

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

Конструкторські САПР. Параметризоване моделювання в SOLIDWORKS

Навчальний посібник до виконання лабораторних робіт

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Цифрові технології в енергетиці»
спеціальності F3(122) Комп'ютерні науки

Укладачі: І. М. Кузьменко, Ю. М. Камаєв

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2025

УДК 004.94

К89

Укладачі: *Кузьменко Ігор Миколайович*, канд. техн. наук, доц.
Камаєв Юрій Миколайович, канд. техн. наук, доц.

Рецензент *Голінко І.М.*, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри автоматизації енергетичних процесів НН ІАТЕ

Відповідальний редактор *Тарнавський Ю.А.*, канд. фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри цифрових технологій в енергетиці НН ІАТЕ

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 9 від 26.06.2025 р.)
за поданням Вченої ради НН ІАТЕ
(протокол № 12 від 03.06.2025 р.)*

Кузьменко І.М., Камаєв Ю.М.

Конструкторські САПР. Параметризоване моделювання в SOLIDWORKS.[Електронной ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Цифрові технології в енергетиці» спец. F3 (122) Комп'ютерні науки / КПІ ім. Ігоря Сікорського; укладачі: І.М. Кузьменко, Ю.М. Камаєв. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 74 с.

У посібнику викладено лабораторні роботи з використанням САПР SOLIDWORKS. Посібник містить теоретичні відомості та хід виконання робіт. У посібнику наведено приклади, пов'язані з побудовою моделей та збірок, використанням інтерфейсу прикладного програмування, що дозволяє вирішувати задачі інтеграції компонентів САПР SOLIDWORKS. Також наведено завдання до виконання контрольної роботи.

Навчальний посібник призначений для здобувачів ступеня бакалавра зі спеціальності F3 (122) «Комп'ютерні науки». Посібник буде також корисним для фахівців, які самостійно вивчають САПР SOLIDWORKS.

Реєстр. № НП 24/25-591. Обсяг 2,4 авт. арк.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

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

©КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025

Зміст

Вступ.....	5
Лабораторна робота 1. Встановлення ліцензійної версії не нижче SOLIDWORKS 2024.....	7
1.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи.....	7
1.2. Завдання до лабораторної роботи.....	13
1.3. Звіт з роботи.....	14
1.4. Контрольні питання до роботи.....	14
Лабораторна робота 2 Побудова 3D моделі та кресленика.....	16
2.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи.....	16
2.2. Завдання до лабораторної роботи.....	23
2.3. Звіт з роботи.....	27
2.4. Контрольні питання до роботи.....	27
Лабораторна робота 3. Виготовлення збірної 3D моделі з використанням формул.....	30
3.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи.....	30
3.2. Завдання до лабораторної роботи.....	38
3.3. Звіт з роботи.....	41
3.4. Контрольні питання до роботи.....	42
Лабораторна робота 4. Виготовлення збірної моделі з використанням менеджера конфігурацій.....	43
4.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи.....	43
4.2. Завдання до лабораторної роботи.....	48
4.3. Звіт з роботи.....	50
4.4. Контрольні питання до роботи.....	50
Лабораторна робота 5. Побудова VBA макросу в SOLIDWORKS.....	51
5.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи.....	51

5.2. Завдання до лабораторної роботи.....	59
5.3. Звіт з роботи.....	59
5.4. Контрольні питання до роботи.....	60
Лабораторна робота 6. Робота в SOLIDWORKS з використанням Microsoft C#....	61
6.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи.....	61
6.2. Завдання до лабораторної роботи.....	69
6.3. Звіт з роботи.....	69
6.4. Контрольні питання до роботи.....	70
ДОДАТОК А. Модульна контрольна робота.....	71
Перелік джерел посилання.....	74

Вступ

SOLIDWORKS є системою автоматизованого проектування (САПР), яка допомагає виконувати конструкторські та технологічні завдання при розробці виробів будь-якої складності та призначення. Програма працює в операційній системі Windows і створена компанією SOLIDWORKS Corporation, яку заснував Джон Хірштік. У 1997 році вона стала частиною французької компанії Dassault Systèmes.

Розробка SOLIDWORKS почалася у 1993 році, а з 1995 року вона з'явилася на ринку, ставши конкурентом таким відомим продуктам, як AutoCAD, Autodesk Mechanical Desktop, SDRC I-DEAS, Pro/ENGINEER. Це була перша система САПР для Windows, що підтримувала твердотільне моделювання. У своїй роботі SOLIDWORKS використовує ядро Parasolid, яке забезпечує точність і ефективність моделювання.

SOLIDWORKS виконує кілька важливих завдань у процесі розробки та проектування.

Програма дозволяє створювати 3D-моделі різної складності з урахуванням особливостей їх виготовлення. Також вона дозволяє будувати кресленики, конструкторську документацію, будувати збірні 3D-моделі. Крім того, SOLIDWORKS має інструменти для аналізу міцності, стійкості, теплопередачі, динаміки механізмів і проводить експрес-оцінку технологічності на етапі проектування.

Програма допомагає створювати складне обладнання, аналізувати його з точки зору зручності виготовлення та технологічності, оцінювати ефективність виробничих процесів, а також планувати матеріальні витрати.

SOLIDWORKS забезпечує роботу з єдиною цифровою моделлю виробу, автоматизує документообіг, сприяє спільній роботі над проектами, включаючи територіально-розподілені команди, та допомагає зберігати технічну документацію, управляти проектами і захищати дані.

Програмний комплекс SOLIDWORKS складається з трьох основних версій: SOLIDWORKS Standard, SOLIDWORKS Professional і SOLIDWORKS Premium, а також містить додаткові модулі для розширення можливостей.

SOLIDWORKS Motion використовується для моделювання руху механізмів. Він аналізує рух деталей у складі збірки, дозволяючи більш точно налаштувати розрахункові моделі. Це потужний інструмент для імітації динаміки, тоді як базові рівні (що є в SOLIDWORKS Standard) дозволяють лише створювати кінематичні моделі та спрощені симуляції без розрахункових характеристик.

SOLIDWORKS Routing використовується для проектування трубопроводів. Додавання трубопровідної системи в 3D-модель на етапі розробки дозволяє уникнути помилок при монтажі.

Toolbox SOLIDWORKS – це бібліотека стандартних виробів, яка автоматично спрощує їх з'єднання при додаванні в збірку. Також вона підтримує складні операції та значно пришвидшує процес проектування.

Модуль SOLIDWORKS Simulation дозволяє виконувати інженерні розрахунки та аналізувати фізичний вплив навколишнього середовища на модель.

Лабораторна робота 1. Встановлення ліцензійної версії не нижче SOLIDWORKS 2024

Метою роботи є встановлення ліцензійної версії не нижче SOLIDWORKS 2024 для виконання лабораторних робіт та ознайомлення з широкими можливостями ліцензійної версії

1.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи

Системи автоматизованого проектування (computer-aided design – CAD), як проектування за допомогою комп'ютерних систем, використовують для створення, аналізу, оптимізації та модернізації конструкторських проектів. Серед систем автоматизованого проектування SOLIDWORKS позиціонується, як САПР середнього рівня.

Наявність інтерфейсу прикладного програмування (Application Programming Interface - API) в SOLIDWORKS дозволяє вирішувати задачі інтеграції компонентів САПР. API містить функції для роботи з Microsoft Visual Basic, VBA, Microsoft Visual C, C++, .NET. API-функції забезпечують прямий програмний доступ до функціональних можливостей пакету SOLIDWORKS, зокрема і до параметризованого проектування

Для отримання студентської ліцензії SOLIDWORKS проходимо реєстрацію за адресою <https://forms.gle/srGH3H17wR5ydezt5>

Після цього, надішліть на пошту aprodos.kpi@gmail.com лист, в якому вкажіть Ваші дані у вигляді поданому нижче:

- прізвище, ім'я, по батькові,
- студент (або студентка) групи "Код групи",

- кафедра "Повна назва" (Скорочена назва), НН ІАТЕ ім. І. Сікорського,
- e-mail,
- локальна версія (обрати локальна) або мережева версія SOLIDWORKS.

У відповідь надійде лінк на дистрибутив та ключ ліцензії, яка дійсна один рік. Для встановлення ліцензійної версії Solidworks необхідно [1]:

- а) відкрити сторінку <http://www.solidworks.com/SEK>,
- б) ввести свої дані – ім'я, прізвище та електронну пошту, як показано на рисунку 1.1,
- в) у списку вибрати «Student» для студента, або «Teacher» для викладача,
- г) у секції «I already have a Serial Number that starts with 9020» («Я вже маю серійний номер, який починається з цифр 9020») відповісти «Yes» («Так»),

The screenshot shows a registration form with two main sections: 'Contact Information' and 'Product Information'. In the 'Contact Information' section, there are input fields for 'FIRST NAME' (containing 'Dmitri') and 'LAST NAME' (containing 'Lukianov'). Below these is an 'EMAIL' field (containing 'stud@') and a dropdown menu currently set to 'Student'. The 'Product Information' section has a radio button for 'I already have a Serial Number that starts with 9020' set to 'Yes'. To the right, there are three radio buttons for 'SOLIDWORKS Version': '2024 (SP3.1)' (selected), '2023 (SP2.1)', and '2022-2023 (SP3.1)'.

Рисунок 1.1 - Реєстрація нового користувача

- д) у секції «Academic Version» вибрати версію, яка Вам поставлялася (наприклад, «2024 (SP3.1)»),
- е) натиснути кнопку «Request Download»,
- є) на наступній сторінці, яка відкриється, прийняти запропоновані умови, натиснувши кнопку «Accept and Continue»,
- ж) на наступній сторінці, яка відкриється, потрібно почати завантаження інсталятора, натиснувши кнопку «Download»,

- з). запустити завантажений файл,
и) вказати шлях, для розпакування файлів, і натиснути кнопку «Unzip». Підтвердити закінчення розпакування натисканням кнопки «Ок», як показано нижче на рисунку 1.2.

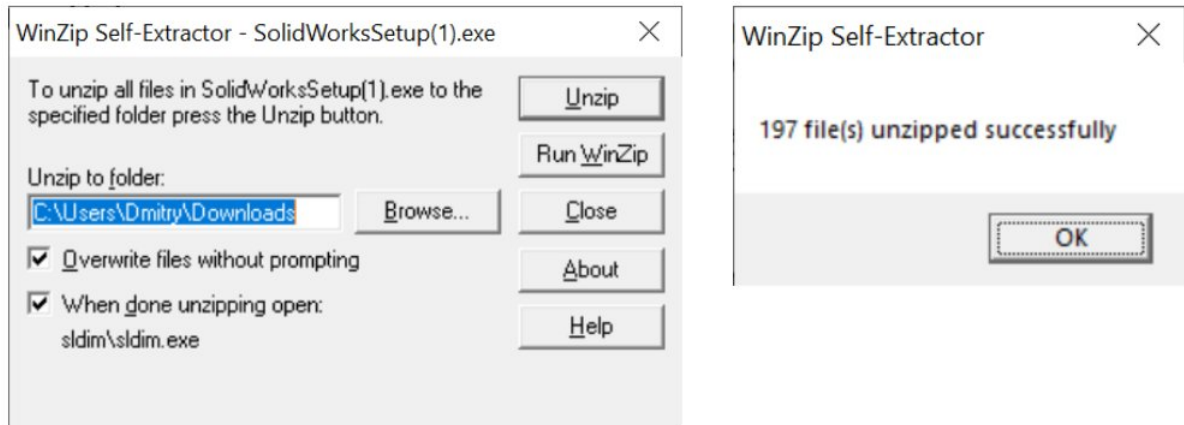


Рисунок 1.2 - Розпакування дистрибутиву

- і) після закінчення кроку 10, автоматично буде запущений інсталятор SOLIDWORKS. Вибрати операцію «Install on this computer», дивись рисунок 1.3.

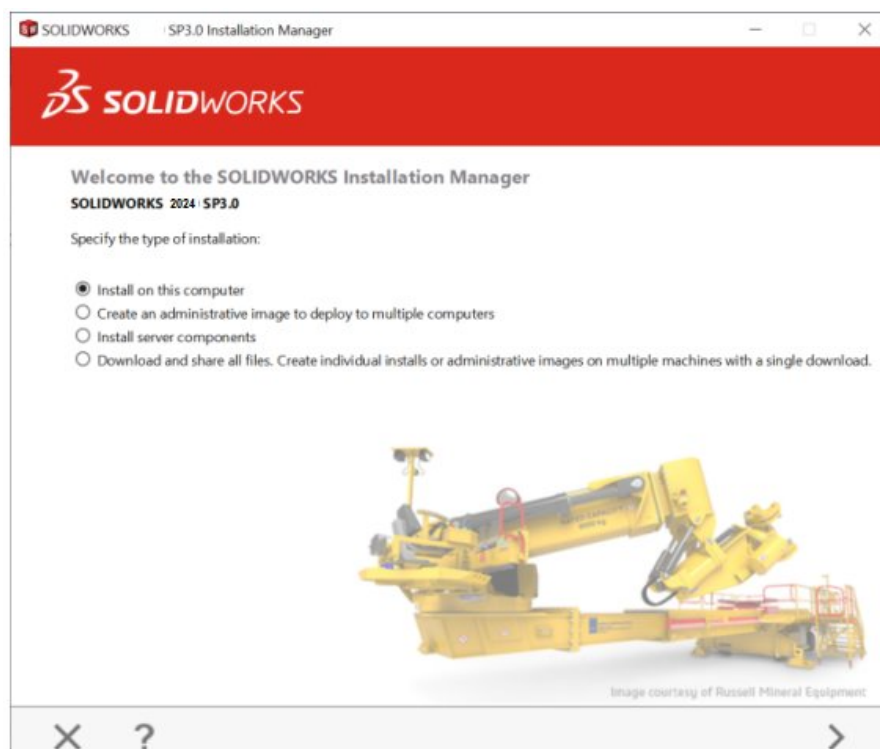


Рисунок 1.3 - Інсталяція SOLIDWORKS

ї) у вікні, що відкрилося, в графі «3D Design» ввести отриманий серійний номер, що починається з цифр «9020», як показано на рисунку 1.4.

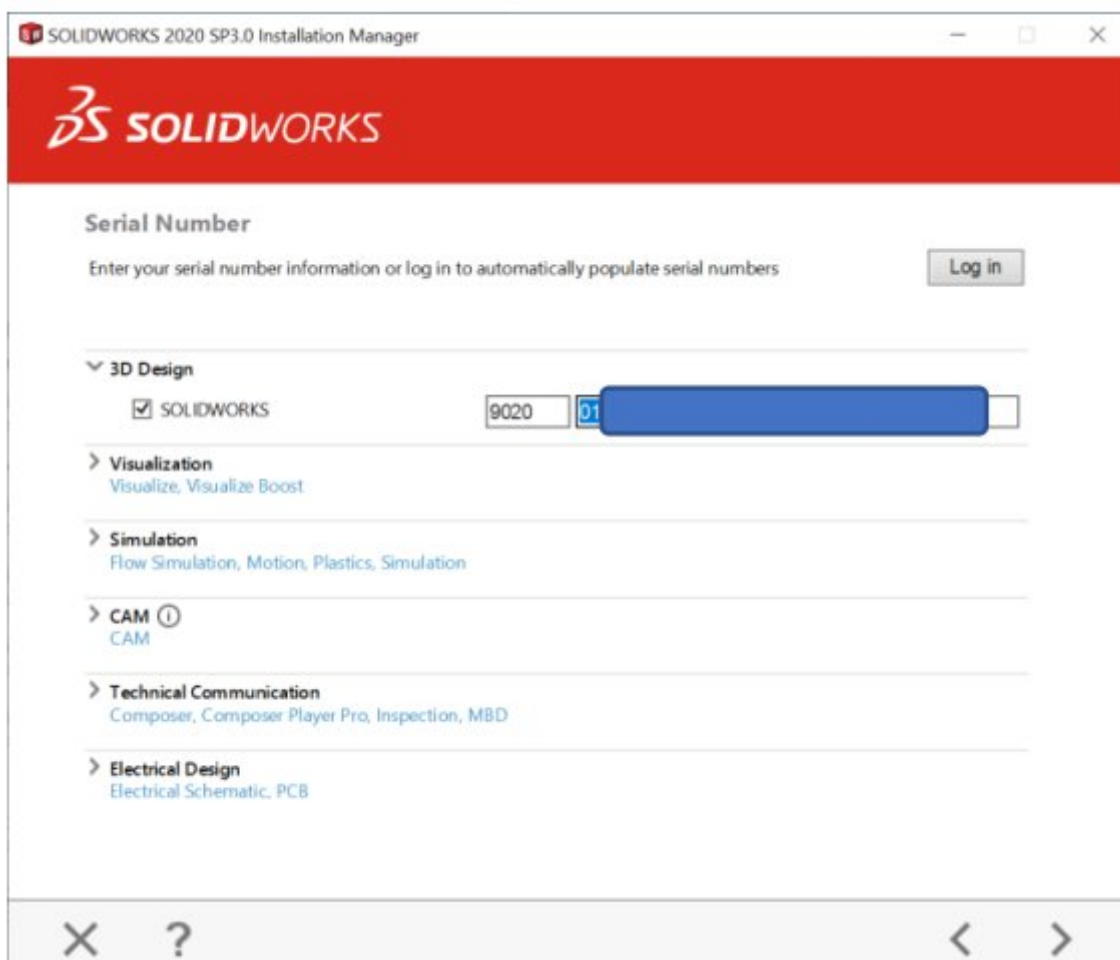
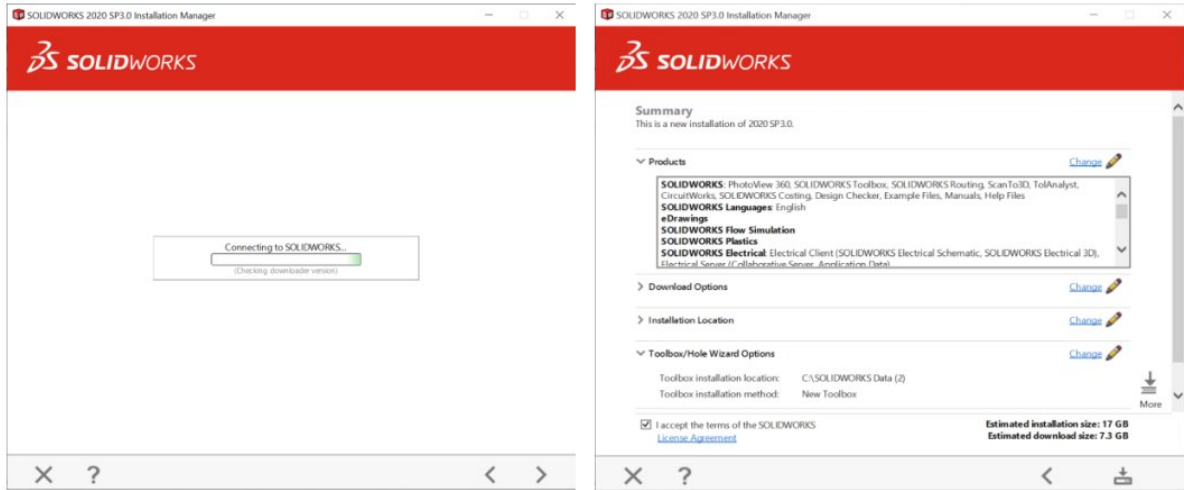


Рисунок 1.4 - Внесення серійного номеру ліцензійної версії

Якщо дані модулі («Visualization», «Simulation», «CAM», і т.д.) купувалися окремо від SOLIDWORKS, то серійний номер в ці графи вноситься (для студентської версії, не вносимо нічого).



