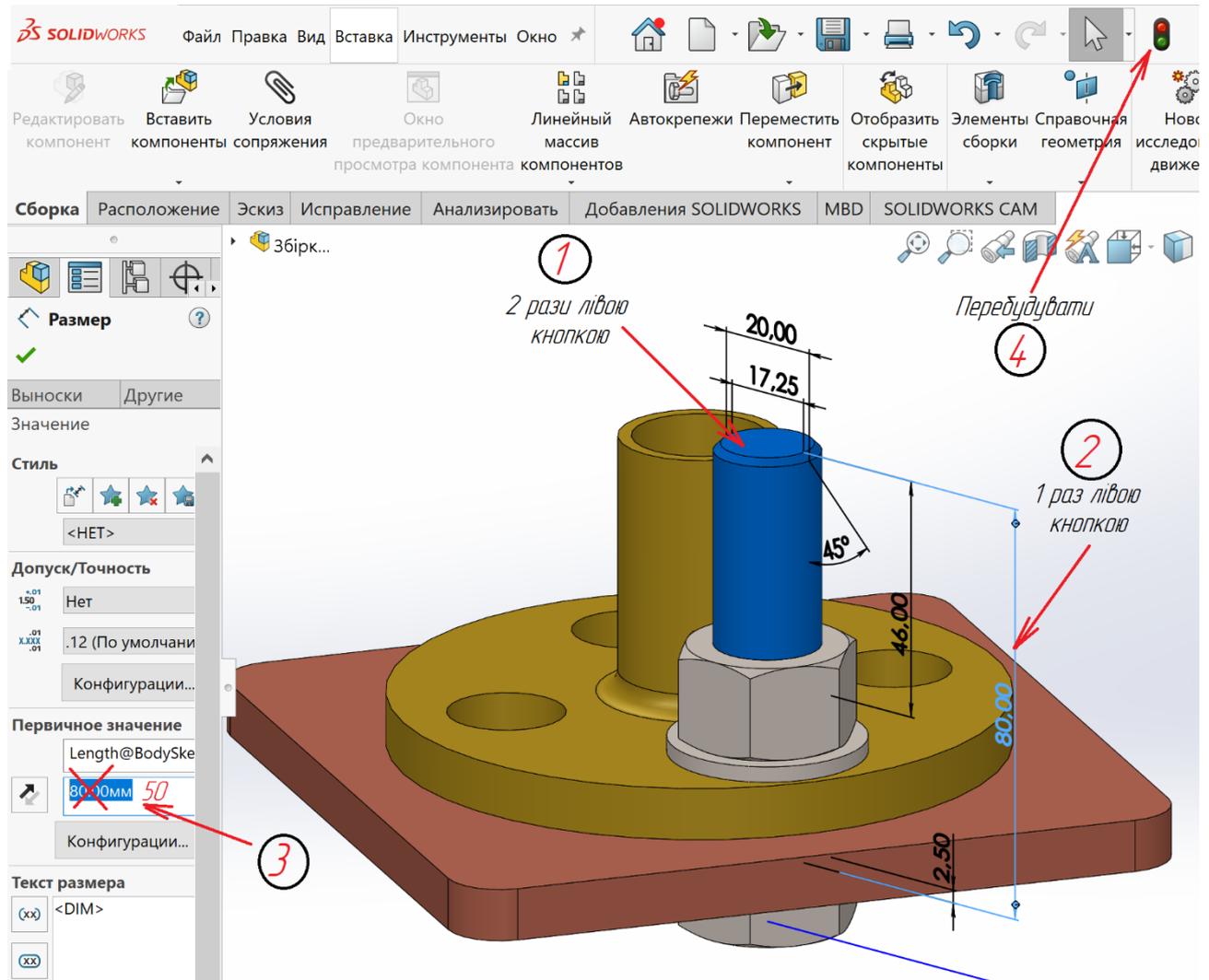


Рисунок 5.27 – Послідовність дій для зміни довжини болта

Далі натискаємо **Зберегти** . На екрані з'явиться вікно збереження документа. Обираємо **Зберегти все**. Система повідомить, що ви вирішили зберегти файли тільки для читання. Натискаємо ОК. З'явиться наступне вікно збереження болта до бібліотеки. Треба вказати в імені файлу назву виробу й параметри з внесеними змінами (рис. 5.28).

Оскільки в збірці 4 болтових з'єднання, для того, щоб не додавати окремо кожне з'єднання, виконаємо побудову кругового масиву компонентів.

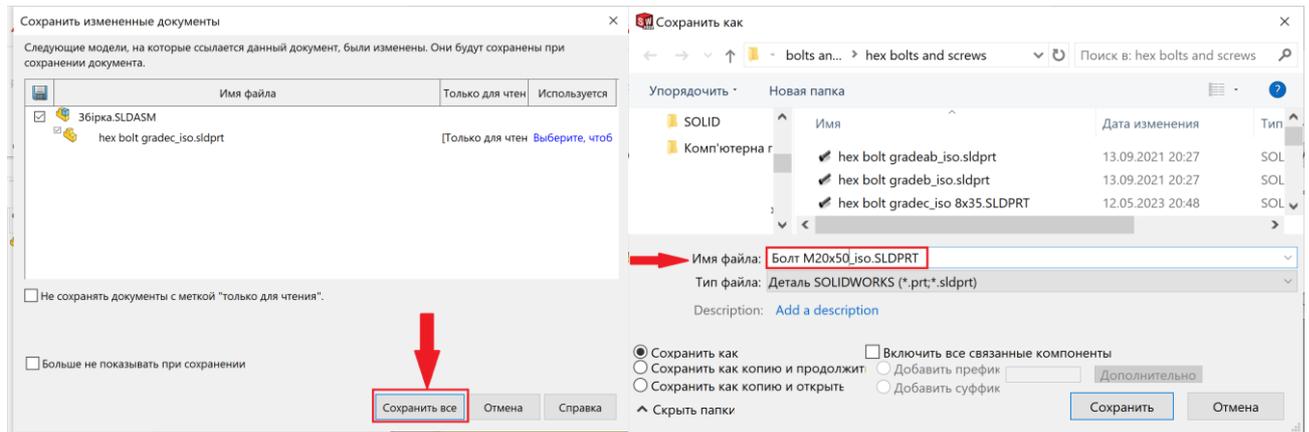


Рисунок 5.28 – Збереження болта до бібліотеки

На вкладці *Збірка* активуємо *Круговий масив компонентів* (рис. 5.29).

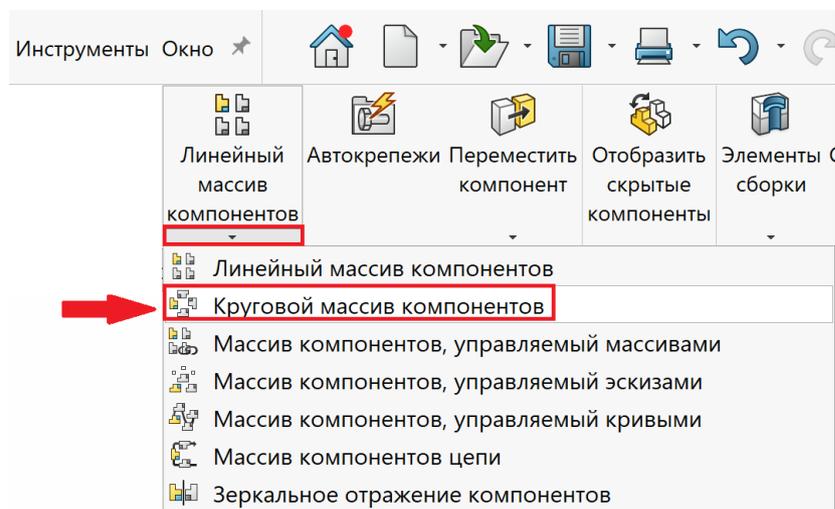


Рисунок 5.29 – Круговий масив компонентів

В *Менеджері властивостей* треба вказати компоненти в масив. Для цього вказуємо в полі збірки безпосередньо на болт, шайбу й гайку (вони зафарбуються синім кольором). Вказати кількість екземплярів 4 з рівним інтервалом. Напрямок 1 кругового масиву треба вказати на кромку циліндра, по якому буде будуватись масив (рис. 5.30).

Після завдання всіх параметрів зображення кругового масиву болтового з'єднання з'явиться в робочому полі збірки. Якщо все правильно, треба завершити побудову масиву натиснувши ОК .

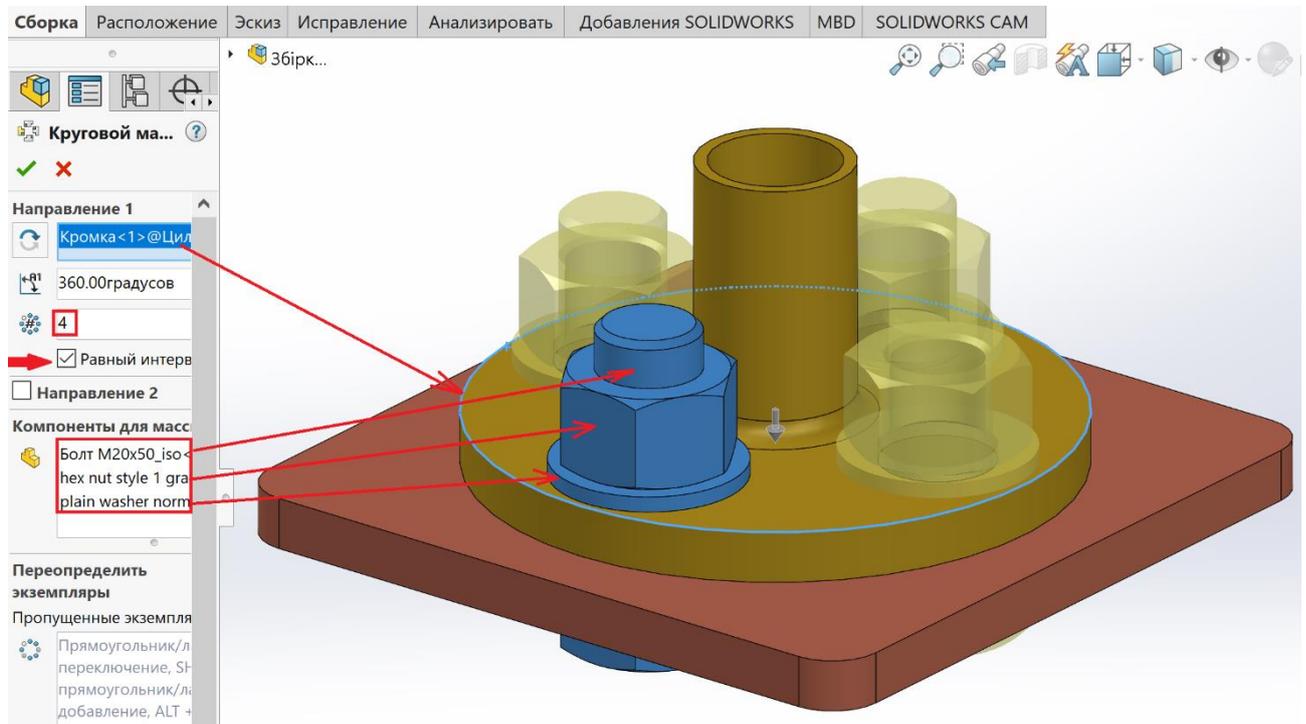


Рисунок 5.30 – Круговой массив болтового з’єднання

Збірку побудовано. Натискаємо *Зберегти* .