й) Інсталятор виконає необхідні для установки перевірки, і відкриє вікно «Summary», в якому необхідно буде підтвердити прийняття умов використання SOLIDWORKS, поставивши прапорець навпроти пункту «I accept the terms of the SOLIDWORKS», і запустити процес установки, натиснувши кнопку «Download and Install». В полі Products бажано зняти прапорець з Solidworks Electrical, та за бажанням вибрати необхідні мови.

Далі збудуємо куб, для прикладу. Для цього створимо новий проект за допомогою File -> New -> Part, рисунок 1.5.

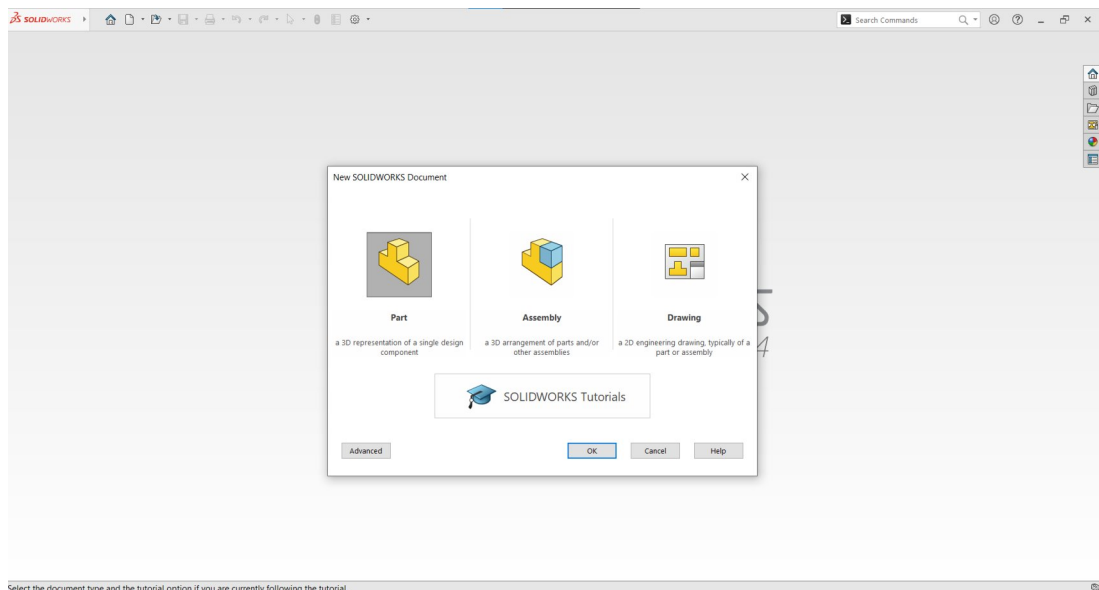


Рисунок 1.5 - Створення нового проекту

Обираємо Top Plane на панелі Feature Manager, рисунок 1.6 та у вкладці Sketch обираємо Corner Rectangle. Отримуємо прямокутник, як ескіз моделі. Обираємо Smart Dimension та вказуємо розміри 30mm та 30mm, рисунок 1.7, далі натискаємо Exit. У вкладці Features обираємо Extruded Boss/Base та у налаштуваннях Depth обираємо 30mm, рисунок 1.10.

Натискаємо на галочку Ассерт та отримуємо модель куба зі стороною 30 мм,
рисунок 1.9

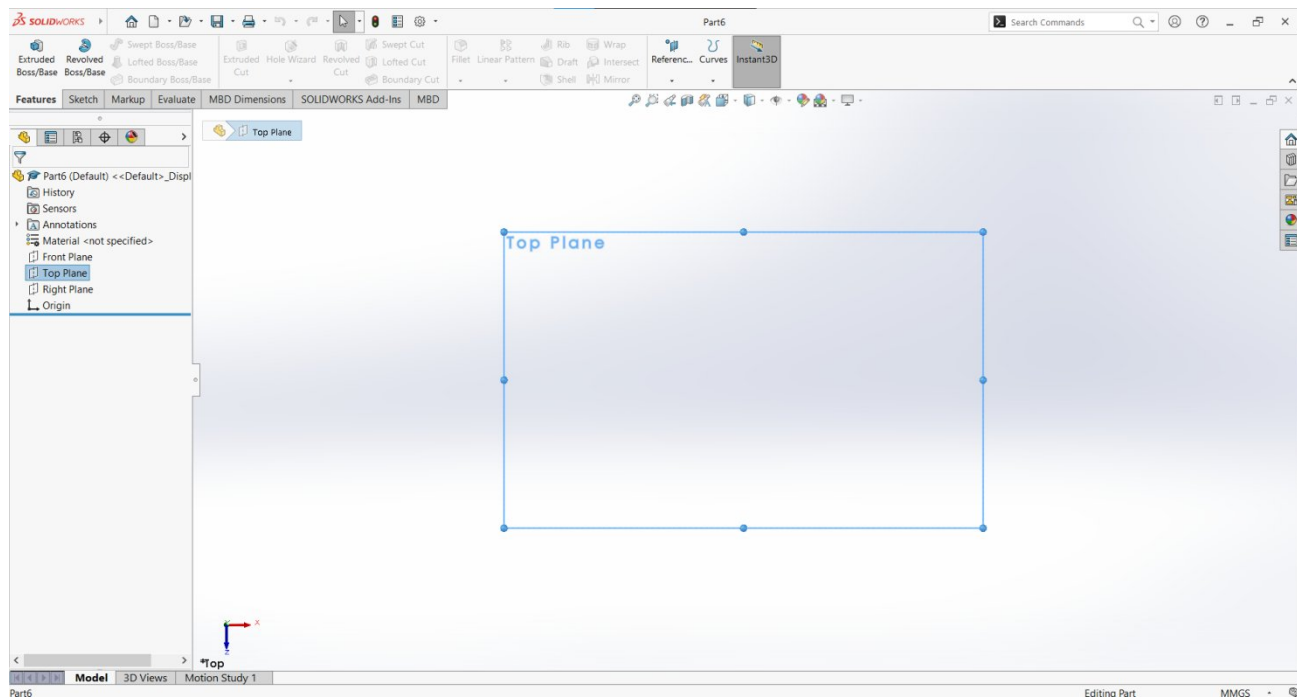


Рисунок 1.6 - Отриманий ескіз моделі

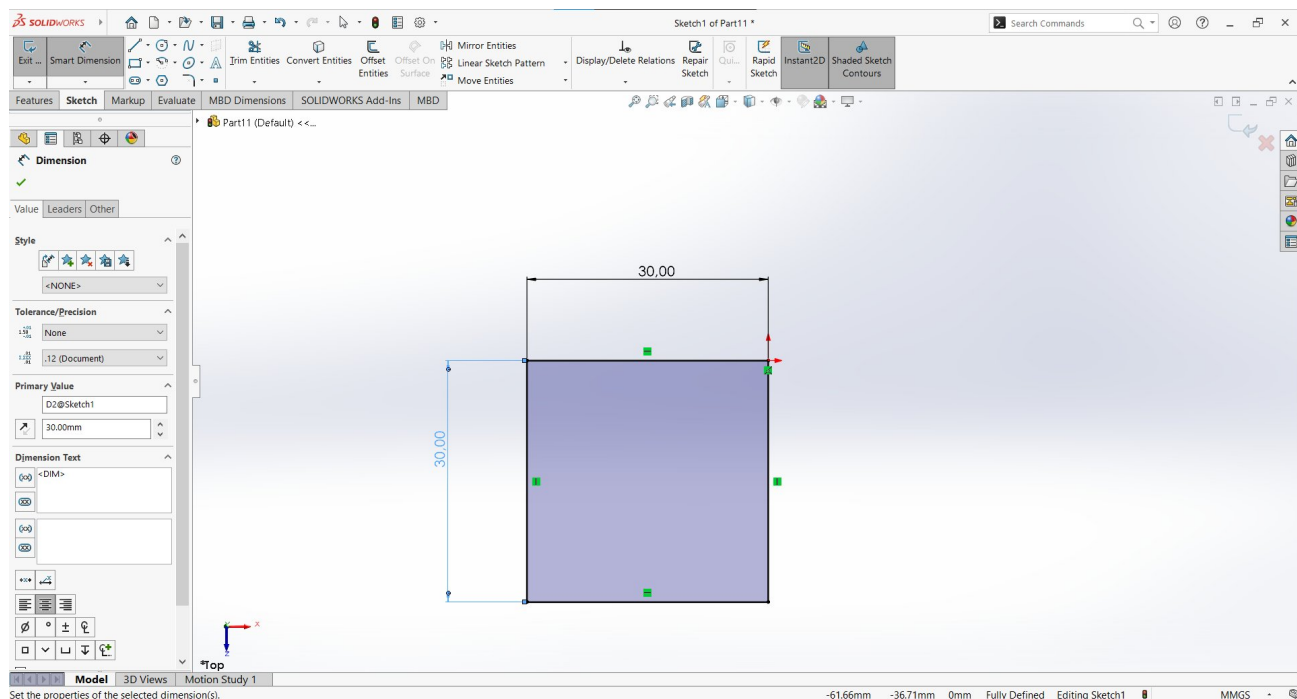


Рисунок 1.7 - Ескіз моделі з розмірами

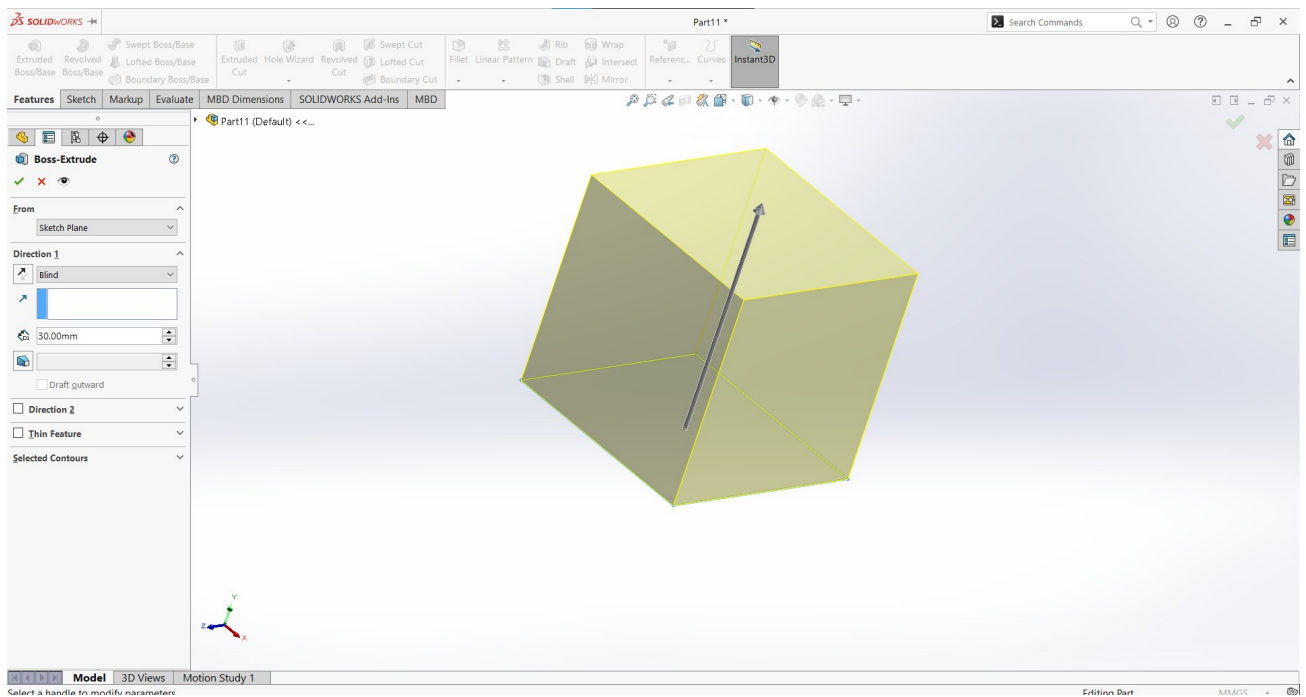


Рисунок 1.8 - Вкладка Features, команда витягнути Extruded Boss

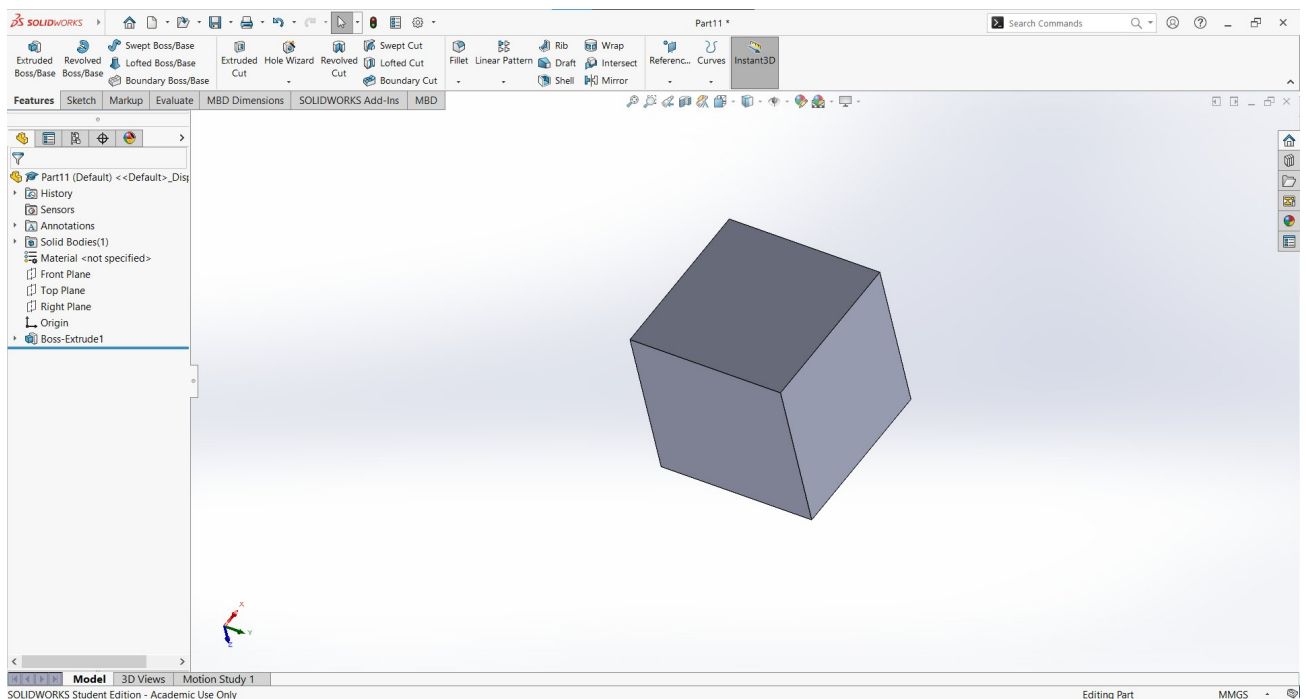


Рисунок 1.9 - Отримана модель

1.2. Завдання до лабораторної роботи

Для зарахування роботи продемонструвати ліцензійний програмний продукт SOLIDWORKS, ознайомитися з можливостями 3DEXPERIENCEplatform

для зареєстрованих користувачів, зробити висновки. Також в середовищі SOLIDWORKS зобразити кубик довільного розміру.

1.3. Звіт з роботи

Для зарахування лабораторної роботи необхідно надати протокол з висновками, що включають можливості 3DEXPERIENCEplatform. А також продемонструвати отриманий файл моделі. Також, як альтернативний спосіб здачі роботи - окрім протоколу, можна надіслати озвучене відео побудови моделі та роботи з платформою з коментарями.