В другій частині завдання потрібно створити кресленик з видами, фронтальним розрізом, аксонометричним зображенням, нанести розміри на складальному кресленнику згідно стандарту. Зверніть увагу на правила нанесення розмірів на складальному кресленнику. Оскільки на складальному кресленнику не потрібно наносити всі розміри необхідні для виготовлення деталі, тому в даному випадку не можна використовувати інструмент *Елементи моделі*  для автоматичного нанесення розмірів.

На складальному кресленнику проставляють такі розміри:

- *габаритні розміри*, що характеризують висоту, довжину і ширину виробу або його найбільший діаметр;
- *монтажні (складальні) розміри*, що потрібні для правильного з’єднання між собою деталей, розташованих у безпосередньому зв’язку у виробі;
- *встановлювальні та приєднувальні розміри*, що визначають розміри елементів, за якими виріб встановлюють на місце його монтажу або приєднують до іншого виробу, наприклад, відстань між осями отворів у фланцях, між осями під фундаментні болти, розміри центрових кіл отворів тощо;

– експлуатаційні (виробничі) розміри, які характеризують граничні положення рухомих частин виробу, або вказують на розрахункову та конструктивну характеристику виробу.

Побудова видів, розрізів, аксонометричного зображення розглядалась в попередніх графічних роботах.

Оскільки побудована складальна одиниця проєкціюється в вигляді симетричної фігури, то рекомендується поєднати половину виду з половиною відповідного розрізу. При виконанні розрізу на складальному кресленнику треба пам'ятати, що кріпильні вироби (болти, гайки, шайби, шпильки, гвинти) показують нерозсіченими. При зображенні розрізів на складальному кресленнику виконується штрихування деталей в залежності від матеріалу їх виготовлення. Штрихування в розрізі однієї і тієї ж деталі на всіх зображеннях повинно бути однаковим, мати кут нахилу 45° до лінії рамки кресленника й однакову відстань між лініями штрихування. Суміжні деталі штрихуються з протилежним нахилом вліво або вправо.

На складальному кресленнику треба проставити позиції для специфікації.

Специфікація – це текстовий конструкторський документ, який визначає зміст складальної одиниці.

Для нанесення позицій для специфікації на вкладці **Примітка** активуємо інструмент **Авто-позиція** (рис. 5.31).

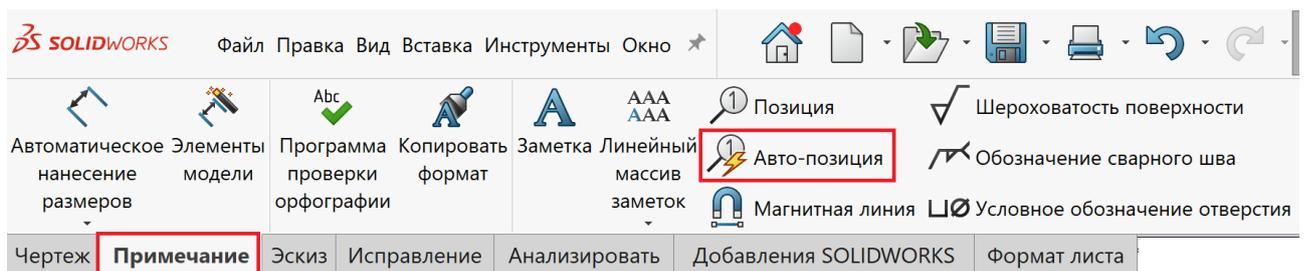


Рисунок 5.31 – Авто-позиція для специфікації

Активується **Менеджер властивостей** де потрібно налаштувати параметри розташування позицій та їх оформлення (рис. 5.32)

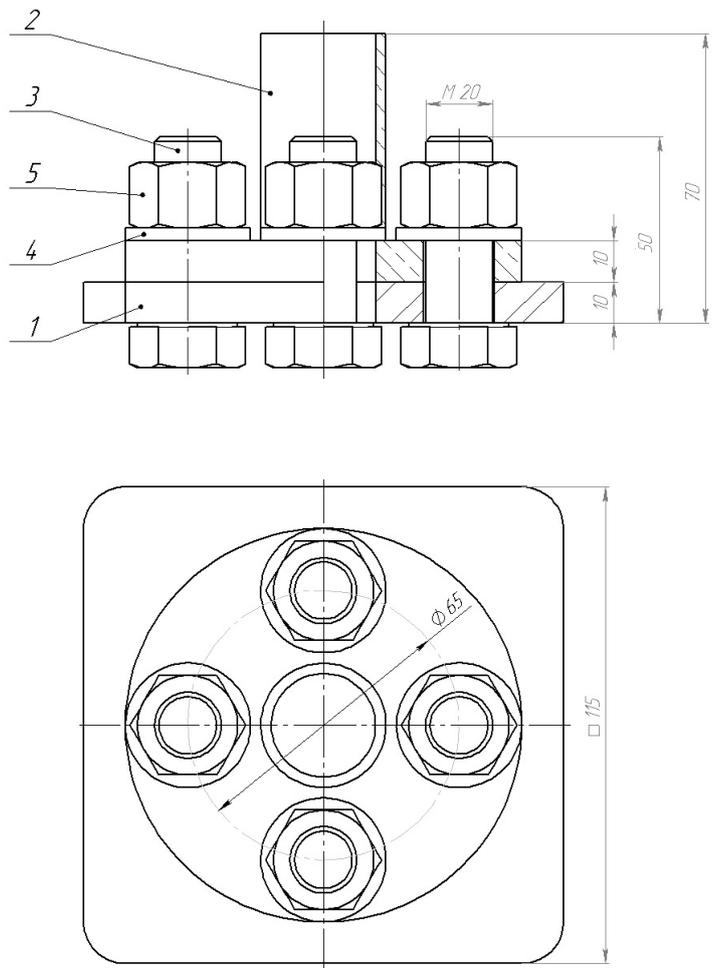
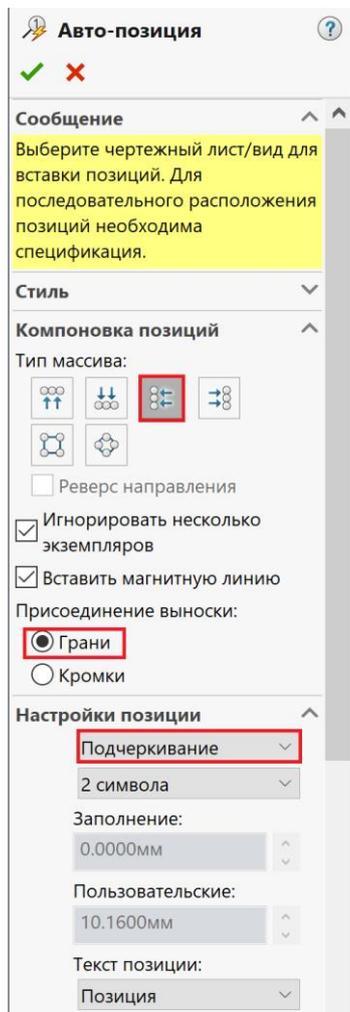


Рисунок 5.32 – Нанесення позицій для специфікації

Далі створюємо специфікацію **Вставка > Таблиці > Специфікація** (рис. 5.33). Вказуємо на вид спереду й розміщуємо над основним написом.

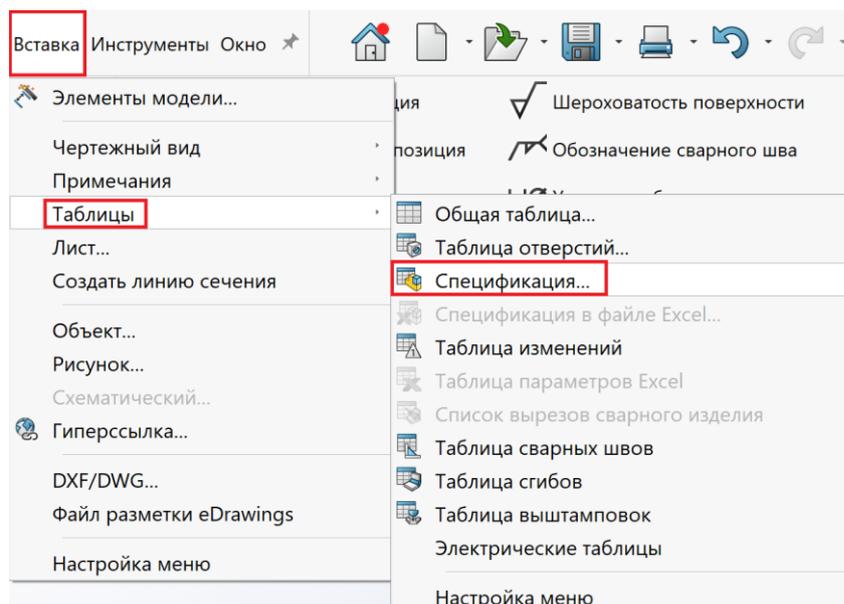


Рисунок 5.33 – Створення специфікації

Оформлюємо специфікацію за зразком (рис. 5.34).

Дані до виконання графічної роботи наведено в табл. 5.

Рекомендовано використання літератури для самостійної роботи [1, 9, 10].

Завдання для самостійної роботи

Таблиця 5 – Дані до виконання графічної роботи № 5

№ вар	З'єднання болтом						Матеріал	
	d	D1	D2	A	Гайка	Шайба	Основа	Циліндр
1.	11	75	50	100	ISO-4032	ISO 7089-A	Мідь	Латунь
2.	13	80	55	100	ISO-4033	ISO 7091-C		
3.	11	75	50	100	ISO-4034 C	ISO 7089-A		
4.	17	95	65	115	ISO-4032	ISO 7091-C		
5.	22	110	70	130	ISO-4033	ISO 7089-A		
6.	11	75	50	100	ISO-4034 C	ISO 7091-C		
7.	8,8	65	45	100	ISO-4032	ISO 7089-A		
8.	17	95	65	115	ISO-4033	ISO 7091-C		
9.	22	110	70	130	ISO-4034 C	ISO 7089-A		
10.	11	75	50	100	ISO-4032	ISO 7091-C		
11.	22	110	70	130	ISO-4033	ISO 7089-A	Оцинкована сталь	Алюмінієва бронза
12.	17	95	65	115	ISO-4034 C	ISO 7091-C		
13.	22	110	70	130	ISO-4032	ISO 7089-A		
14.	13	85	55	110	ISO-4033	ISO 7091-C		
15.	13	85	55	110	ISO-4034 C	ISO 7089-A		
16.	11	75	50	100	ISO-4032	ISO 7091-C		
17.	13	85	55	110	ISO-4033	ISO 7089-A		
18.	11	75	50	100	ISO-4034 C	ISO 7091-C		
19.	22	110	70	130	ISO-4032	ISO 7089-A		
20.	13	85	55	110	ISO-4033	ISO 7091-C		
21.	11	75	50	100	ISO-4034 C	ISO 7089-A	Легована сталь	Нержавіюча сталь
22.	8,8	65	45	100	ISO-4032	ISO 7091-C		
23.	17	95	65	115	ISO-4033	ISO 7089-A		
24.	22	110	70	130	ISO-4034 C	ISO 7091-C		
25.	11	75	50	100	ISO-4032	ISO 7091-C		
26.	22	110	70	130	ISO-4033	ISO 7089-A		
27.	17	95	65	115	ISO-4034 C	ISO 7089-A		
28.	22	110	70	130	ISO-4032	ISO 7091-C		
29.	17	95	65	115	ISO-4033	ISO 7089-A		
30.	13	85	55	110	ISO-4034 C	ISO 7091-C		

Зразок оформлення графічної роботи №5 наведено на рис. 5.34.

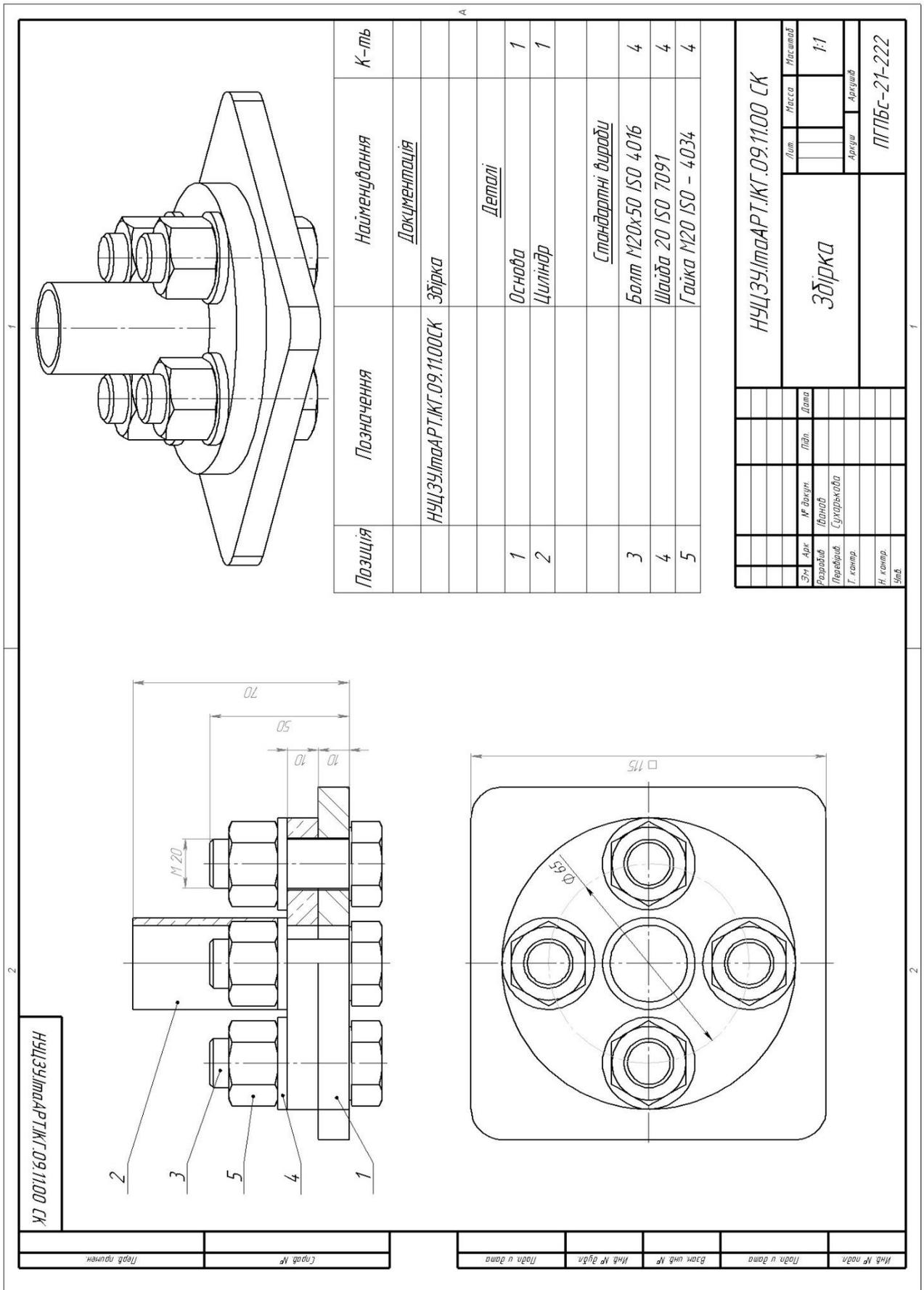


Рисунок 5.34 – Зразок оформлення графічної роботи №5

Графічна робота № 6

ПОБУДОВА ХВОСТОВИКУ

Мета роботи: засвоєння прийомів побудови деталі за допомогою елемента «Повернена бобишка/основа», використання команди ескізу «Лінійний масив ескізу», використання інструменту «Круговий масив елементів», підготовка деталі до 3D друку, друкування моделі на 3D принтері.

Графічне завдання:

1. побудувати за заданим варіантом 3D модель хвостовику;
2. зберегти в STL форматі;
3. підготувати модель до друку на 3D принтері.

Завдання до графічної роботи наведено на рис. 6.1, 6.2. В табл. 6 наведено дані для виконання графічної роботи згідно варіанту.