Під час демонстрації файлу, відповісти на контрольні питання та щодо висновків за роботою.

За бажанням студента, за відсутності технічних можливостей, допускається зарахування роботи якщо додатково надіслано відео виконання роботи з коментарями студента та його відображенням, що можна отримати в Zoom, наприклад.

1.4. Контрольні питання до роботи

1. Які основні можливості платформи 3DEXPERIENCE для зареєстрованих користувачів?
2. Які вимоги до оформлення звіту за результатами лабораторної роботи?
3. Яким чином можна виконати побудову 3D-моделі куба в середовищі SOLIDWORKS?
4. Які альтернативні способи вивчення SOLIDWORKS передбачені для зареєстрованих користувачів?

5. Яку роль відіграє ліцензійне програмне забезпечення у виконанні лабораторної роботи?

Лабораторна робота 2 Побудова 3D моделі та кресленика

Метою роботи є ознайомлення зі способами побудови ескізу, 3D моделі та кресленика в SOLIDWORKS.

2.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи

Графічна інформація про деталі, що проектується, вводиться в систему у вигляді ескізів на заданих площинах. Засобом створення такої інформації є простий 2D графічний редактор.

За допомогою редактора ескізів створюються ескізи конструктивних елементів деталі [2].

На прикладі розберемо основні команди SOLIDWORKS для побудови моделей. Збудуємо модель, показану на рисунку 2.1 та отримаємо її кресленик.



Рисунок 2.1 - Завдання для побудови моделі

Першим кроком є побудова основи моделі. Для цього обираємо Extruded Boss/Base (Витягнута бобишка/Основа) → Top Plane (Верхня площина) → Rectangle (Прямокутник). Тоді створюємо прямокутник розмірами 100×80 мм за допомогою Smart Dimension (Автоматичне нанесення розмірів). Після задання всіх необхідних розмірів ескіз фіксується (рисунок 2.2).

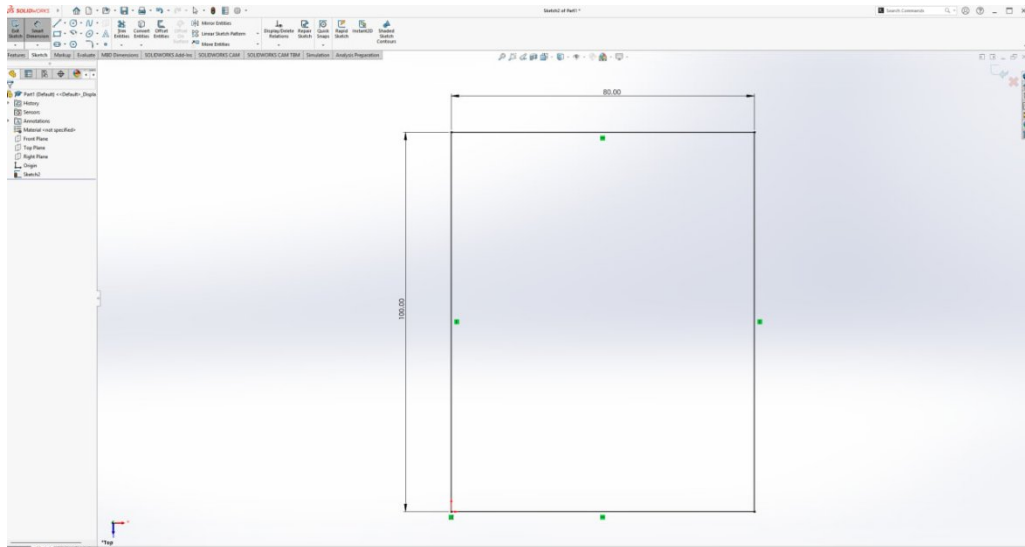


Рисунок 2.2 - Основа моделі

Далі створюємо коло діаметром 80 мм, розташоване таким чином, щоб його центр знаходився на верхній межі прямокутника та посередині його ширини. Це формує округлений виступ у верхній частині деталі (рисунок 2.3).

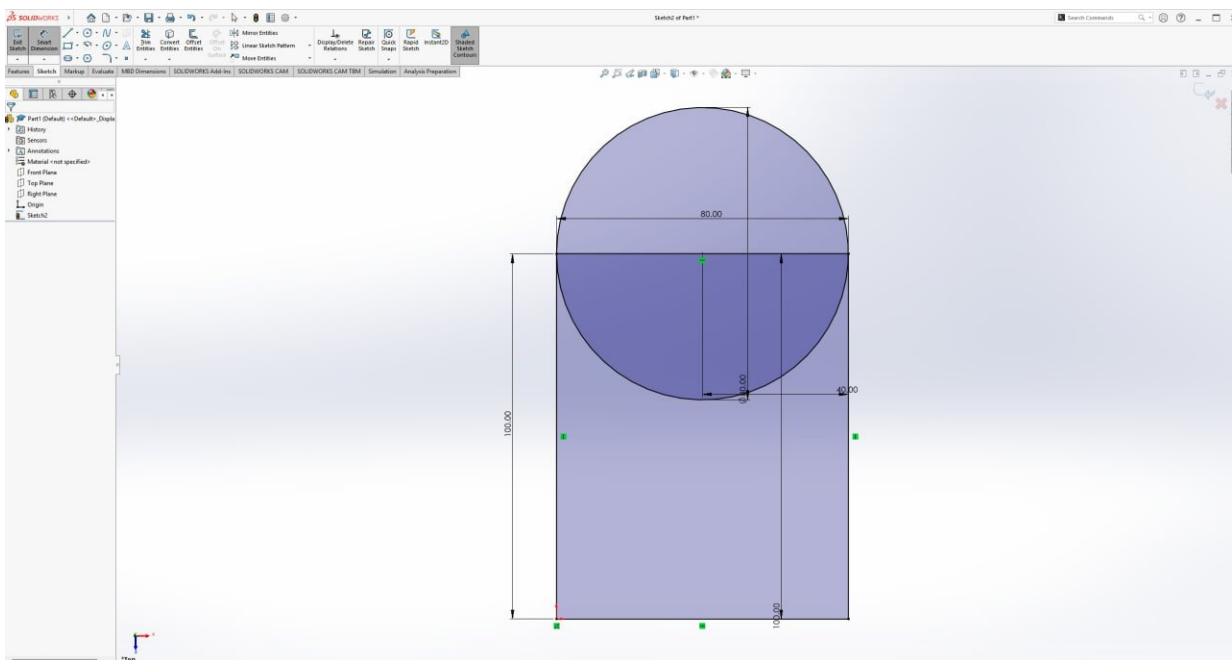


Рисунок 2.3 - Додавання округленої частини до моделі

Після завершення ескізу виходимо з режиму редагування та використовуємо інструмент Boss-Extrude (Витягнута бобишка), аби задати висоту витягування 30 мм (рисунок 2.4).

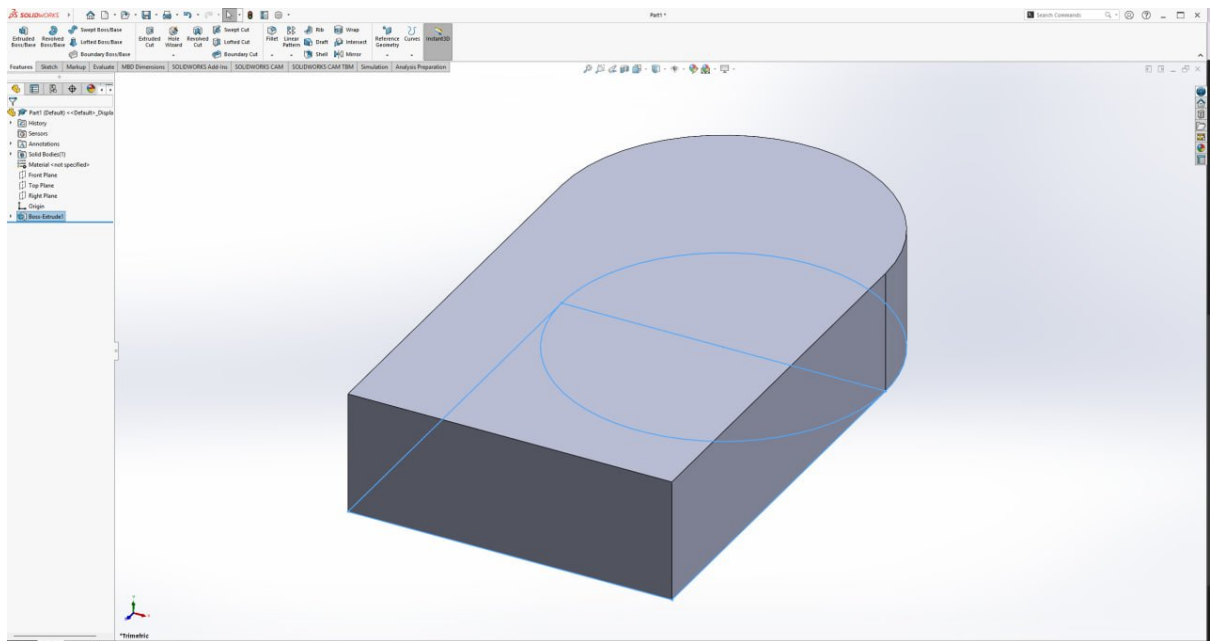


Рисунок 2.4 - Основа після витягування

Після цього на верхній площині основи створюємо коло діаметром 80 мм, його центр повинен співпасти з центром округленої частини основи (рисунок 2.5).

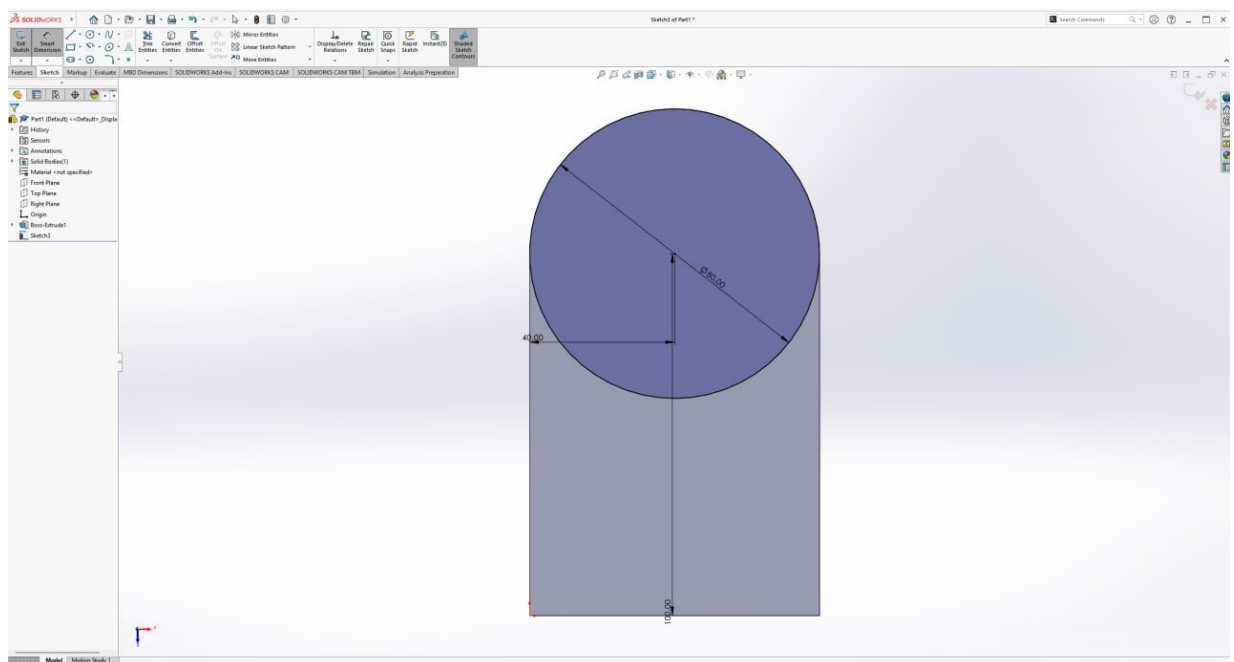


Рисунок 2.5 - Додавання додаткового кола на верхній поверхні основи

Після створення кола знову використовуємо команду Boss-Extrude, щоб підняти його над основною деталлю. Задаємо висоту 20 мм, отримуючи бобишку (рисунок 2.6)

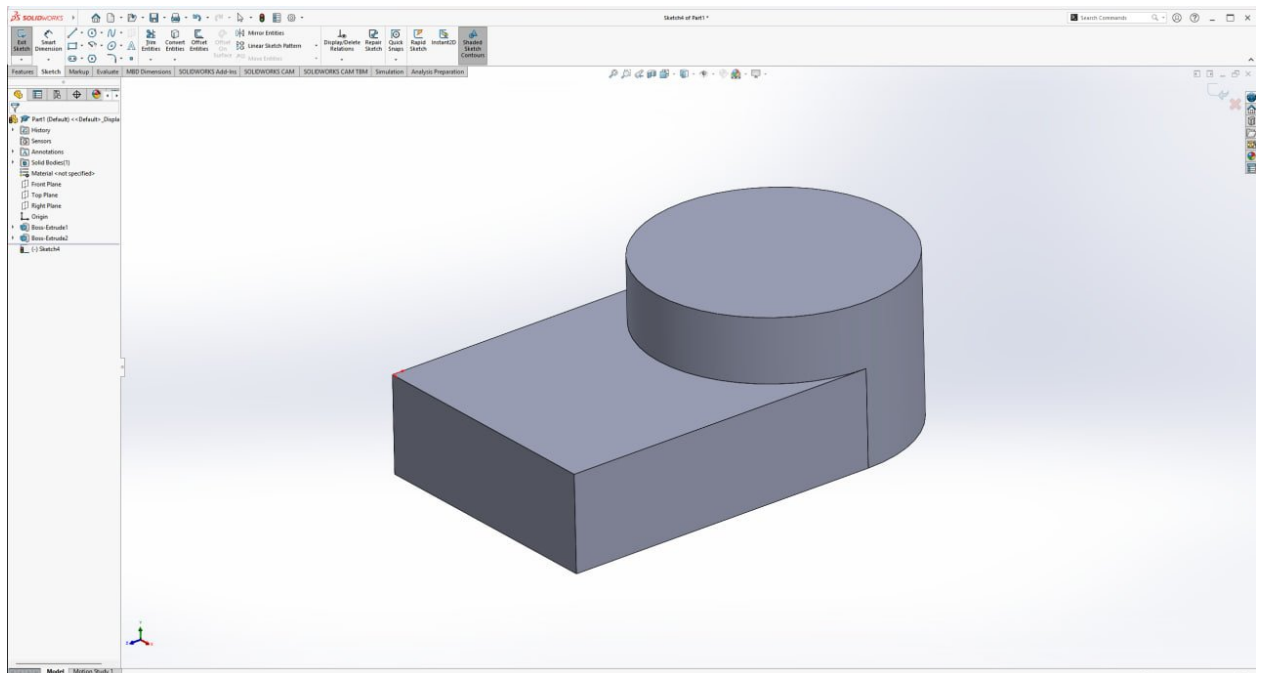


Рисунок 2.6 - Витягнута бобишка на верхній частині деталі

Переходимо до формування паза. Для цього малюємо два прямокутники в нижній частині основи (40×15 мм – ширший прямокутник, 20×10 мм – менший прямокутник). Розташовуємо їх по центру відносно ширини основи (рисунок 2.7).

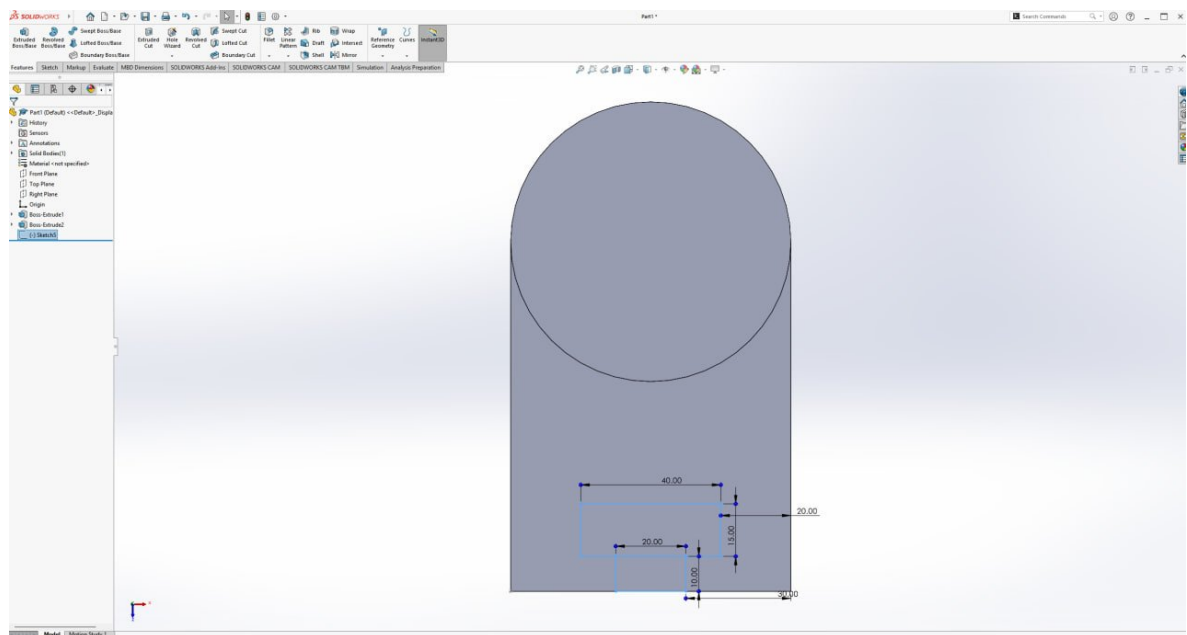


Рисунок 2.7 - Створення ескізу паза

Вибираємо верхні грані створених прямокутників та використовуємо команду Cut-Extrude (Виріз-Витягування). У параметрах обираємо Through All (Наскрізь), щоб повністю прорізати деталь. В результаті отримуємо необхідний паз (рисунок 2.8-2.9).

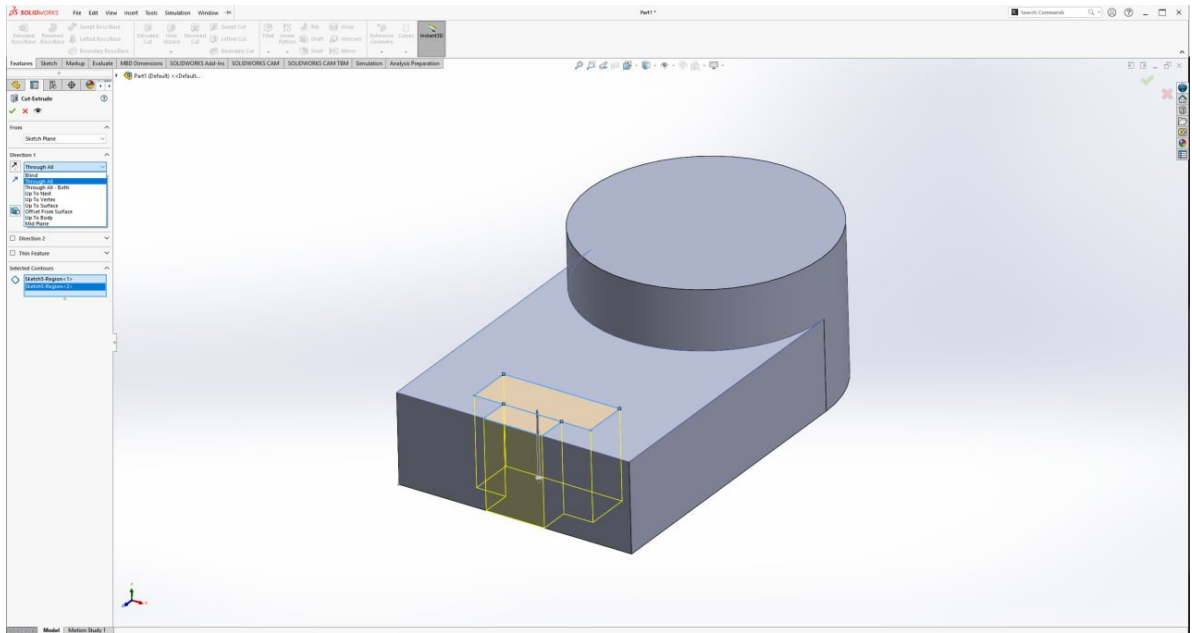


Рисунок 2.8 - Створення паза з допомогою вирізу

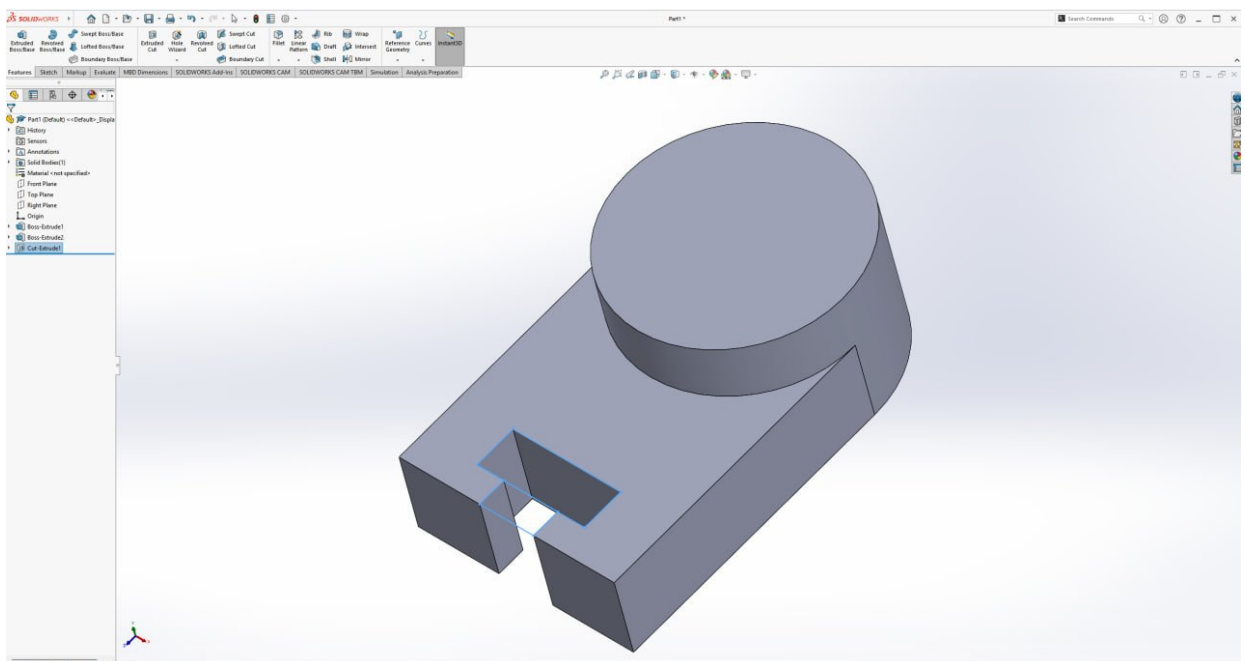


Рисунок 2.9 - Отриманий паз у нижній частині деталі

На поверхні основи розміщуємо коло діаметром 20 мм. Його центр знаходиться на відстані 45 мм від нижнього краю, відповідно до креслення (рисунок 2.10).

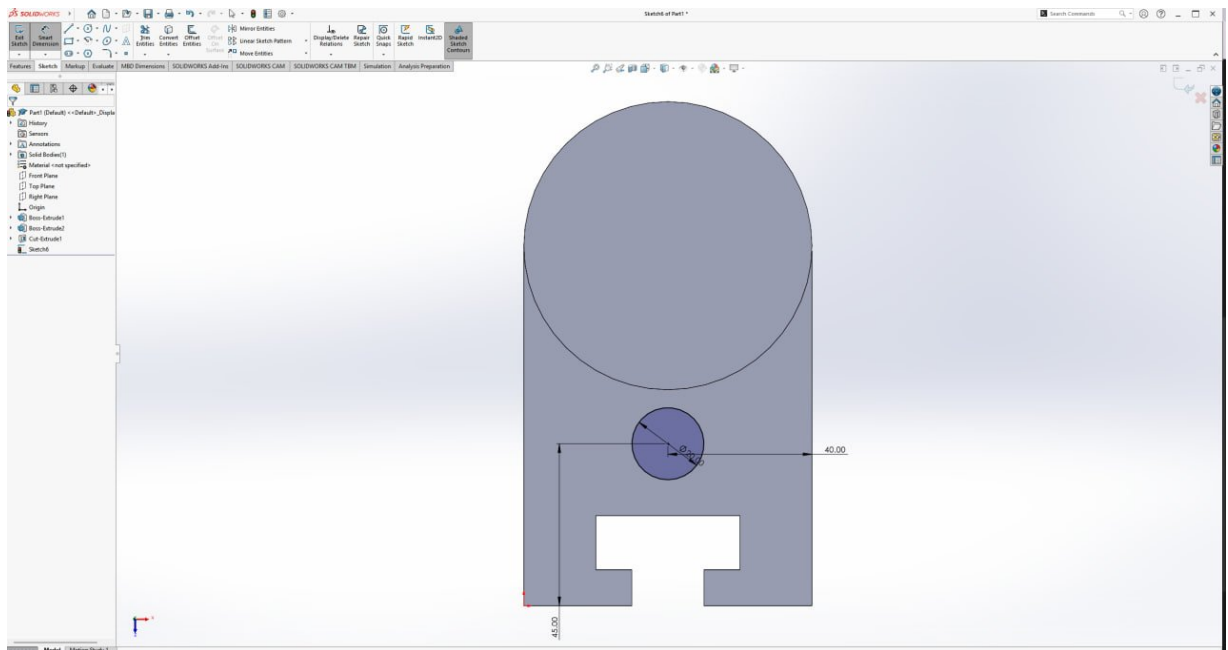


Рисунок 2.10 - Створення отвору на поверхні основи

Вибираємо створене коло та за допомогою вже знайомої команди Cut-Extrude робимо наскрізний отвір через всю деталь (рисунок 2.11).

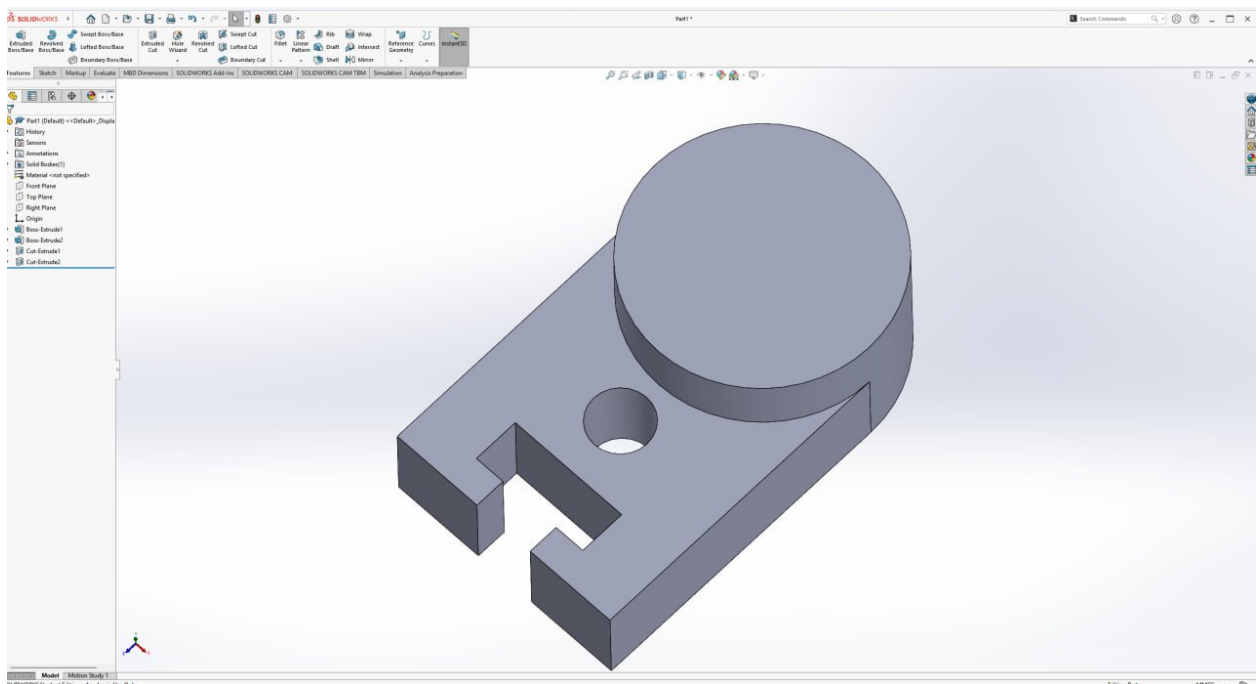


Рисунок 2.11 - Отриманий наскрізний отвір у моделі

Вибираємо створене коло та використовуємо команду Cut-Extrude (Виріз-Витягування). У параметрах задаємо глибину 10 мм, щоб зробити заглиблення у бобищі (рисунок 2.12).

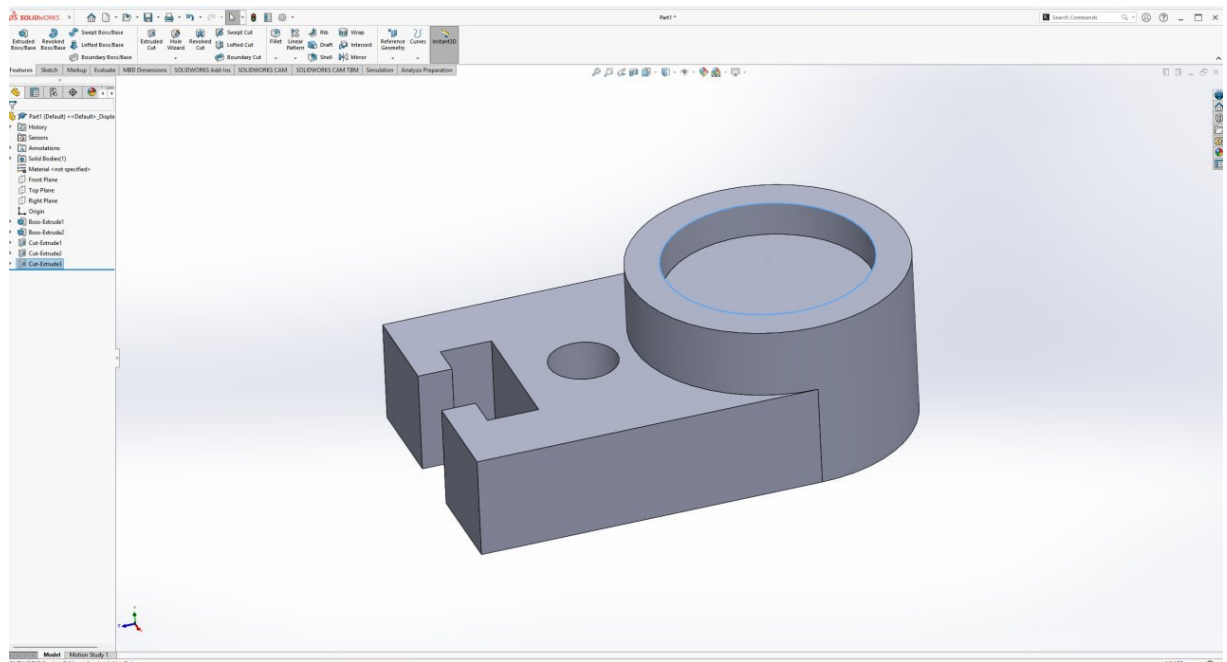


Рисунок 2.12 – Отриманий отвір після вирізу

Для отримання ромбу всередині отвору, спершу малюємо прямокутник розміром 30×30 мм. Він розташований по центру отвору, з рівними відступами від країв (рисунок 2.13).

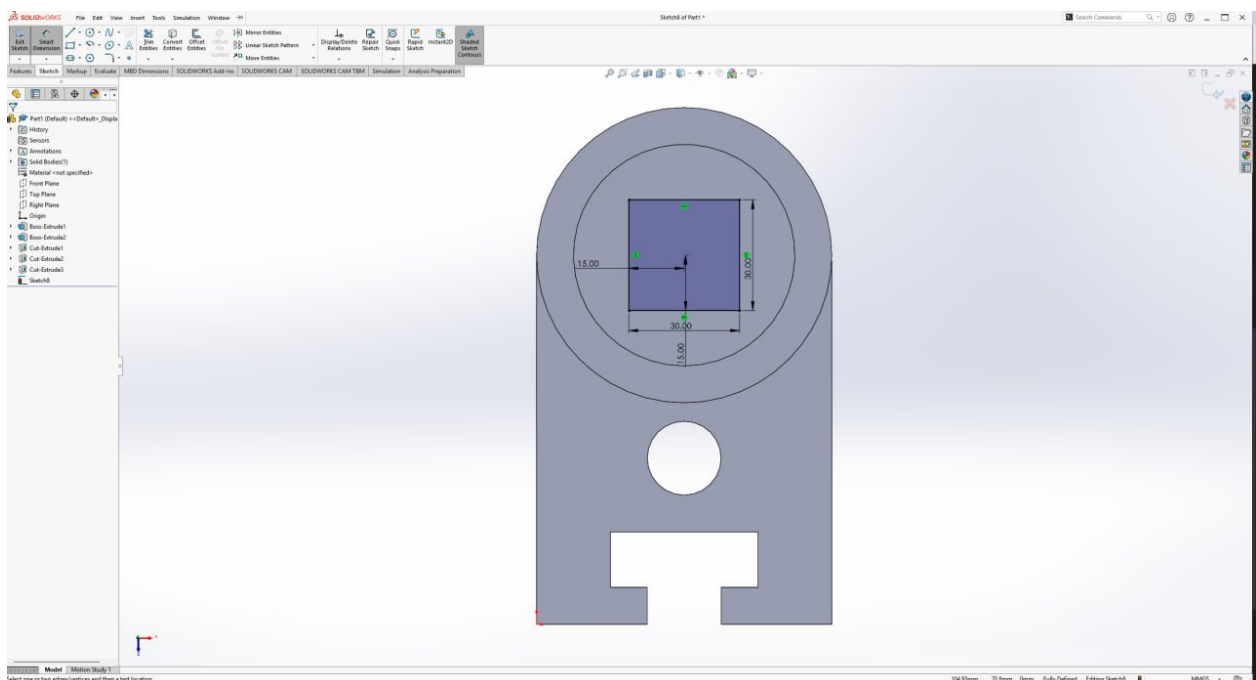


Рисунок 2.13 - Ескіз прямокутника усередині отвору

Далі обираємо команду Tools → Sketch Tools → Rotate, щоб повернути прямокутник на 45°, перетворивши його у ромб (рисунок 2.14).