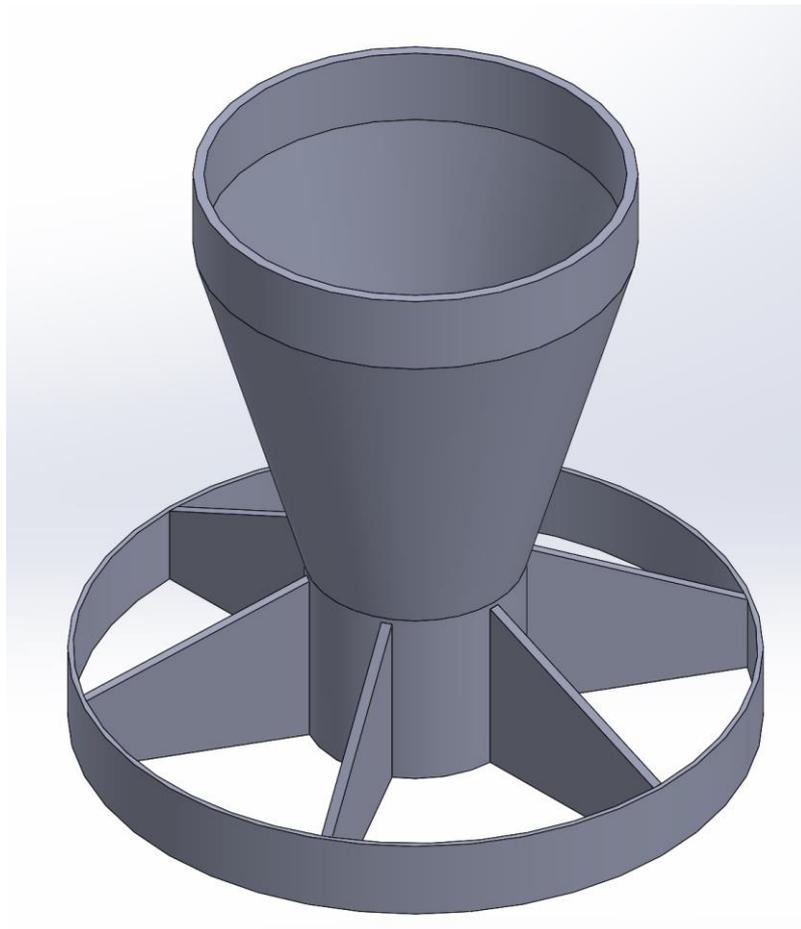


Рисунок 6.1 – 3D модель хвостовика

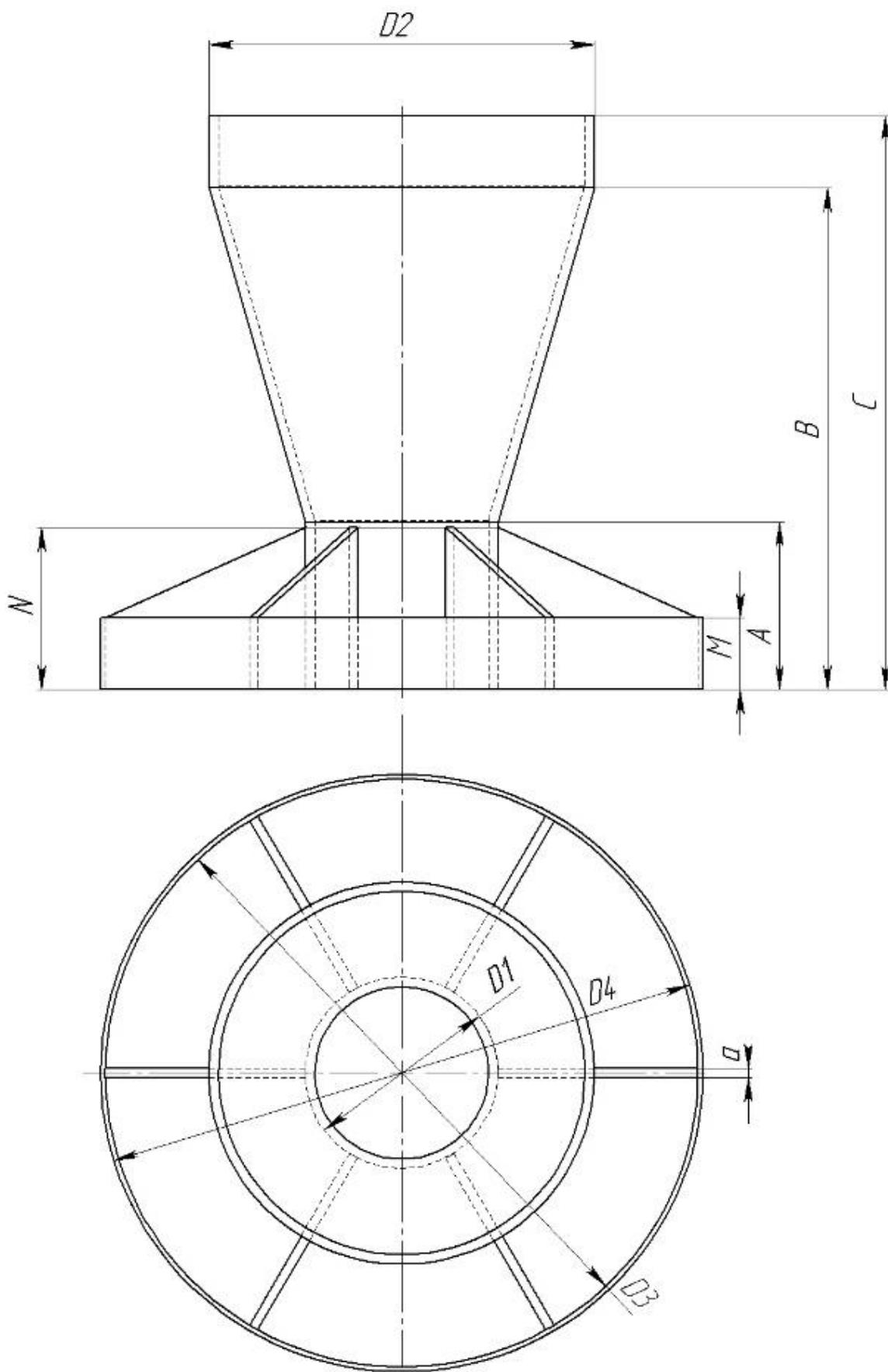


Рисунок 6.2 – Завдання до графічної роботи

ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ

Запускаємо програму SolidWorks. **Файл > Створити > Деталь**. Щоб уникнути ситуації втрати даних, треба одразу виконати збереження цього файлу.

Перед початком побудови 3D моделі необхідно проаналізувати завдання. Цю деталь можна побудувати кількома способами. Оскільки деталь складається з поверхонь обертання (циліндрів, конуса) – будемо будувати використовуючи елемент «Повернена бобишка/основа».

Обираємо площину спереду й заходимо до ескізу. Для застосування елемента «Повернена бобишка/основа» в ескізі обов'язково треба побудувати ось симетрії, прив'язавши її до початкової точки. Далі побудувати контур деталі з одного боку від осі симетрії, накладаючи всі необхідні взаємозв'язки для повного визначення ескізу (рис. 6.3 а). Якщо після нанесення розмірів, ескіз залишається невизначеним, скоріш за все не було накладено взаємозв'язок горизонтальність для початкової точки і першої точки ескізу (рис. 6.3 б).

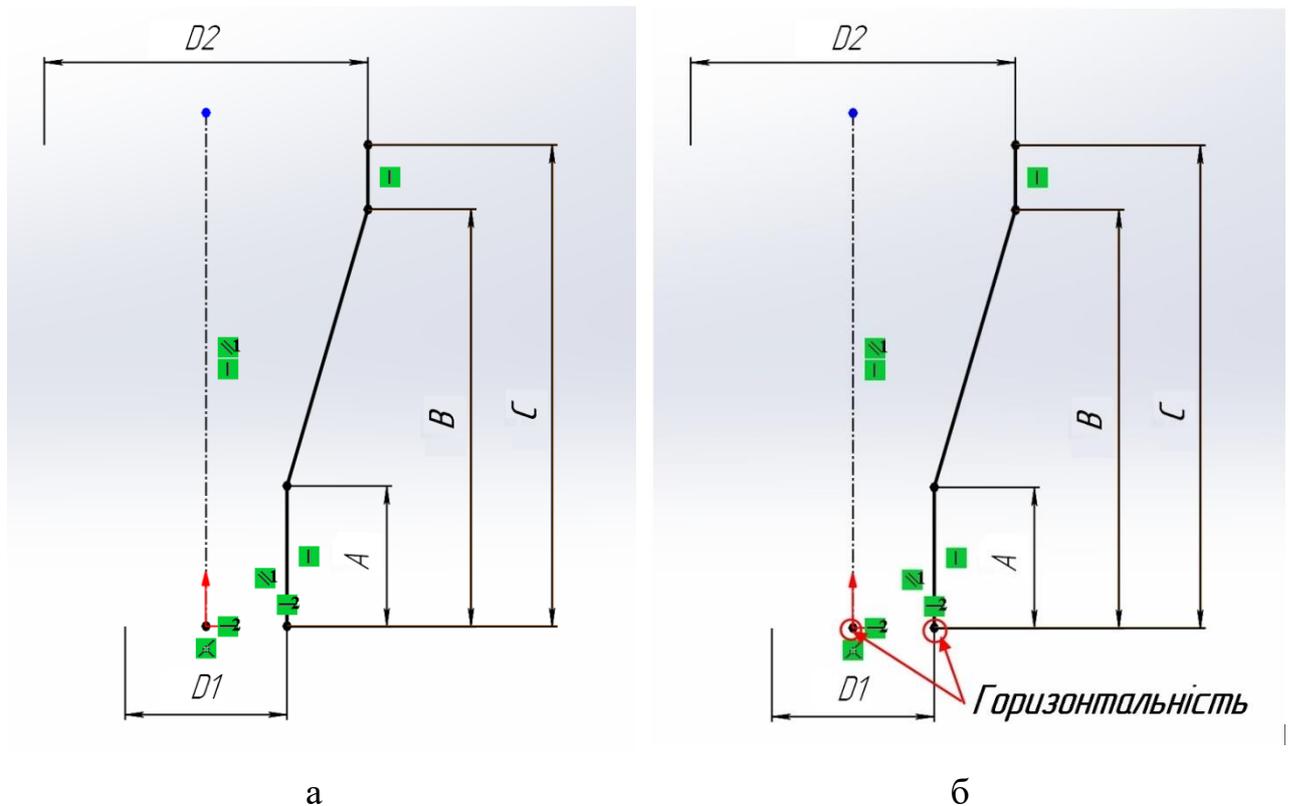


Рисунок 6.3 – Побудова ескізу, накладення взаємозв'язків

Для прискорення побудови деталі, в цьому ж ескізі, будемо одразу контур внутрішнього отвору. Для цього можна використати команду «Лінійний масив ескізу» (рис. 6.4).

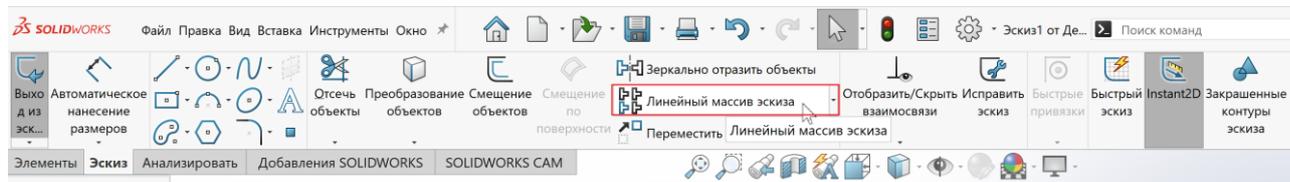


Рисунок 6.4 – Лінійний масив ескізу

Після виклику цієї команди активується Менеджер властивостей, де треба задати необхідні параметри (рис. 6.5), а саме:

- напрямок: має бути вказана Ось X;
- інтервал: вказати відстань від побудованого контуру, що дорівнює параметру «*a*» з таблиці варіантів (табл. 6);
- кількість екземплярів: вказати 2;
- об'єкти в масив: вказати лівою кнопкою миші на попередньо побудований контур.

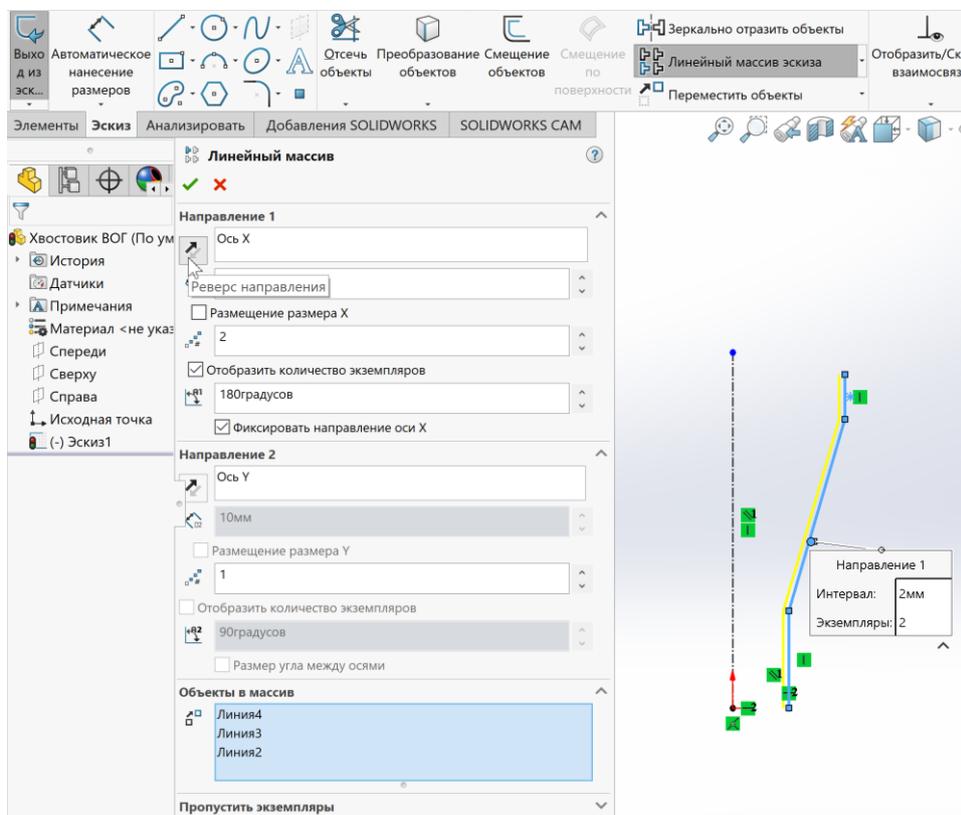


Рисунок 6.5 – Завдання параметрів лінійного масиву

В графічній області з'явиться ще один контур жовтого кольору. Він повинен бути побудованим ліворуч від попереднього контуру. Якщо він будується праворуч, то в Менеджері властивостей треба натиснути «**Реверс напрямку**» .