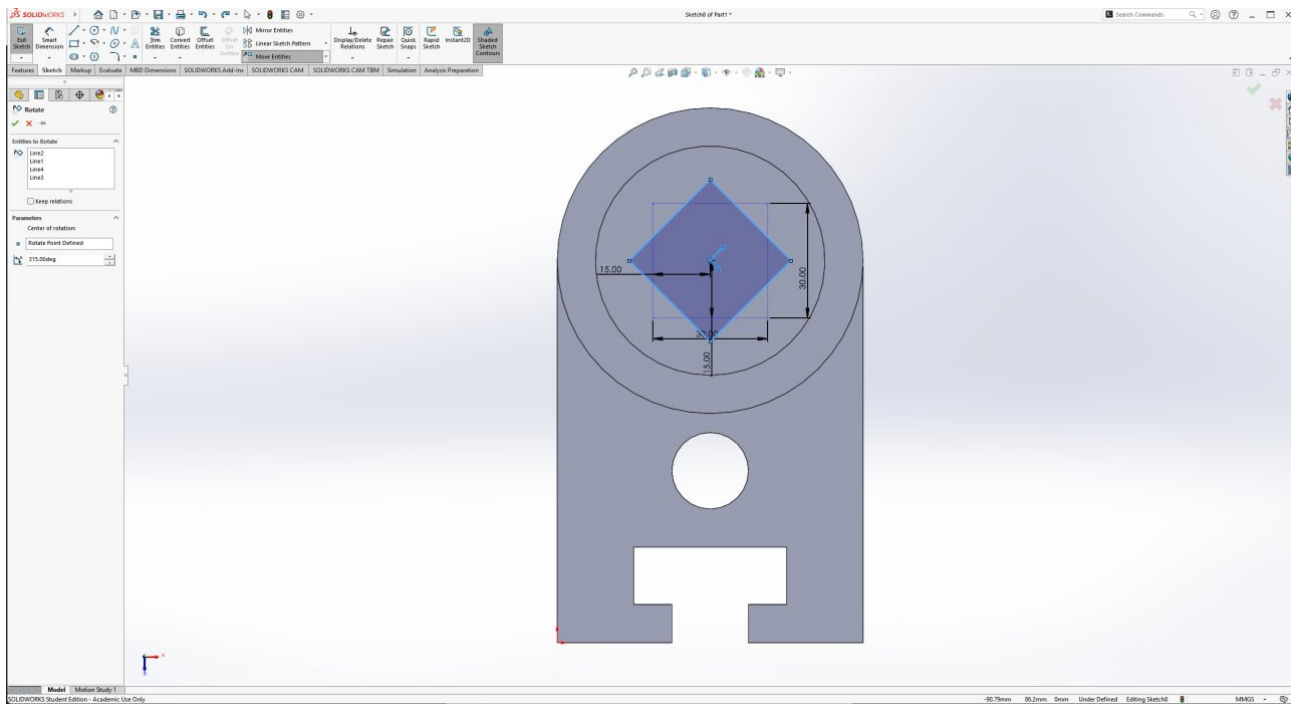


Рисунок 2.14 - Поворот прямокутника для отримання ромба

Тоді вибираємо створений ромб та робимо отвір наскрізь (рисунок 2.15) і в результаті отримуємо завершену модель деталі згідно з завданням 2.1.

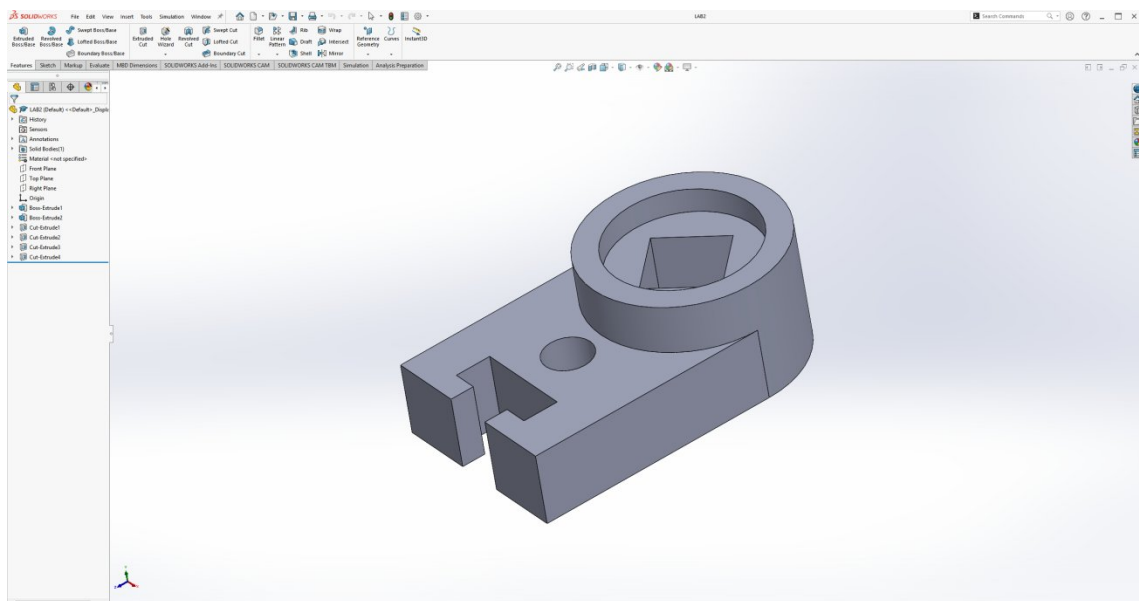


Рисунок 2.15 - Завершена модель

Для отримання кресленника вибираємо File → Make Drawing from Part/Assembly. Після вибору формату кресленника перетягуємо на нього необхідні види моделі: фронтальний (спереду), боковий (справа), верхній (зверху), а також ізометричний вигляд для наочності (рисунок 2.16). Кресленник моделі збережемо в універсальному форматі *.dxf.

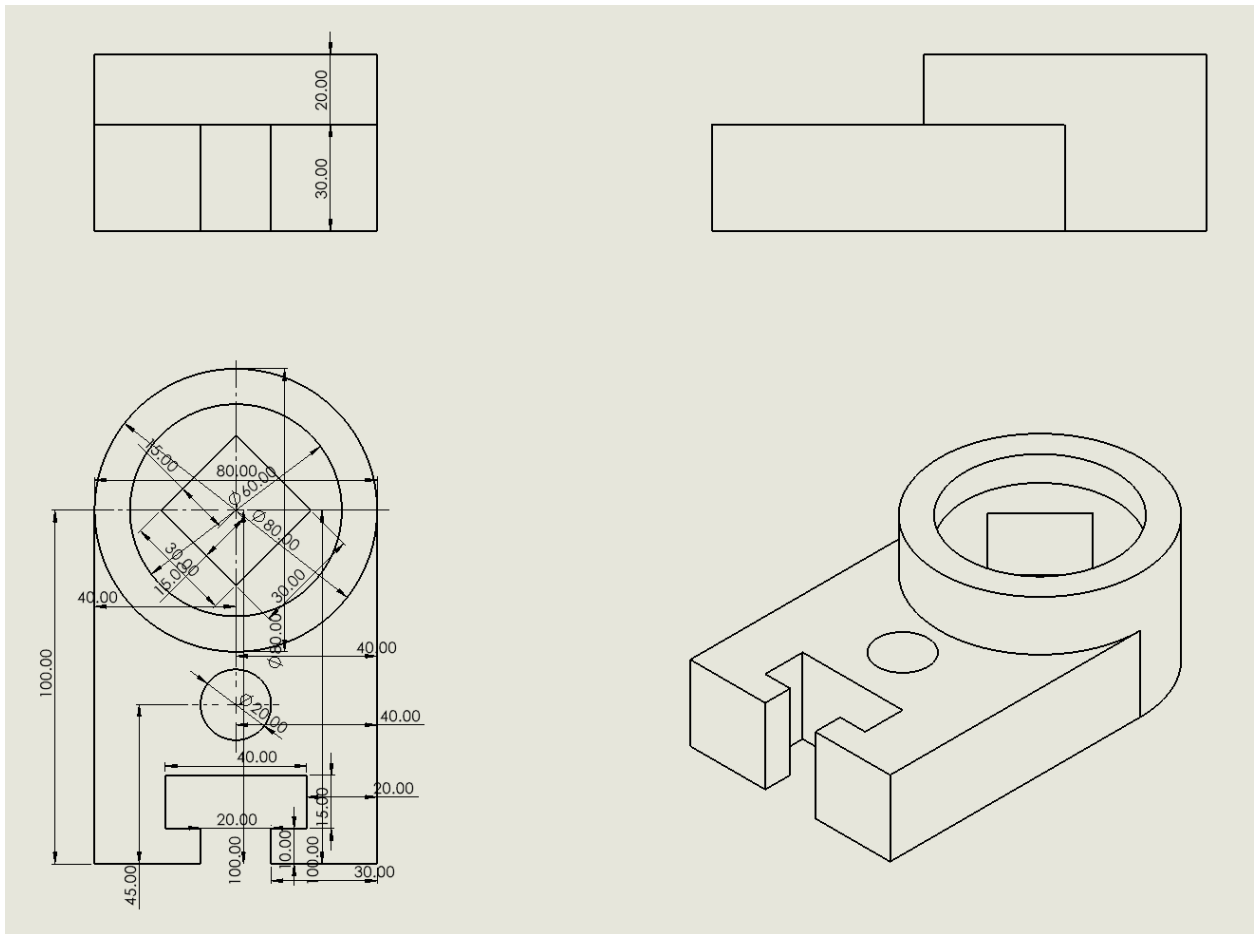


Рисунок 2.16 - Кресленик моделі з основними видами

2.2. Завдання до лабораторної роботи

Завдання до роботи, відповідно до варіанту, наведено нижче в таблиці 2.1. Відповідно до варіанту (варіант видає староста), збудувати модель та отримати її кресленик. При побудові моделі розглянути варіант побудови ескізу з використанням лише ліній та дуг а також варіант з використанням кругів, прямокутників, фасок та ін. Порівняти обидва варіанти та зробити висновки.

Таблиця 2.1- Завдання до лабораторної роботи [3]

Варіант 1	Варіант 2
Варіант 3	Варіант 4
Варіант 5	Варіант 6

Продовження таблиці 2.1.

<p>Варіант 7</p>	<p>Варіант 8</p>
<p>Отв. $\varnothing 20$ наскрізь</p> <p>$\varnothing 40$</p> <p>$\varnothing 60$</p> <p>Отв. $\varnothing 16$ глибина 25</p>	<p>Отв. $\varnothing 20$ наскрізь</p> <p>$\varnothing 80$</p> <p>60</p> <p>50</p> <p>R15</p> <p>25</p> <p>30</p> <p>50</p> <p>100</p>
<p>Варіант 9</p>	<p>Варіант 10</p>
<p>Отв. наскрізь</p> <p>Отв. $\varnothing 20$ наскрізь</p> <p>R25</p> <p>50</p> <p>30</p> <p>60</p> <p>20</p> <p>100</p> <p>140</p> <p>90</p>	<p>Отв. $\varnothing 30$ наскрізь</p> <p>R40</p> <p>$\varnothing 50$</p> <p>30</p> <p>60</p> <p>90</p> <p>110</p> <p>80</p> <p>20</p>
<p>Варіант 11</p>	<p>Варіант 12</p>
<p>Отв. $\varnothing 30$ наскрізь</p> <p>Отв. наскрізь</p> <p>R30</p> <p>70</p> <p>60</p> <p>60</p> <p>50</p> <p>60</p> <p>30</p>	<p>Отв. $\varnothing 20$ наскрізь</p> <p>R20</p> <p>$\varnothing 80$</p> <p>50</p> <p>100</p> <p>80</p> <p>25</p> <p>20</p> <p>40</p> <p>80</p>

<p style="text-align: center;">Варіант 13</p> <p><i>Отв. $\varnothing 20$ наскрізь</i></p>	<p style="text-align: center;">Варіант 14</p> <p><i>2 отв. $\varnothing 30$ наскрізь</i></p>
<p style="text-align: center;">Варіант 15</p> <p><i>Отв. $\varnothing 12$ глибина 25</i> <i>Отв. $\varnothing 20$ наскрізь</i></p>	<p style="text-align: center;">Варіант 16</p> <p><i>Отв. $\varnothing 14$ наскрізь</i> <i>Отв. $\varnothing 30$ наскрізь</i></p>
<p style="text-align: center;">Варіант 17</p> <p><i>Отв. $\varnothing 30$ наскрізь</i></p>	<p style="text-align: center;">Варіант 18</p> <p><i>Паз наскрізь</i> <i>2 отв. $\varnothing 20$ наскрізь</i></p>

2.3. Звіт з роботи

Для зарахування лабораторної роботи необхідно надати протокол з висновками, що включають результати порівняння. А також продемонструвати отримані файли моделі та файл кресленика. Також, як альтернативний спосіб здачі роботи - окрім протоколу, можна надіслати озвучене відео побудови моделей та кресленика з коментуванням процесу моделювання.

Під час демонстрації файлів, відповісти на контрольні питання, по процесу побудови та щодо висновків за роботою.

За бажанням студента, за відсутності технічних можливостей, допускається зарахування роботи якщо додатково надіслано відео виконання роботи з коментарями студента та його відображенням, що можна отримати в Zoom, наприклад.

2.4. Контрольні питання до роботи

1. Які елементи ескізу потрібно використати при побудові моделі в обох варіантах проєктування?
2. У чому полягає відмінність між варіантами побудови ескізу за допомогою ліній і дуг та із використанням стандартних фігур (кругів, прямокутників, фасок тощо)?
3. Яким чином імпортується 3D-модель у середовище креслення (Drawing) у SOLIDWORKS?
4. Як додати розміри та технічні позначення на кресленнику моделі в SOLIDWORKS?

5. Які основні етапи створення кресленика моделі в середовищі SOLIDWORKS?
6. Як налаштувати вигляди (вид спереду, зверху, ізометричний тощо) при створенні кресленика у SOLIDWORKS?

Лабораторна робота 3. Виготовлення збірної 3D моделі з використанням формул

Метою роботи є ознайомлення з побудовою збірної 3D моделі з елементів із використанням прив'язок а також застосуванням формул для моделювання елементів.

3.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи

Для складання збірної моделі необхідно виготовити всі елементи збірної моделі та побудувати збірку, коректно з'єднавши ці елементи. Це означає, що збірна модель має функцію перевірки того, чи всі деталі виконані правильно. Будь-які помилки і неточності при виготовленні деталей збільшують час виготовлення виробу.

Наприклад, для побудови збірки Колектор необхідно виготовити моделі двох елементів - Циліндр і Трубу. Для побудови Циліндра створюється основа і виставляється її розмір згідно з розрахунком $D1$, рисунок 3.1. Витягуємо основу і отримуємо циліндр, висотою $L = 1141$ мм.

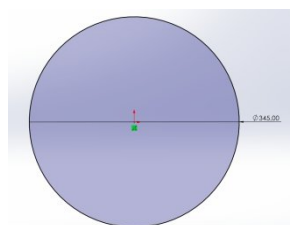


Рисунок 3.1 - Основа циліндру

Виділяємо верхню та нижню поверхню циліндра і за допомогою команди Shell отримуємо тонкостінний циліндр із певною товщиною стінок, рисунок 3.2.

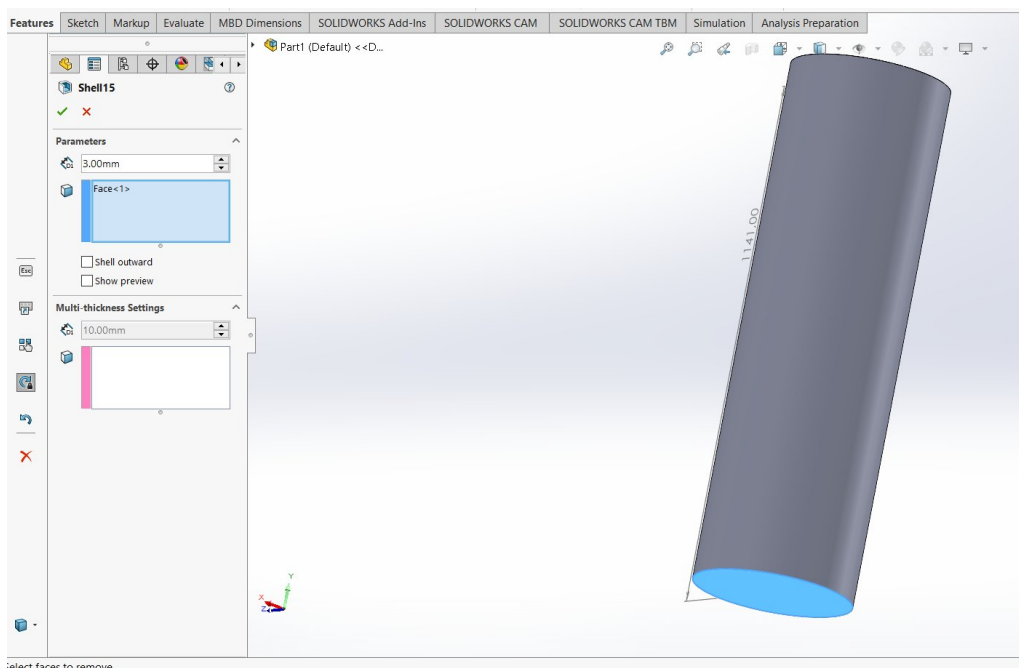


Рисунок 3.2 - Операція Shell

Розфарбуємо циліндр за допомогою команди Edit Appearance усередині – жовтим, зовні – синім, як показано на рисунку 3.3.

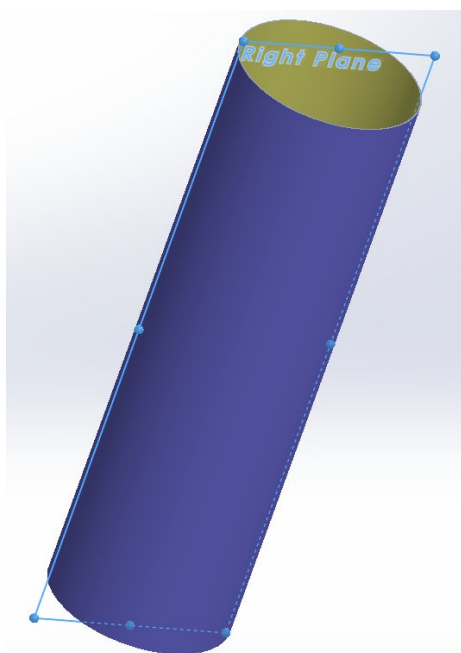
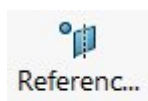


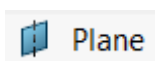
Рисунок 3.3 - Пофарбований циліндр

Створимо бічний отвір у циліндрі, для цього у вкладці Додаткова геометрія



Referenc...

обираємо Площина



Plane

і будуємо її паралельно Front Plane та

зміщуємо вперед, як показано на рисунку 3.4.

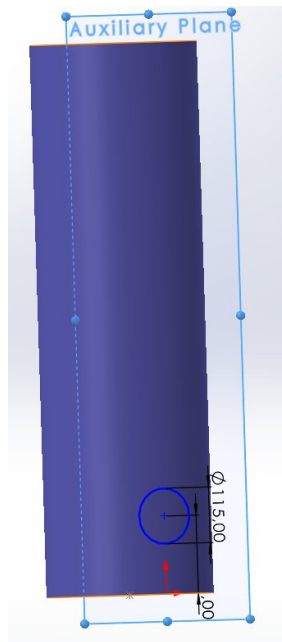


Рисунок 3.4 - Створена площина Auxiliary plane

На новій площині будуємо коло, діаметром $D2$ так, що відстань від центру кола до нижнього краю циліндра складає $L1$, див. рисунок 3.5.

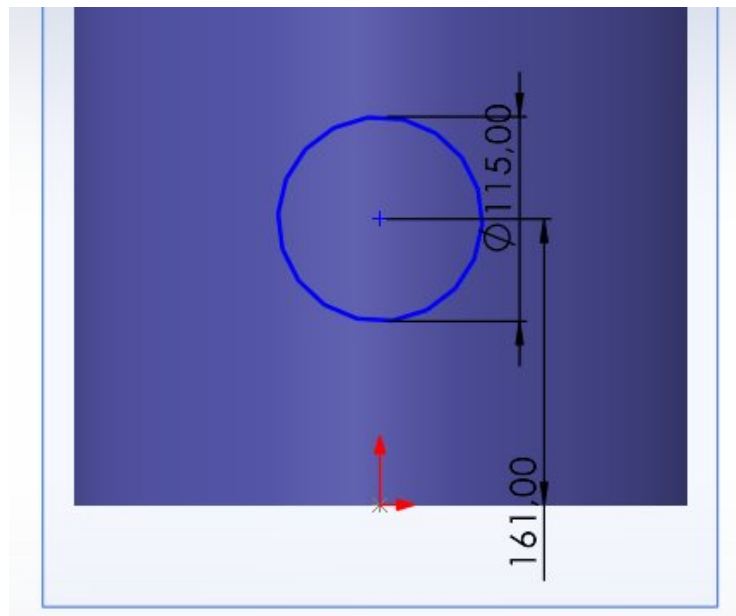



Рисунок 3.5 - Параметри кола на створеній площині

За допомогою команди **Витягнутий виріз**  отримуємо отвір в циліндрі.

А далі створимо ряд отворів за допомогою команди **Лінійний масив**  Linear Pattern, як показано на рисунку 3.6.

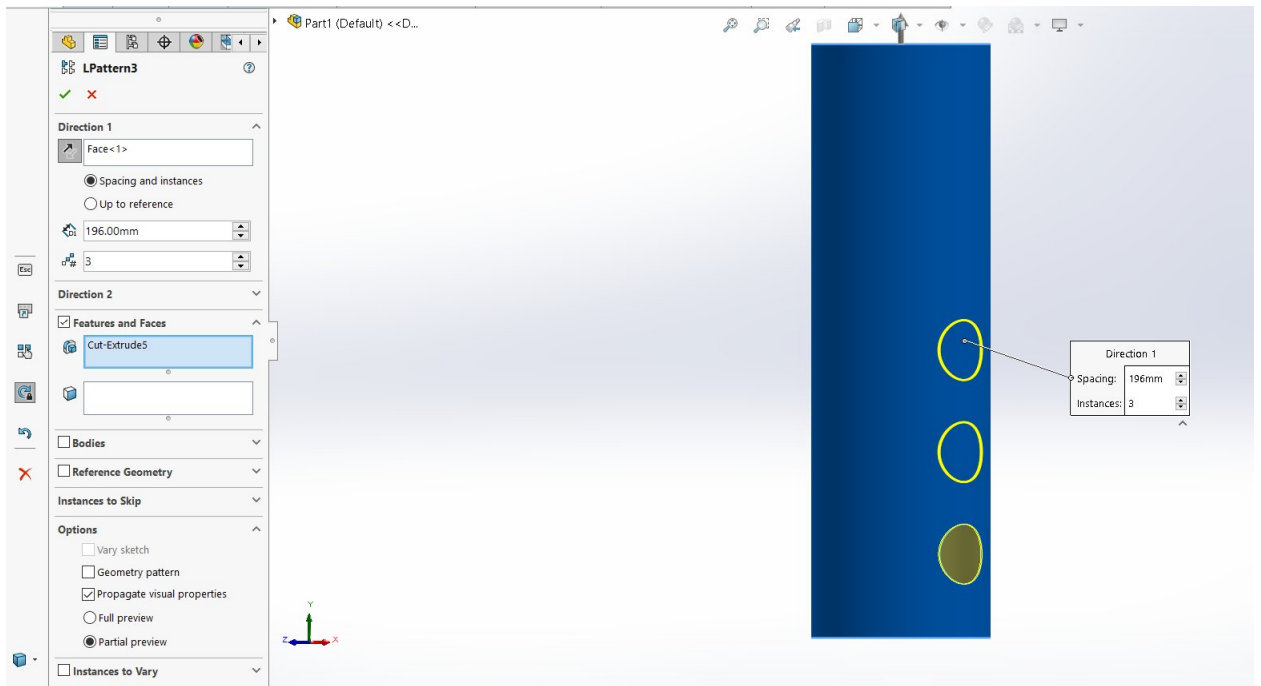



Рисунок 3.6 - Лінійний масив отворів

Щоб отримати другий ряд отворів під кутом 110° , використаємо команду

Круговий масив  **Circular Pattern**, як показано на рисунку 3.7.

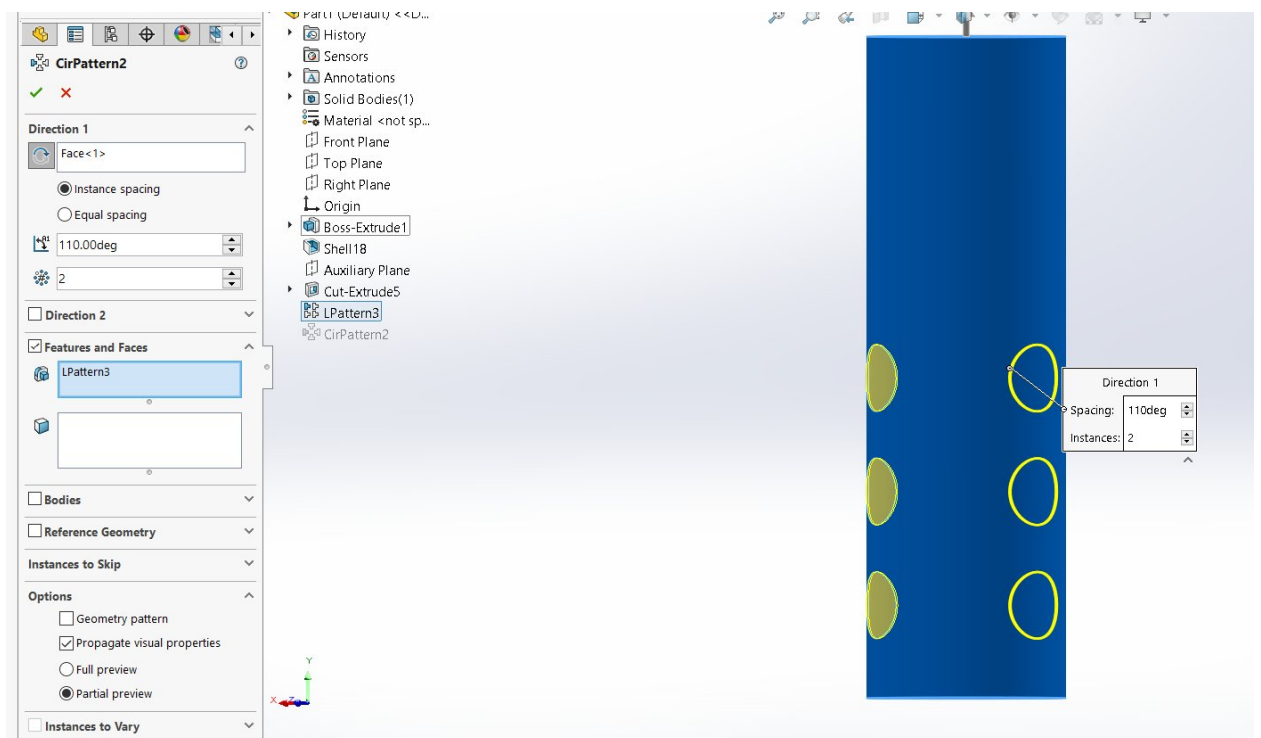


Рисунок 3.7 - Отриманий масив отворів у циліндрі

Задамо глобальні змінні та формули для розрахунку розмірів, користуючись вкладкою Рівняння, як показано на рисунку 3.8. Створення циліндру завершено.

Equations, Global Variables, and Dimensions

Name	Value / Equation	Evaluates to	Comments
Global Variables			
"N"	= 23	23.00	
"D1"	= "N" * 15	345.00	
"D2"	= "D1" / 3	115.00mm	
"L1"	= "D2" * 1.4	161.00mm	
"L2"	= "L1" + 35	196.00mm	
"a1"	= 110	110.00	
"L"	= "L1" + "L2" * 5	1141.00mm	
<i>Add global variable</i>			
Features			
<i>Add feature suppression</i>			
Equations			
"D1@Sketch3"	= "D1"	345mm	
"D1@Boss-Extrude1"	= "L"	1141mm	
"D1@Sketch5"	= "D2"	115mm	
"D2@Sketch5"	= "L1"	161mm	
"D3@LPattern3"	= "L2"	196mm	
"D2@CirPattern2"	= "a1"	110deg	
<i>Add equation</i>			

Automatically rebuild Angular equation units: Degrees Automatic solve order
 Link to external file:

Рисунок 3.8 - Глобальні змінні та формули

Будуємо другу модель для збірки — Трубу. Для цього в режимі Ескіз проводимо 2 лінії та поєднуємо їх за допомогою дуги, як показано на рисунку 3.9.

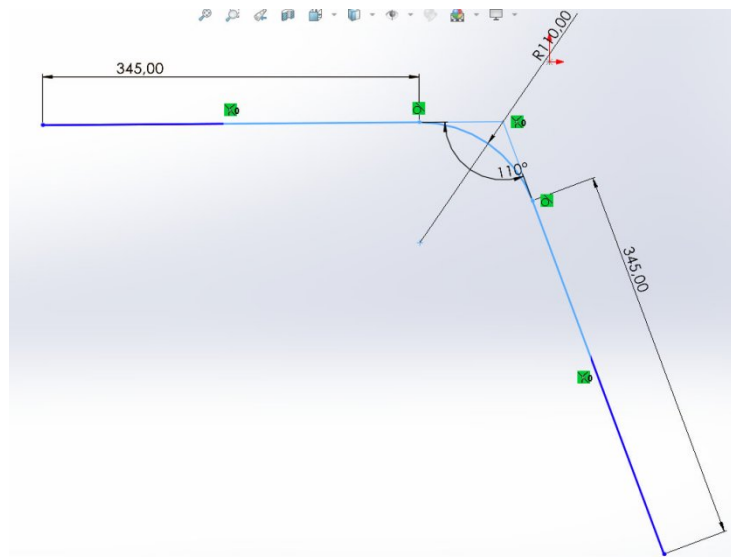


Рисунок 3.9 - Ескіз Труби

Витягуємо площину за допомогою команди Витягнути  Swept Boss/Base, обравши опцію Круглий профіль  Circular Profile отримуємо трубу, дивись рисунок 3.10.

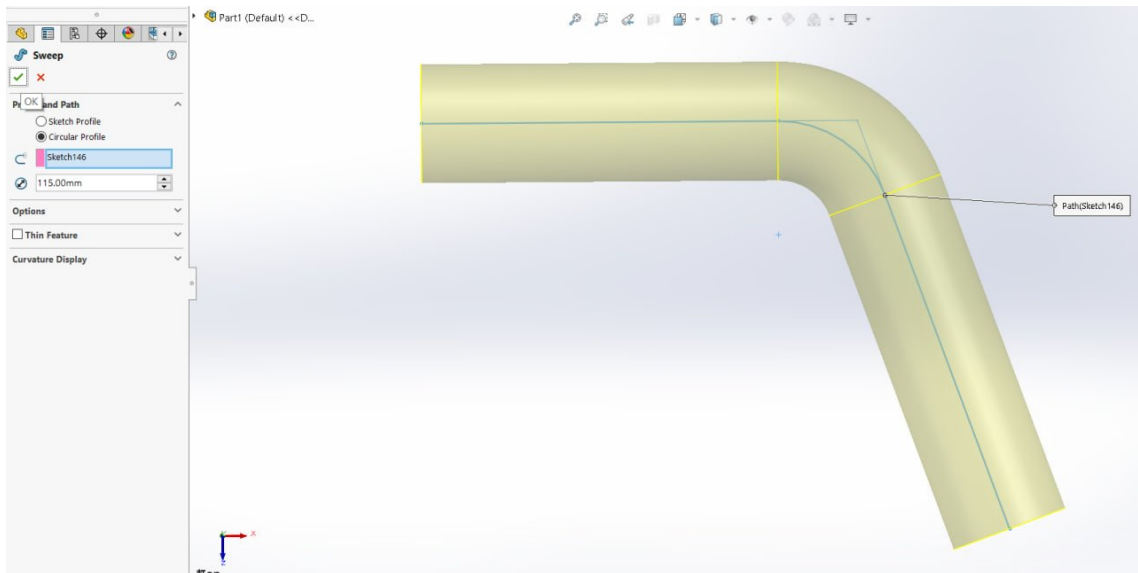


Рисунок 3.10 - Команда Витягування для Труби

Робимо модель тонкостінною, як описано вище, дивись рисунок 3.2 та фарбуємо, як і Циліндр (рисунок 3.3). Результат показано на рисунку 3.11.

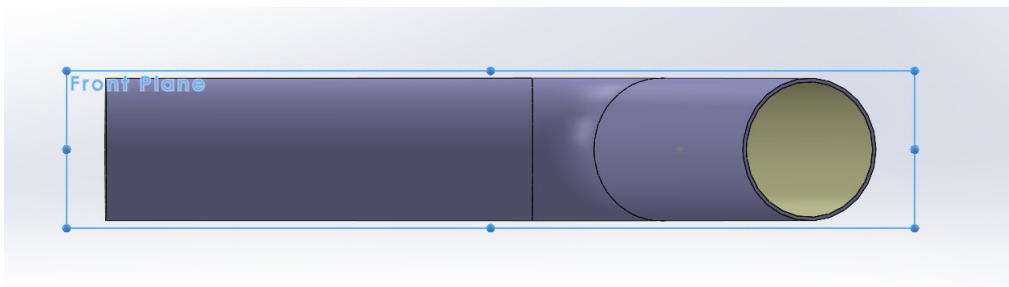


Рисунок 3.11 - Готовий елемент Труба

Задаємо параметри моделі, використовуючи глобальні змінні та рівняння (рисунок 3.12). Побудова моделі Труба закінчена.

Equations, Global Variables, and Dimensions

Name	Value / Equation	Evaluates to	Comments
Global Variables			
"N"	= 23	23.00	
"a2"	= 110	110.00	
"p"	= 110	110.00	
"D1"	= "N" * 15	345.00	
"D2"	= "D1" / 3	115.00mm	
<i>Add global variable</i>			
Features			
<i>Add feature suppression</i>			
Equations			
"D3@Sketch146"	= "D1"	345mm	
"D3@Sweep29"	= "D2"	115mm	
"D2@Sketch146"	= "D1"	345mm	
<i>Add equation</i>			

Automatically rebuild Link to external file:
 Angular equation units: Degrees
 Automatic solve order

Рисунок 3.12 - Глобальні змінні та рівняння для моделі Труба

Далі будемо збірку Колектор. Для цього в новому файлі збірки виконуємо розміщення (рисунок 3.13) та прив'язку моделей Циліндра та Труби.