Завершуємо побудову лінійного масиву ескізу натиснувши кнопку ОК . Побудований контур має бути замкненим, тому треба з'єднати його за допомогою «Лінії»  зверху та знизу. Нанести розмір товщини стінки. Перевірити ескіз на визначеність (рис. 6.6).

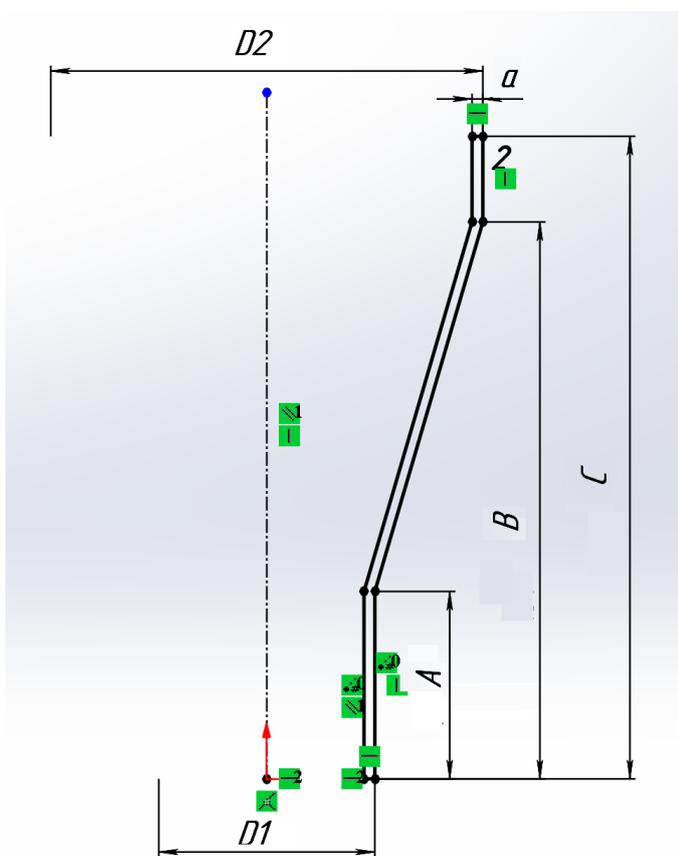


Рисунок 6.6 – Побудований ескіз контуру деталі

В цьому же ескізі треба побудувати ще один контур (рис. 6.7). Для визначеності ескізу треба задати умову колінеарності для двох відрізків (рис. 6.7) та проставити розміри.

Побудову першого ескізу закінчено. Виходимо з нього .

В диспетчері команд Елементи обираємо «Повернена бобишка/Основа»  (рис. 6.8).

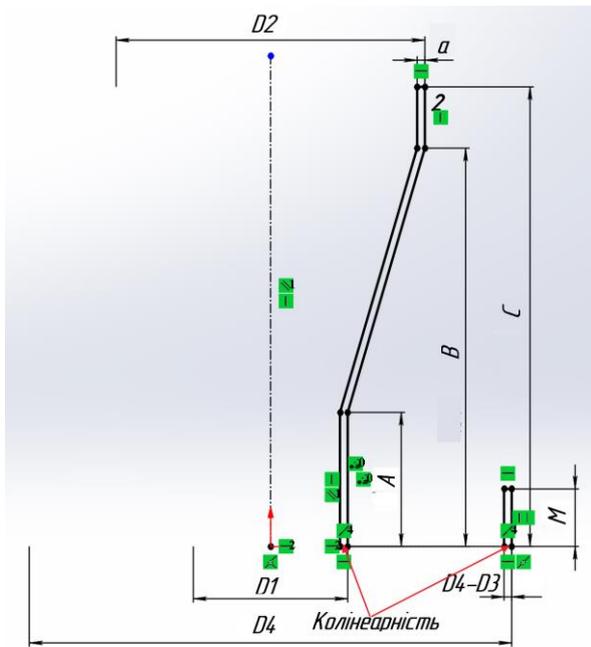


Рисунок 6.7 – Умова Колінеарність

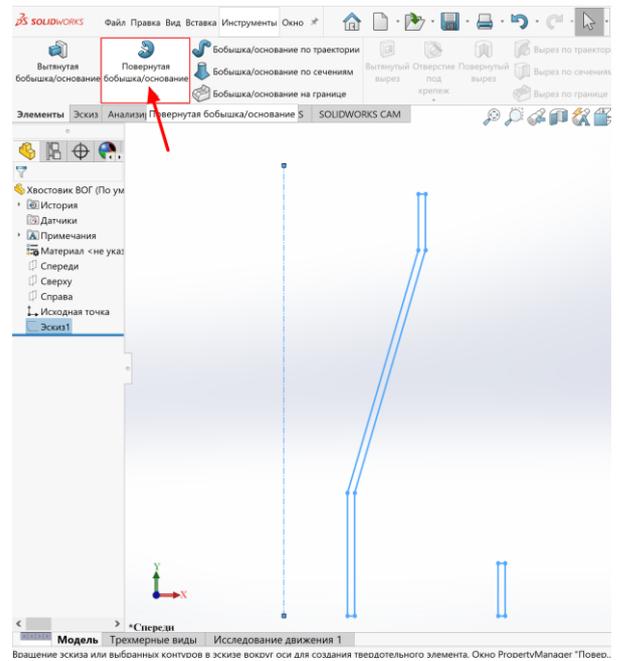


Рисунок 6.8 – Повернена бобишка

Створюємо елемент натиснувши ОК (рис. 6.9).

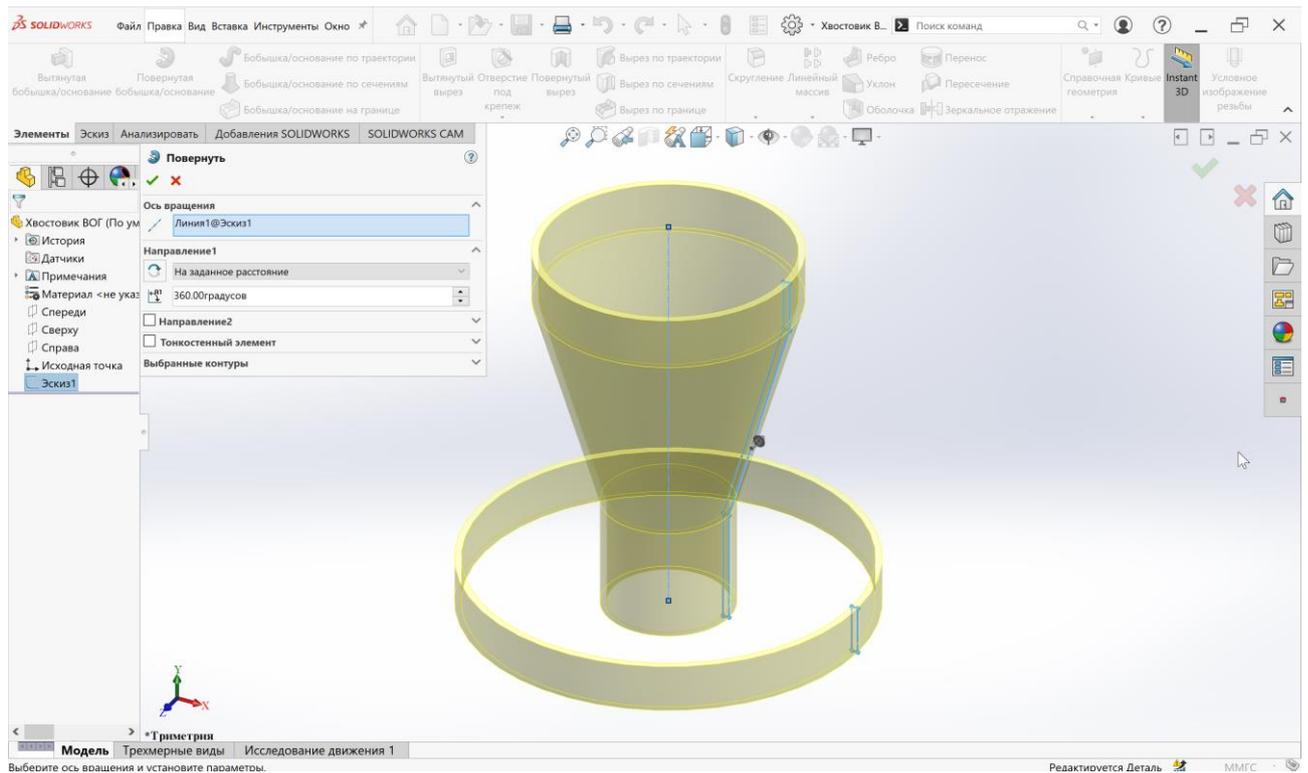


Рисунок 6.9 – Побудова елемента Повернена бобишка

Переходимо до побудови наступного елемента деталі. Обираємо площину зверху, переходимо до ескізу. Будуємо ескіз (рис. 6.10). В ескізі будуємо

горизонтально ось симетрії з початкової точки для подальшого накладання взаємозв'язку «Симетричність».

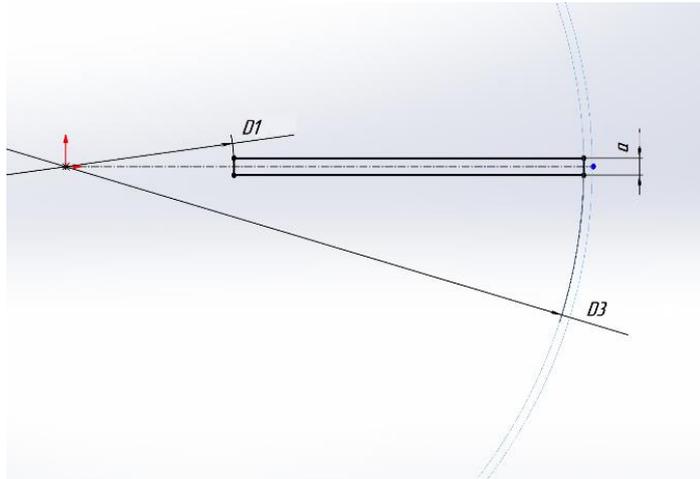


Рисунок 6.10 – Побудова ескізу

Виходимо з ескізу . Обираємо елемент «Витягнута бобишка/основа» (рис. 6.11). В Менеджері властивостей треба задати наступні параметри:

- початкова умова: площина для ескізу;
- напрямок 1: на задану відстань;
- вказати глибину: параметр N з завдання.

Підтверджуємо введення параметрів – ОК .

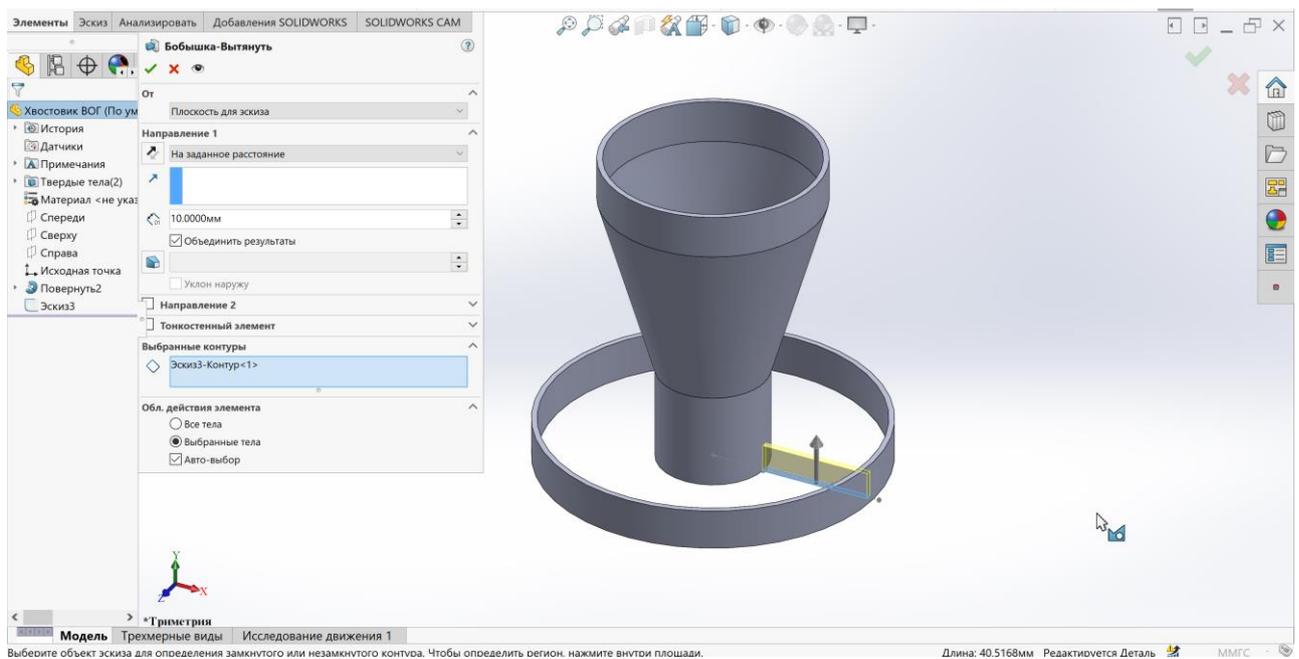


Рисунок 6.11 – Завдання параметрів для елемента Витягнута бобишка

Для побудови наступного ескізу обираємо плоску грань деталі (рис. 6.12). Обрана грань підсвічується синім кольором. В ескізі будуємо контур, який треба вирізати (рис. 6.13). Рекомендовано ввімкнути Тип відображення за замовчуванням  – Невидимі лінії показувати . При побудові ескізу треба прив'язатись до контуру попереднього ескізу, використовуючи взаємозв'язок Збіг.

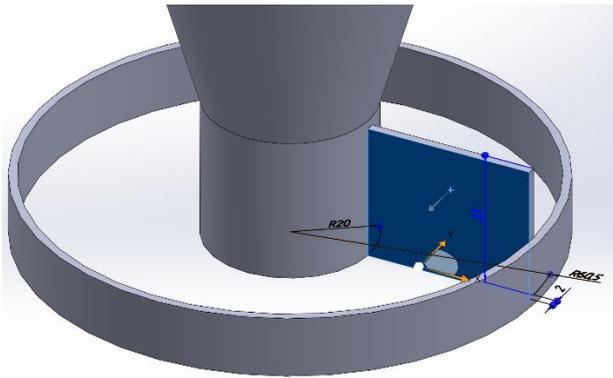


Рисунок 6.12 – Обрана грань

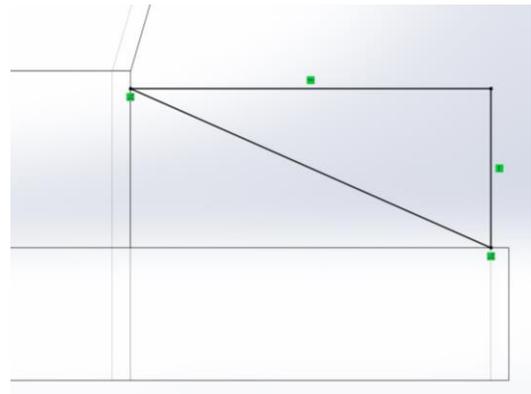


Рисунок 6.13 – Побудова ескізу

Побудувавши ескіз, виходимо з нього. Побудований контур має бути таким, як показано на рис. 6.14.

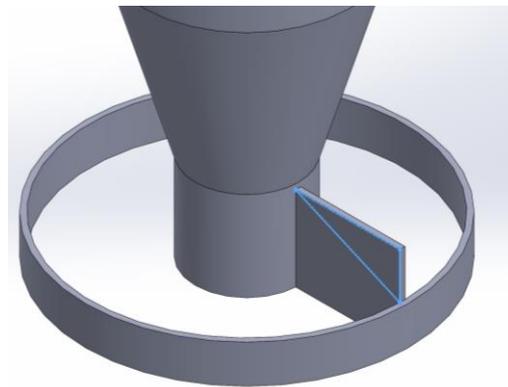


Рисунок 6.14 – Зображення контуру ескізу

Обираємо елемент «Витягнутий виріз» . В менеджері властивостей в поле Напрямок 1 обираємо спосіб «Наскрізь». Підтверджуємо вибір – ОК . Деталь після вирізу буде виглядати як показано на рис. 6.15.



Рисунок 6.15 – Результат побудови

Далі, використовуючи інструмент «Круговий масив» вкладки *Елементи* (рис. 6.16) створюємо необхідну кількість елементів.

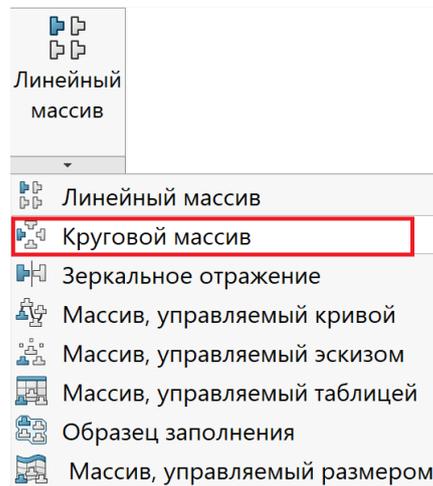


Рисунок 6.16 – Інструмент «Круговий масив»

В Менеджері властивостей треба вказати наступні параметри (рис. 6.17):

- напрямок 1: вказується коло, по якому буде створюватись круговий масив. На рис. 6.17 підсвічено синім кольором;
- рівний крок, тому що елемент розташовується по колу рівномірно;
- сумарний кут 360°;
- кількість екземплярів – вказати 6;
- функції і грані: в цьому полі треба, щоб було вказано 2 елемента, а саме: *Виріз Витягнути* і *Бобишка Витягнути*. Щоб ці елементи з'явилися в цьому полі необхідно клікнути на них в Дереві конструювання.

Для того, щоб бачити як буде виглядати побудований круговий масив, необхідно в Менеджері властивостей ввімкнути *Повний попередній перегляд*. На рис. 6.17 жовтим кольором показано як буде виглядати масив після введення необхідних параметрів. Якщо при попередньому перегляді вас влаштує зображений масив, підтверджуєте створення натиснувши ОК .

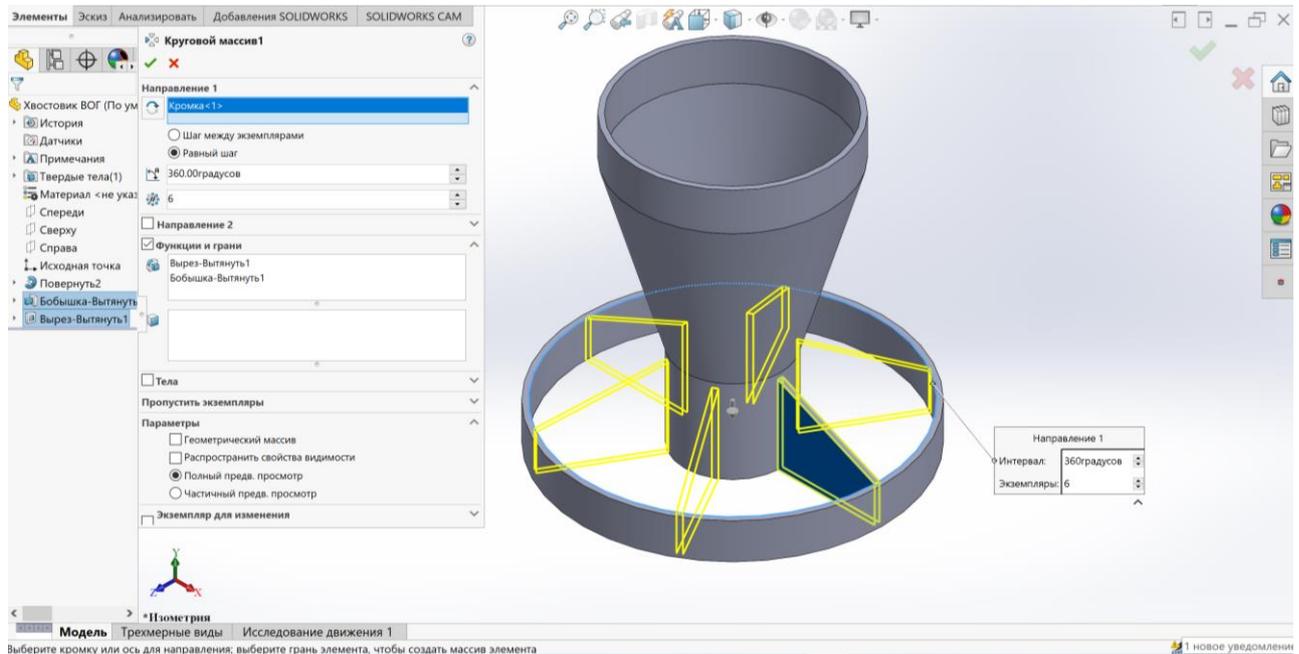


Рисунок 6.17 – Побудова кругового масиву елемента

3D модель деталі побудовано.