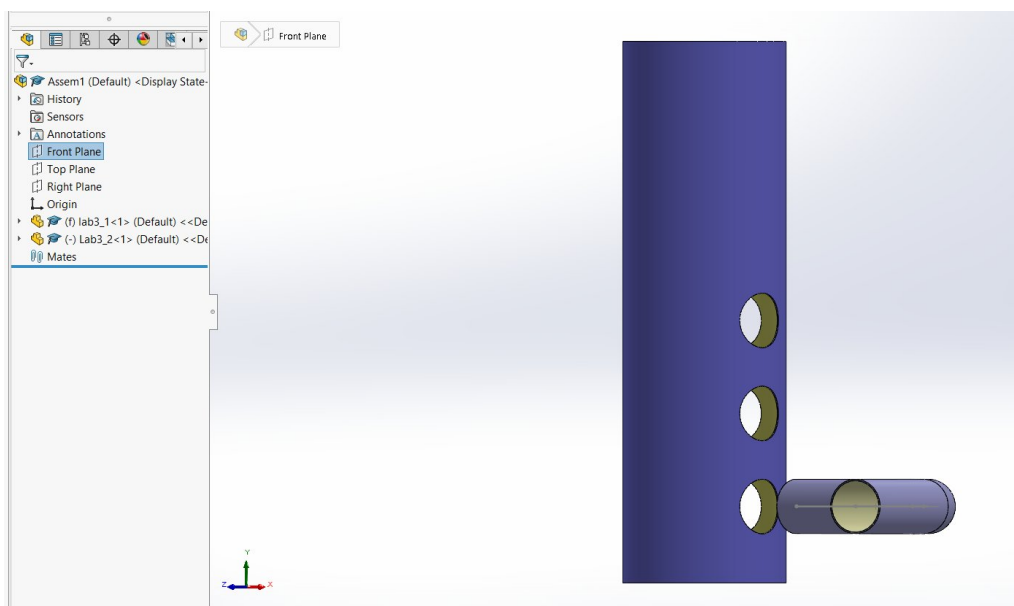



Рисунок 3.13 - Розміщення моделей для побудови збірки Колектор

Командою Збірка  концентричність з'єднуємо моделі [4]. Для цього виділяємо внутрішню частину отвору циліндра та зовнішній отвір труби, оскільки

вони є концентричні — деталі вирівнюються автоматично. Далі відстань між кінцем труби та віссю циліндра збираємо командою Збірка, відстань. Отримуємо результат, показаний на рисунку 3.14.

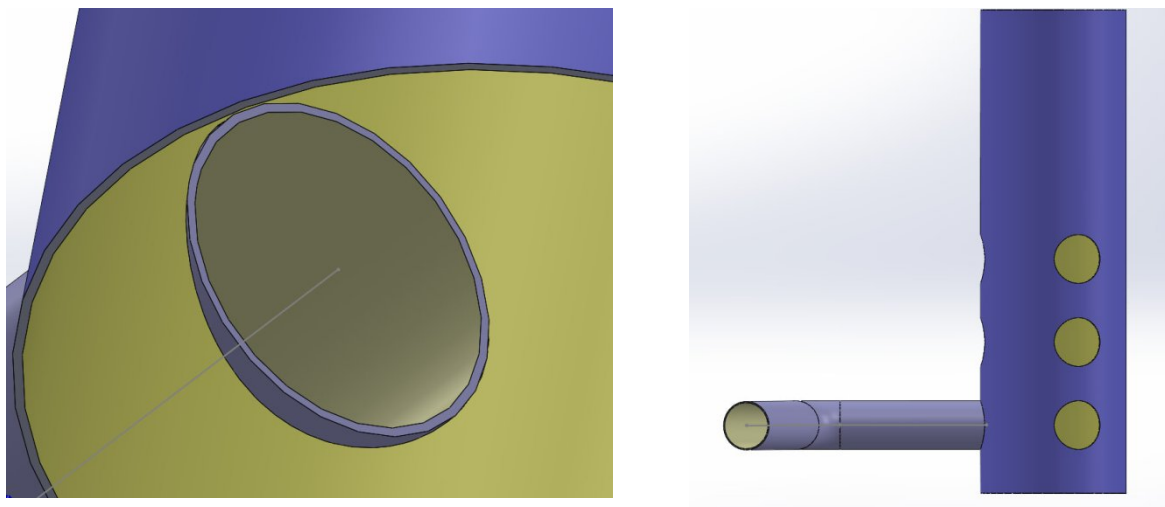


Рисунок 3.14 - Результат команд Збірка, концентричність та Збірка, відстань

За допомогою команди Лінійний масив [Linear Component Pattern](#) дублюємо елемент Труба на відстань L2, відповідно до завдання. Повторюємо те саме для другого ряду труб (рисунок 3.15). Збірку моделі Колектора завершено.

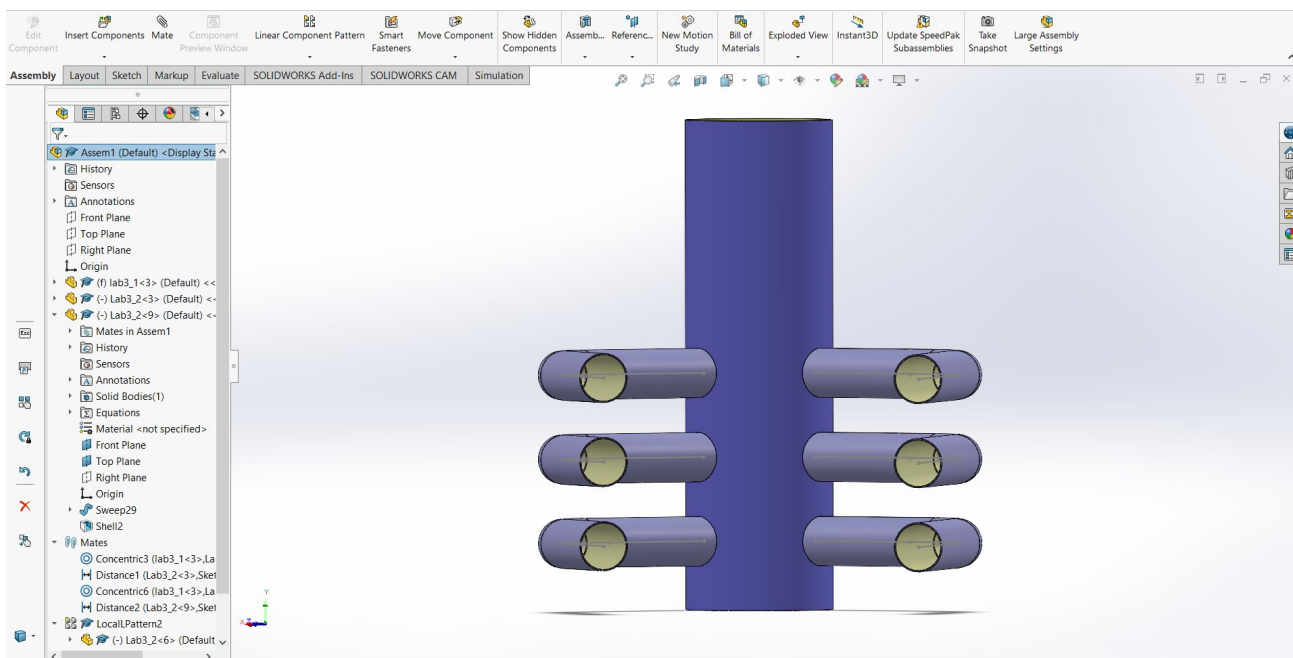


Рисунок 3.15 - Лінійні масиви (зліва та справа) труб у збірці

3.2. Завдання до лабораторної роботи

Виготовити моделі Циліндра і Труби з використанням формул, наведених в таблиці 3.1. Загальний вигляд моделей показано нижче, на рисунку 3.17. Змінивши значення у формулах отримати варіацію геометрії збірної 3D моделі. Зробити висновки з проведеної роботи

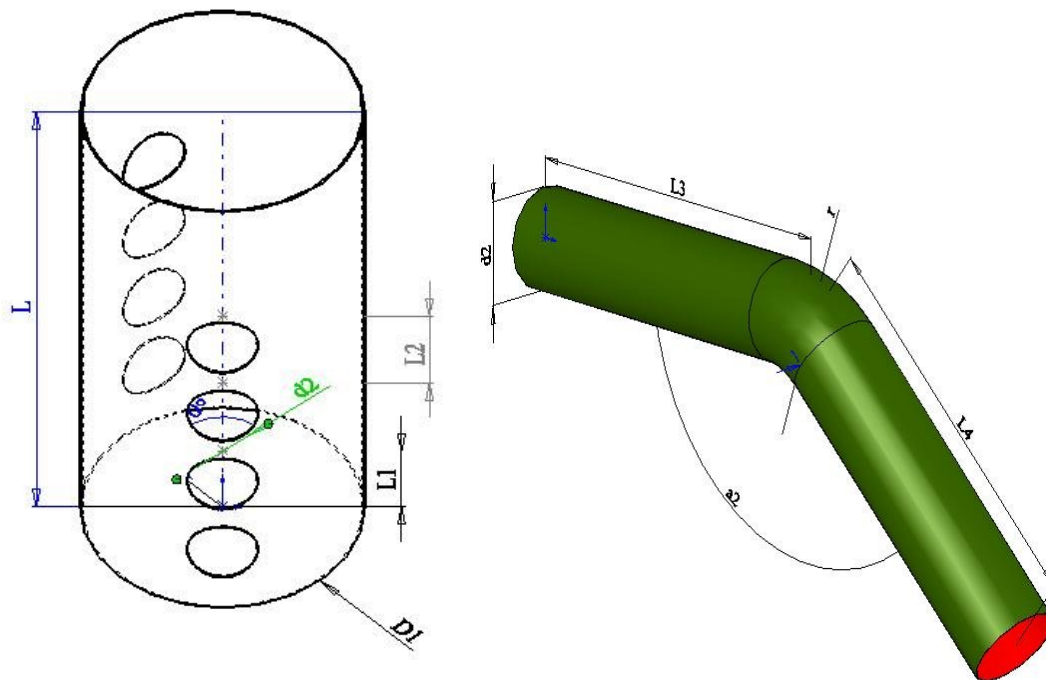


Рисунок 3. 17 - Загальний вигляд моделей. Позначено L Довжина циліндра, зовнішній діаметр циліндра $D1$, діаметр отвору $D2$, $L1$ - положення 1-го отвору в рядку (внизу), $L2$ - крок між отворами, $\alpha1$ - кут між двома рядами отворів в циліндрі, $L3 = L4$ - довжина лінійних частин труби, r - радіус кривизни, $\alpha2$ - кут вигину труби, довжина циліндра колектора $L = L1 + L2 * 5$.

Вказані параметри для побудови моделей наведено нижче, в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Параметри моделей

Циліндр							Труба		
номер зі списку N	зовнішній діаметр $D1$	діаметр отвору $D2$	перший отвір вставки $L1$	гап між отворами $L2$	кут рядка $\alpha1$	кількість отворів k	кут вигину труби $\alpha2$	довжина лінійної частини труби $L3$	радіус кола r
1	100 * N	$D1/4$	2 * $D2$	$L1+5$	130	3	130	100 * N	130
2	120 * N	$D1/3$	1,9 * $D2$	$L1+1$ 0	135	4	135	120 * N	135
3	90 * N	$D1/5$	1,8 * $D2$	$L1+1$ 5	140	3	140	90 * N	140
4	80 * N	$D1/4$	1,7 * $D2$	$L1+2$ 0	145	4	145	80 * N	145
5	70 * N	$D1/3$	1,6 * $D2$	$L1+2$ 5	150	3	150	70 * N	150
6	75 * N	$D1/5$	1,5 * $D2$	$L1+3$ 0	155	4	155	75 * N	155
7	65 * N	$D1/4$	1,4 * $D2$	$L1+3$ 5	160	3	160	65 * N	160
8	60 * N	$D1/3$	1,3 * $D2$	$L1+4$ 0	165	4	165	60 * N	165
9	55 * N	$D1/5$	1,2 * $D2$	$L1+3$ 5	160	3	160	55 * N	160
10	50 * N	$D1/4$	1,1 * $D2$	$L1+3$ 0	155	4	155	50 * N	155

Продовження таблиці 3.1

11	45 * N	D1/3	1 * D2	L1+2 5	150	3	150	45 * N	150
12	40 * N	D1/5	1,1 * D2	L1+2 0	145	4	145	40 * N	145
13	35 * N	D1/4	1,2 * D2	L1+1 5	140	3	140	35 * N	140
14	30 * N	D1/3	1,3 * D2	L1+1 0	135	4	135	30 * N	135
15	25 * N	D1/5	1,4 * D2	L1+5	130	3	130	25 * N	130
16	20 * N	D1/4	1,5 * D2	L1+1 0	125	4	125	20 * N	125
17	18 * N	D1/3	1,6 * D2	L1+1 5	120	3	120	18 * N	120
18	16 * N	D1/5	2 * D2	L1+2 0	115	4	115	16 * N	115
19	15 * N	D1/4	1,8 * D2	L1+2 5	110	3	110	15 * N	110
20	14 * N	D1/3	1,7 * D2	L1+3 0	105	4	105	14 * N	105
21	10 * N	D1/5	1,6 * D2	L1+3 5	100	3	100	10 * N	100
22	5 * N	D1/4	1,5 * D2	L1+4 0	105	4	105	5 * N	105
23	15 * N	D1/3	1,4 * D2	L1+3 5	110	3	110	15 * N	110
24	10 * N	D1/5	1,3 * D2	L1+3 0	115	4	115	10 * N	115

Кінець таблиці 3.1

25	20 * N	D1/4	1,2 * D2	L1+2 5	120	3	120	20 * N	120
26	30 * N	D1/3	1,1 * D2	L1+2 0	125	4	125	30 * N	125
27	40 * N	D1/5	2 * D2	L1+1 5	130	3	130	40 * N	130
28	41 * N	D1/4	2 * D2	L1+1 0	135	4	135	41 * N	135
29	31 * N	D1/3	2 * D2	L1+5	140	3	140	31 * N	140
30	20 * N	D1/5	2 * D2	L1+1 0	145	4	145	20 * N	145
31	19 * N	D1/4	2 * D2	L1+1 5	150	3	150	19 * N	150

3.3. Звіт з роботи

Для зарахування лабораторної роботи необхідно надати протокол з висновками. А також продемонструвати отримані файли елементів, файл збірної 3D моделі. Також, як альтернативний спосіб здачі роботи - окрім протоколу, можна надіслати озвучене відео побудови з коментуванням процесу моделювання.

Під час демонстрації файлів, відповісти на контрольні питання, питання по процесу побудови та щодо висновків за роботою.

За бажанням студента, за відсутності технічних можливостей, допускається зарахування роботи якщо додатково надіслано відео виконання роботи з коментарями студента та його відображенням, що можна отримати в Zoom, наприклад.

3.4. Контрольні питання до роботи

1. Яка мета побудови збірної 3D моделі в середовищі CAD-системи?
2. Які типи геометричних прив'язок застосовуються при створенні збірок у SOLIDWORKS?
3. Як забезпечується правильне позиціонування елементів у складі збірної моделі?
4. Яким чином можна використовувати формули для параметричного моделювання деталей у складі збірки?
5. У чому переваги використання формул та прив'язок при створенні складальних моделей?

Лабораторна робота 4. Виготовлення збірної моделі з використанням менеджера конфігурацій

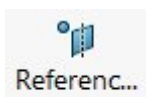
Метою роботи є ознайомлення з моделюванням 3D деталей складної форми, побудови на їх основі збірки та використання менеджера конфігурацій на основі таблиці Microsoft Excel.

4.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи

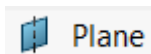
Розглянемо команди SOLIDWORKS для побудови збірок на прикладі моделі робочого колеса вентилятора. Збірна модель Робочого колеса вентилятора складається з двох моделей - Крила і Втулка, до якої кріплять крила.

Модель Крило має складну форму і для її побудови використано побудову моделі за поперечними перерізами. Тобто, для опису поверхні визначено положення площин, на яких будуть ескізи і ці ескізи є поперечними перерізами цієї моделі. Для цього площини встановлюються з кроком, рівним $H=(15+3N)$ мм, де N - варіант студента. Площини встановлюються паралельно базовій площині (Front Plane) з кількістю кроків 5, тобто, довжина крила складає $L = 5H$.

Створимо бічний отвір у циліндрі, для цього у вкладці Додаткова геометрія



обираємо Площина



і будуємо її паралельно Front Plane та

зміщуємо вперед, як показано на рисунку 4.1.

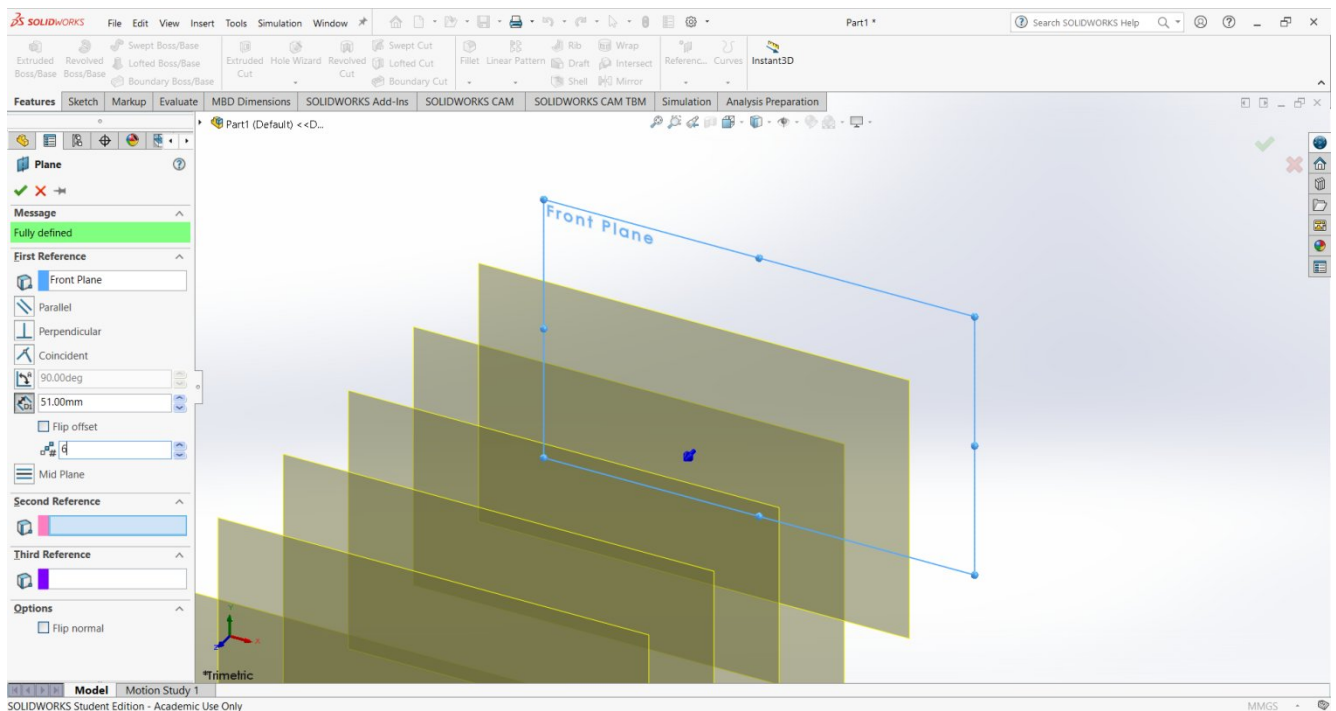


Рисунок 4.1 - Базова та додаткові площини

На ескізі (рисунок 4.2) зобразимо половину еліпса, що дозволить в подальшому збудувати крило. Відношення діаметрів еліпса визначається відповідно до завдання.