На моделі можна зробити напис. Для цього потрібно обрати площину, наприклад Спереду, зайти до нового ескізу. На панелі інструментів «Ескіз» обрати команду «Текст»  (рис. 6.18).

В полі «Текст» в Менеджері властивостей написати необхідний текст (здобувач пише свій оригінальний текст) (рис. 6.19). Виконати налаштування шрифту, а саме: розмір, коефіцієнт ширини, інтервал між символами і т.п. Натиснути ОК .

Далі розмістити текст бажано посередині поверхні, на якій буде розміщено напис, перетягнувши його за крапку біля напису (рис. 6.20).

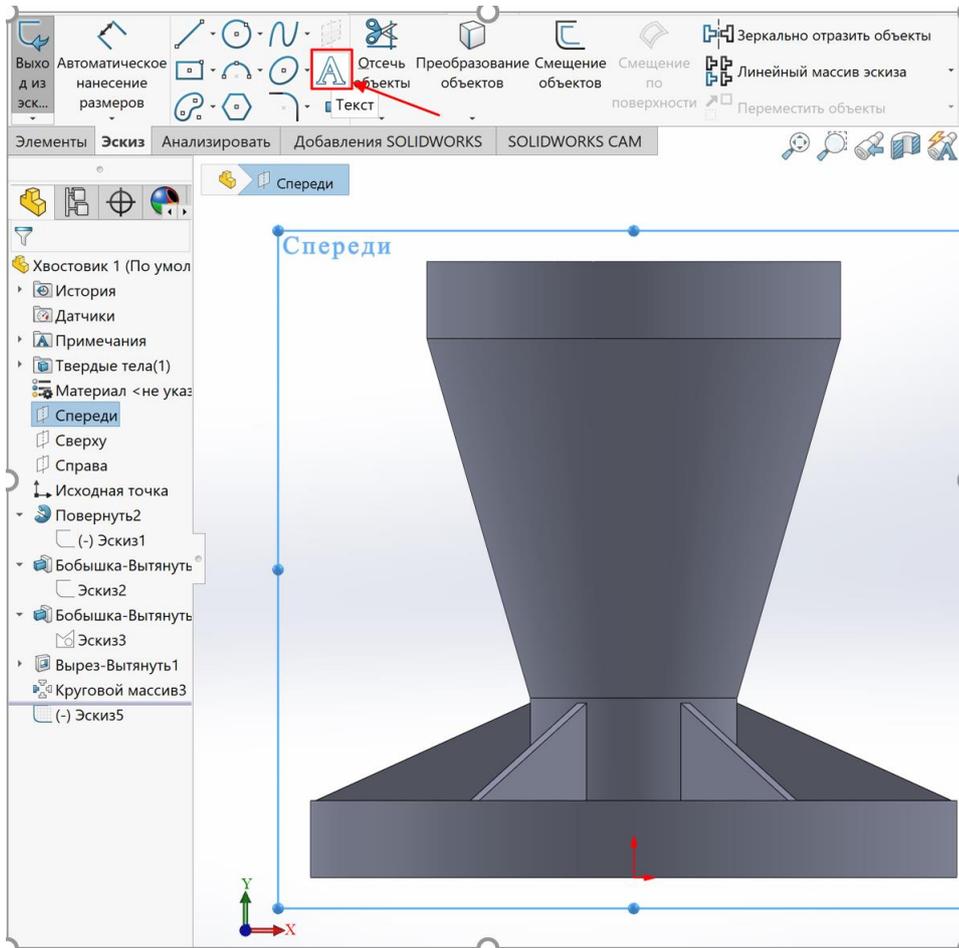


Рисунок 6.18 – Команда Текст

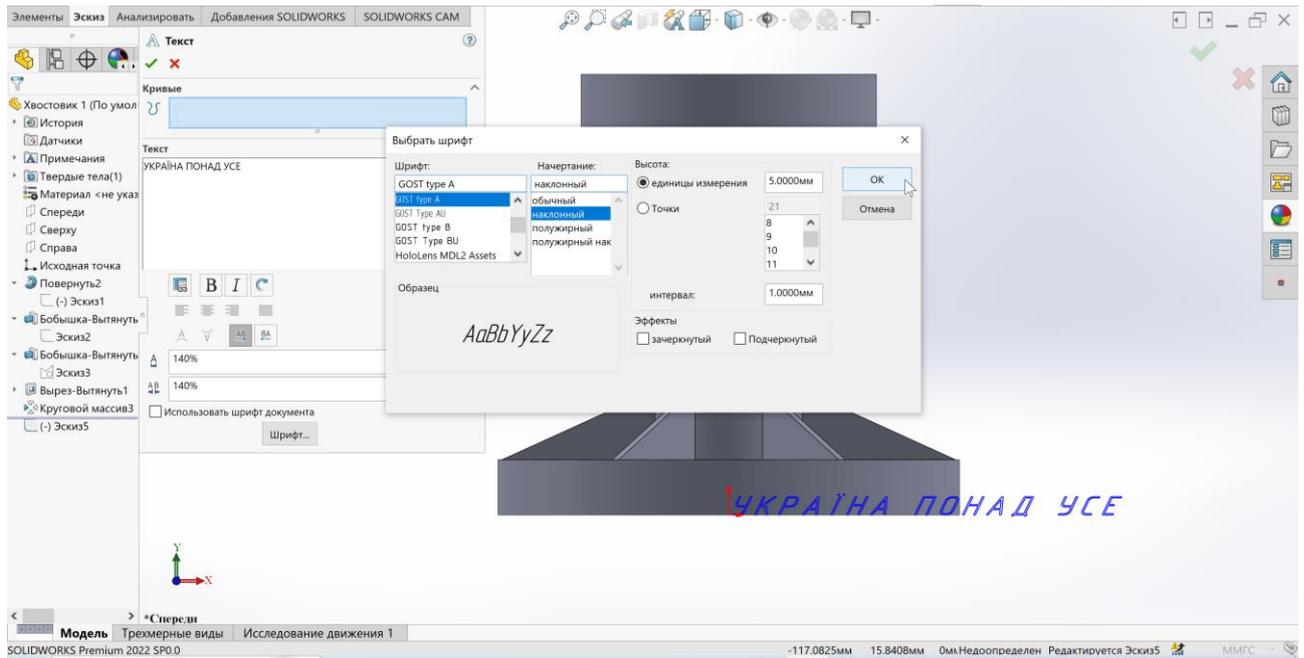


Рисунок 6.19 – Налаштування шрифту



Рисунок 6.20 – Переміщення напису

Вийти з ескизу. Оскільки напис будувався в площині Спереду, то зараз він розміщений саме в цій площині. Для переміщення його на іншу поверхню необхідно на панелі інструментів диспетчера команд «Елементи» обрати «Перенесення»  (рис. 6.21).

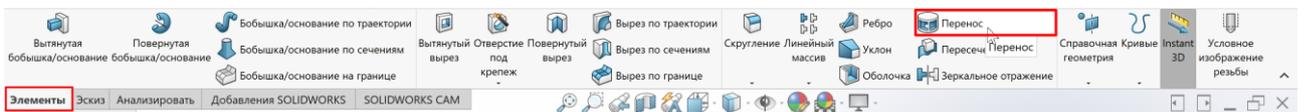


Рисунок 6.21 – Команда Перенесення

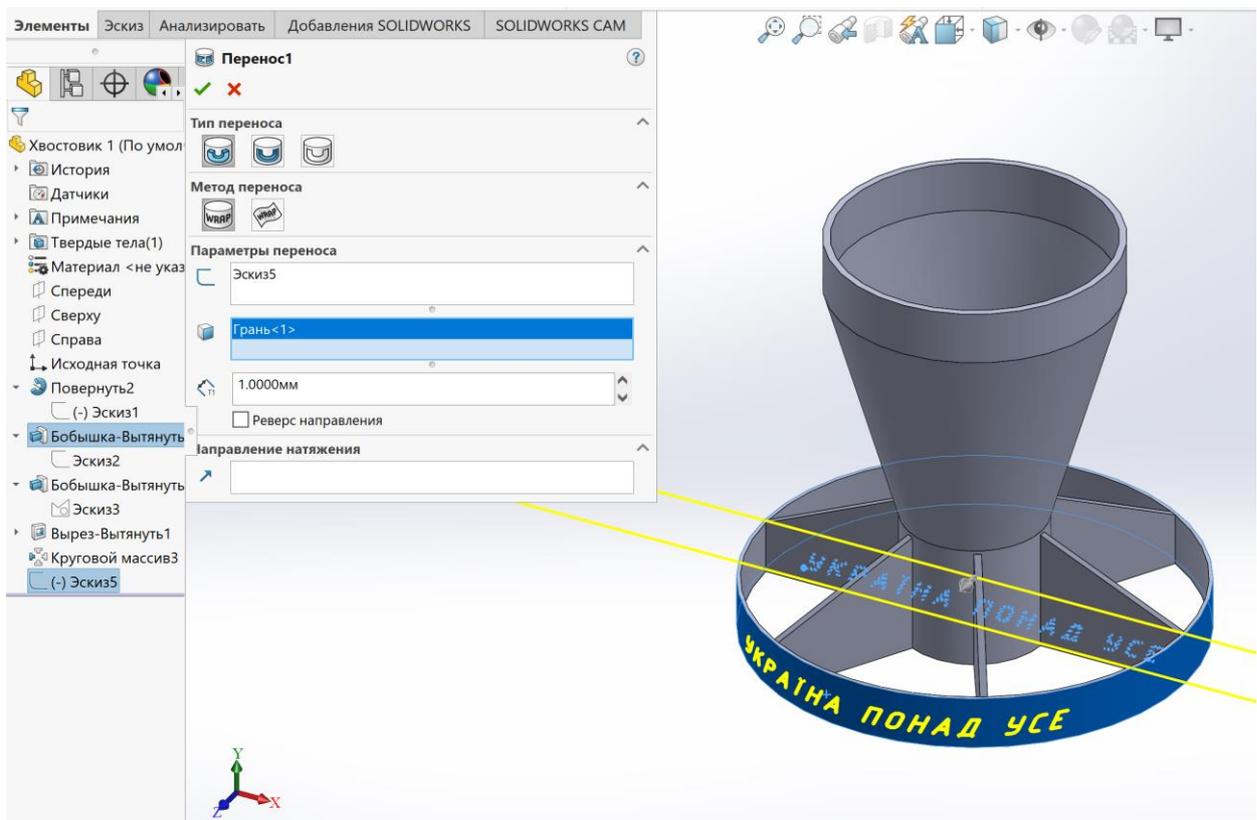


Рисунок 6.22 – Переміщення напису на поверхню деталі

В Менеджері властивостей треба обрати тип переміщення: виступ або виріз, метод переміщення, в параметрах вказати ескіз, в якому виконувався напис та вказати грань для переміщення напису, задати товщину виступу або вирізу (рис. 6.22). За бажанням напис можна зробити кольоровим, використовуючи панель «Вид» – «Редагувати зовнішній вигляд»  (рис. 6.23).

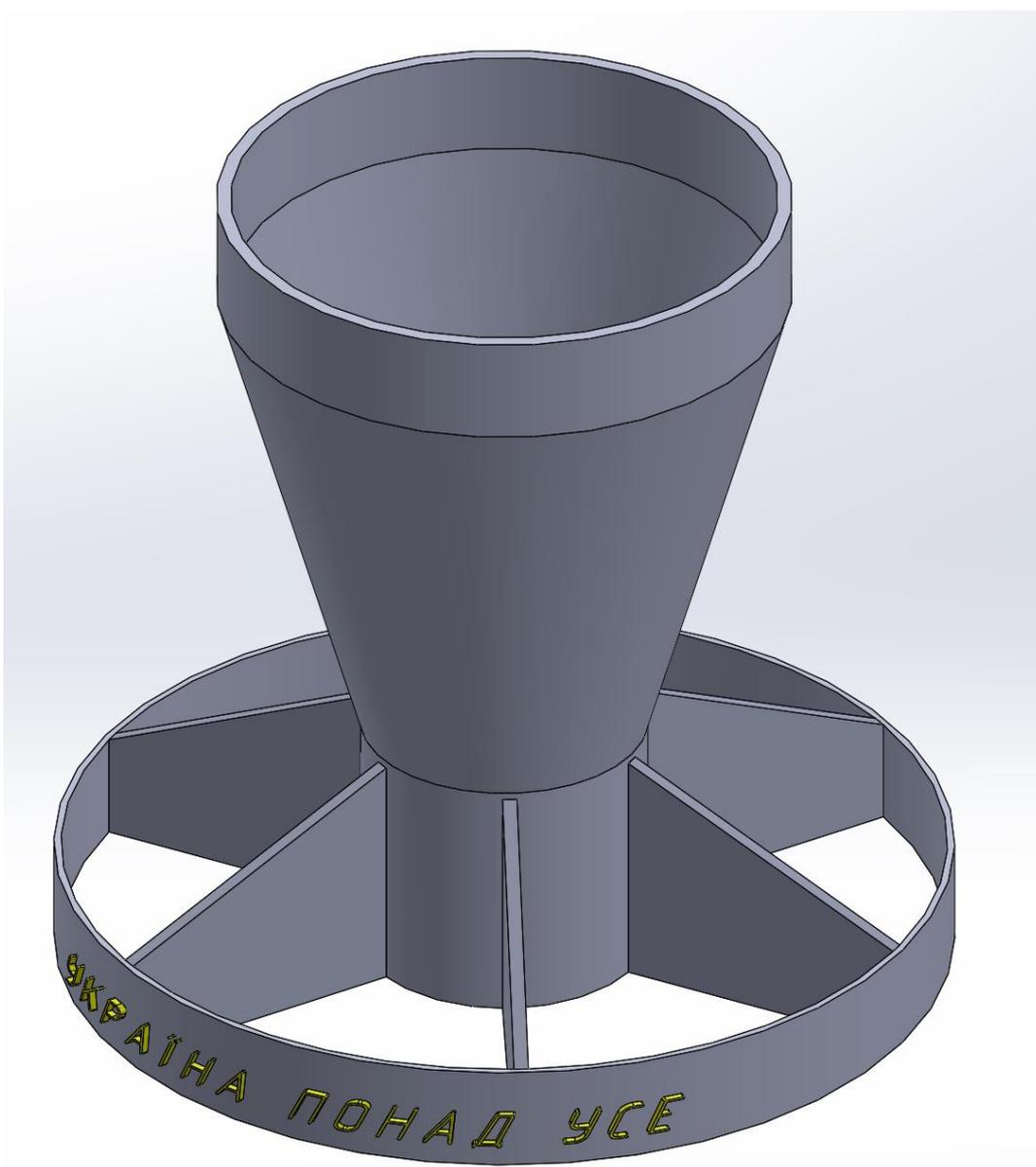


Рисунок 6.23 – Зміна кольору напису

Обов'язково зберегти деталь з розширенням **.sldprt**.

Для 3D друку зберегти файл з розширенням **.stl**.

Дані до виконання графічної роботи наведено в табл. 6.

Рекомендовано використання літератури для самостійної роботи [1-4].

Завдання для самостійної роботи

Таблиця 6 – Дані до виконання графічної роботи №6

№ вар.	D1	D2	D3	D4	A	B	C	M	N	a
1	40	80	123	125	35	105	120	15	33	2
2	35	70	117.5	120	30	100	115	14	28	2.5
3	20	46	60	62	32	84	100	15	30	2
4	22	44	62	64	35	100	120	13	33	2
5	45	85	119.5	122	38	95	110	12	36	2.5
6	38	76	100	102	28	90	105	14	26	2
7	25	50	65	68	35	100	115	17	33	3
8	40	80	122.5	125	30	105	120	15	28	2.5
9	28	50	70	72	33	100	120	15	330	2
10	35	65	117	120	30	95	110	16	28	3
11	25	45	65.5	68	35	92	108	17	33	2.5
12	22	44	62	64	40	105	120	15	37	2
13	40	80	123	125	35	105	120	15	33	2
14	35	70	117.5	120	30	100	115	14	28	2.5
15	20	46	60	62	32	84	100	15	30	2
16	22	44	62	64	35	100	120	13	33	2
17	45	85	119.5	122	38	95	110	12	36	2.5
18	38	76	100	102	28	90	105	14	26	2
19	25	50	65	68	35	100	115	17	33	3
20	40	80	122.5	125	30	105	120	15	28	2.5
21	28	50	70	72	33	100	120	15	330	2
22	35	65	117	120	30	95	110	16	28	3
23	25	45	65.5	68	35	92	108	17	33	2.5
24	22	44	62	64	40	105	120	15	37	2
25	40	80	123	125	35	105	120	15	33	2
26	35	70	117.5	120	30	100	115	14	28	2.5
27	20	46	60	62	32	84	100	15	30	2
28	22	44	62	64	35	100	120	13	33	2
29	45	85	119.5	122	38	95	110	12	36	2.5
30	38	76	100	102	28	90	105	14	26	2

Предметний покажчик

А

Авто-позиція, 89

Б

Бібліотека проектування, 77

В

Вид Зверху, 53

Вид Зліва, 53

Вид Спереду, 33, 53

Вирив деталі, 58, 59, 60, 61

Витягнутий виріз, 50, 51, 100

Відсікти об'єкти, 30, 32

Г

Горизонтальний розріз, 59

Додаток Toolbox, 69, 75

Допоміжна геометрія, 17, 28, 29

Дуга, 18, 22

Е

Елементи, 31, 33, 49, 50, 62, 88, 97,
101, 104

Ескіз, 10, 11, 23, 24, 27, 41, 48, 49,
58, 60, 102

З

Замітка, 62

Збірка, 70, 72, 73, 81, 87

К

Коло, 19, 32

Круговий масив ескізу, 30

Л

Лінія, 17, 28

Н

Налаштування, 6, 10, 102

О

Основний напис, 6, 7, 8, 27, 47

Переріз, 47, 54, 56

Примітка, 62, 89

Проекційний вид, 53

Проріз, 20, 21

Профільний розріз, 60, 61

Прямокутник, 12, 14, 58, 59

Р

Реверс напрямку, 97

Розміри, 11, 62

Розріз, 56

С

Січна грань, 56

Специфікація, 89, 90

У

Умови сполучення, 73

Ф

Фронтальний розріз, 59

Ш

Шаблон, 6, 7, 8, 52

ЛІТЕРАТУРА

1. Комп'ютерна графіка. Навчально-методичний посібник з дисципліни «Інженерна і комп'ютерна графіка». О.І. Сухарькова, Л.М. Куценко, С.Ю. Назаренко, А.Я. Калиновський, Д.І. Савельєв. Харків: НУЦЗУ, 2024. 129 с.
2. Dassault System SolidWorks. URL: <https://help.solidworks.com/>
3. Комп'ютерна графіка: SolidWorks: Навчальний посібник. М.М. Козяр, Ю.В. Фещук, О.В. Парфенюк. Херсон: Олді-плюс, 2018. 252 с.
4. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник. С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с.
5. ДСТУ ISO 128-30:2005 «Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 30. Основні положення про види». [Чинний від 2006-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2006. 8 с.
6. ДСТУ ISO 128-40:2005 Кресленики технічні. Загальні принципи оформлення. Частина 40. Основні положення про розрізи та перерізи (ISO 128-40:2001, IDT). [Чинний від 2007-04-01]. Вид. офіц. Київ, 2007. 6 с.
7. ДСТУ ГОСТ 2.307:2013 Єдина система конструкторської документації. Нанесення розмірів і граничних відхилів). [Чинний від 2014-09-01]. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 39 с.
8. ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи». [Чинний від 2007-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 13 с.
9. Bethune J.D., Brown N. Engineering Design and Graphics with SolidWorks 2023/ J.D. Bethune // Longman (Pearson Education), 2024. 784 p.
10. Randy H. Shih Paul J. Schilling. Parametric Modeling with SOLIDWORKS 2023. SDC Publications, 2023. 614 p.

Навчальне видання

Сухарькова Олена Іванівна

Куценко Леонід Миколайович

Назаренко Сергій Юрійович

Калиновський Андрій Якович

Савельєв Дмитро Ігорович

КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Практикум.