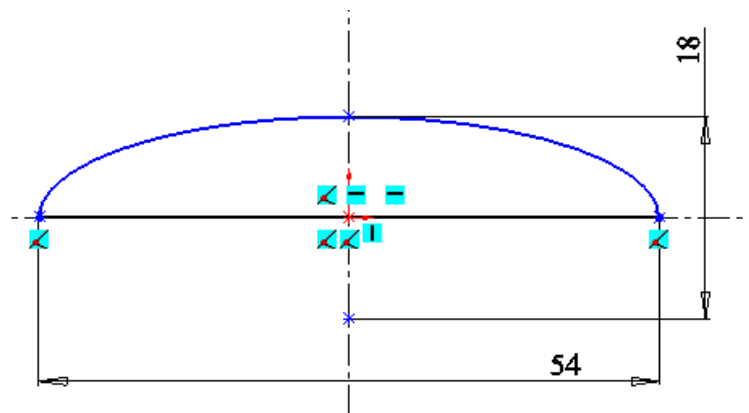


Рисунок 4.2 - Ескіз поперечного перерізу моделі Крило

Оскільки на кожній додатковій площині створюються подібні ескізи, які відрізняються лише розмірами, використовуємо копіювання. Для цього за допомогою Команди smartdimension зменшуємо ескізи відповідно до обчислених діаметрів. Тобто, скопіюємо ескіз в площини 1...5, як показано на рисунку 4.3.

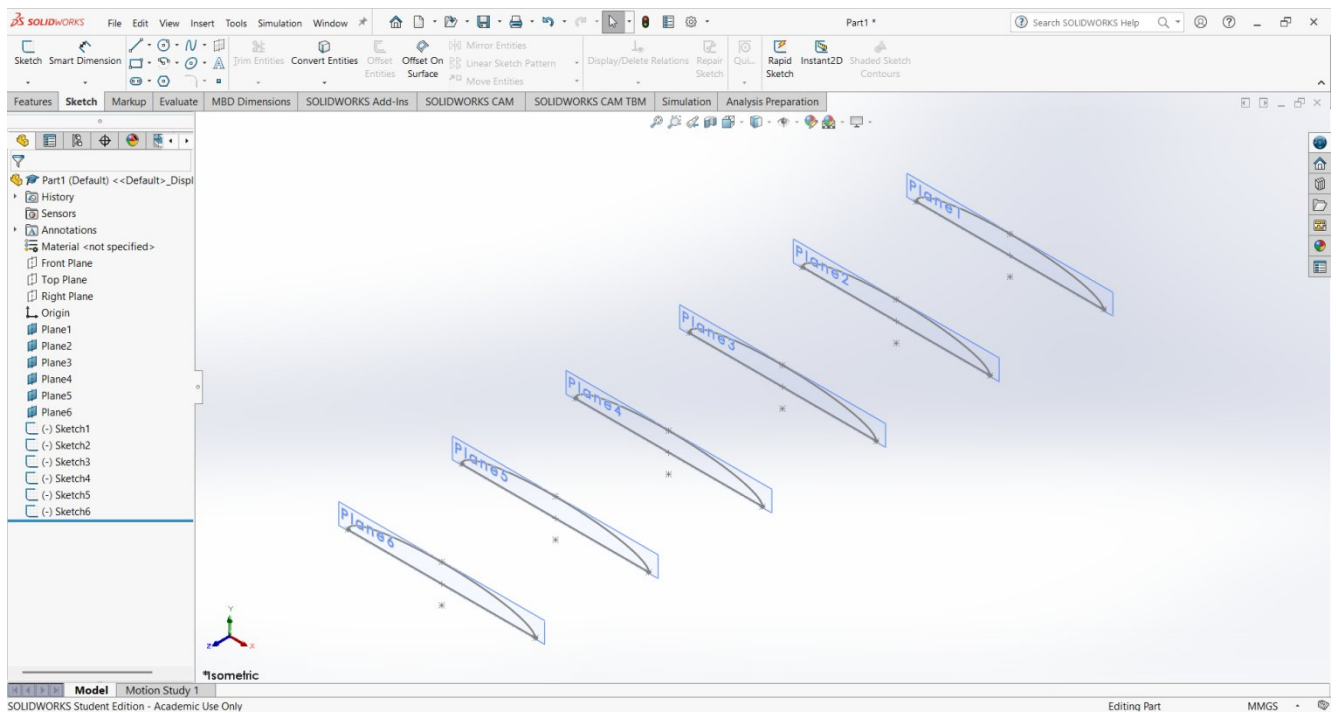


Рисунок 4.3 - Ескізи поперечного перерізу

Для завершення моделі використаємо команду За перетинами Loft, як показано на рисунку 4.4, і отримаємо модель Крило.

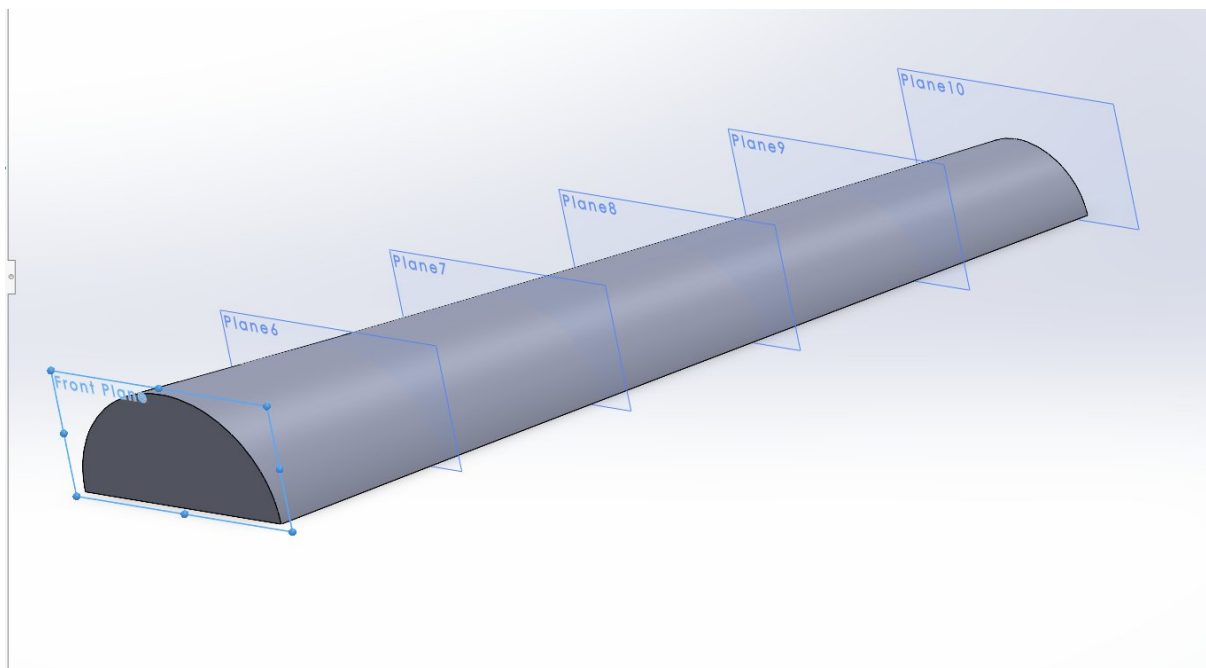


Рисунок 4.4 - Результат команди За перетинами

Далі будуємо наступну модель - Втулка. Для цього на основі ескізу кола збудуємо циліндр. Ескіз, командою Витягнути переводиться в 3-вимірну модель, дивись рисунок 4.5. На цьому побудова моделі Втулки завершена.

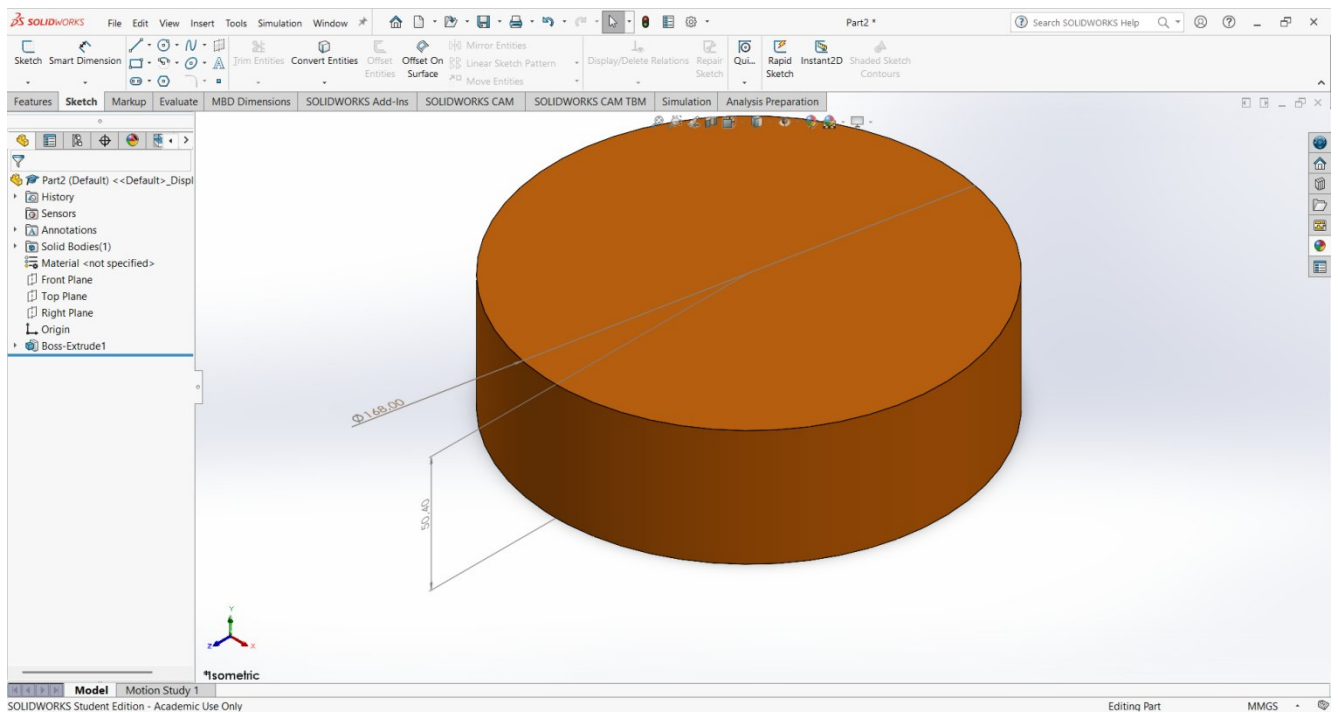


Рисунок 4.5 - Модель Втулка

Для збірки моделі Робоче колесо вентилятора в файлі збірки на вершині моделі Втулки будується ескіз 1 на основі якого створюється площина, як показано на рисунку 4.6. Далі визначаємо положення крила на цій площині. Зокрема, розміщене на втулці крило повертаємо на вказаний кут, рисунок 4.7.

Надалі формуємо Круговий масив для копіювання крила на втулці, як показано на рисунку 4.8.

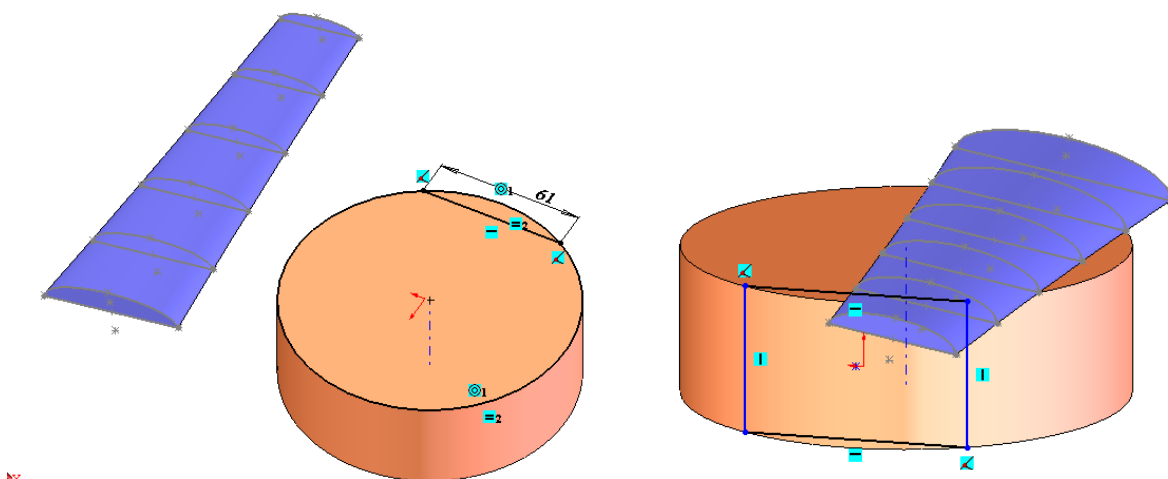


Рисунок 4.6 - Побудова допоміжної площини на моделі Втулка

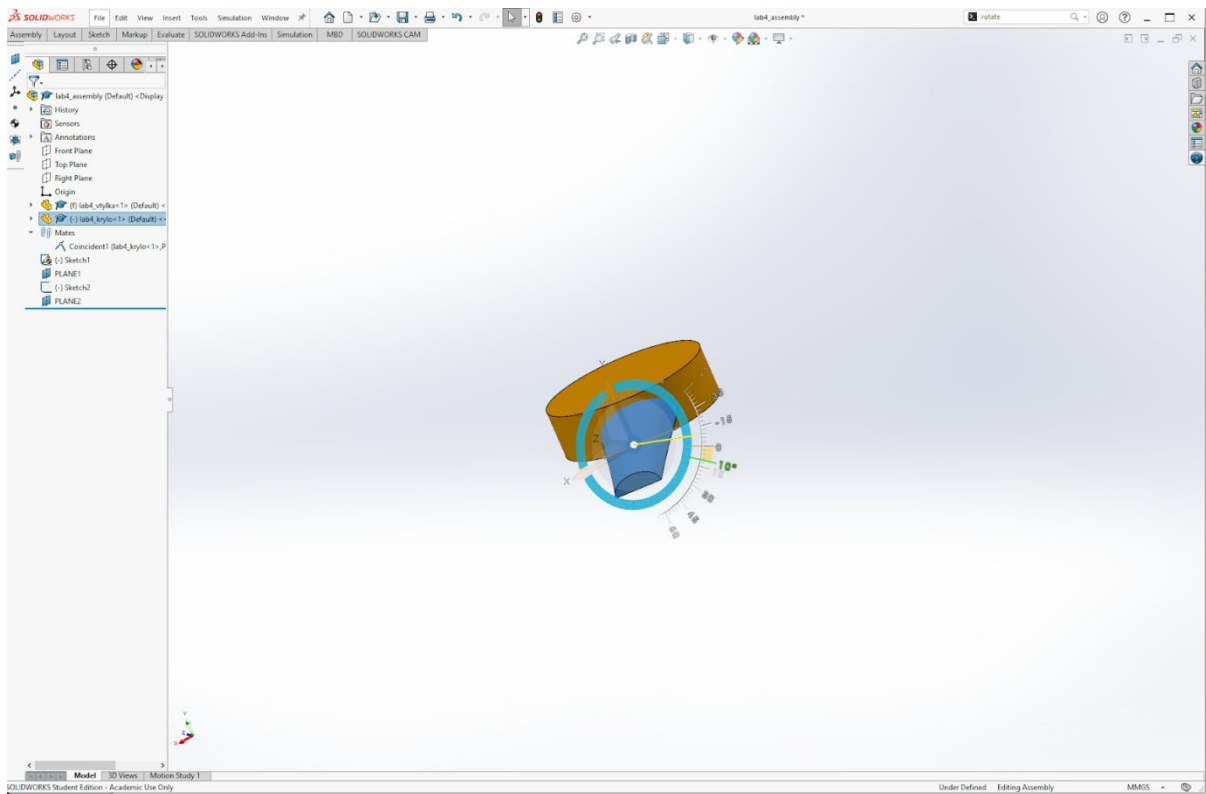


Рисунок 4.7 - Обертання моделі Крило на вказаний кут

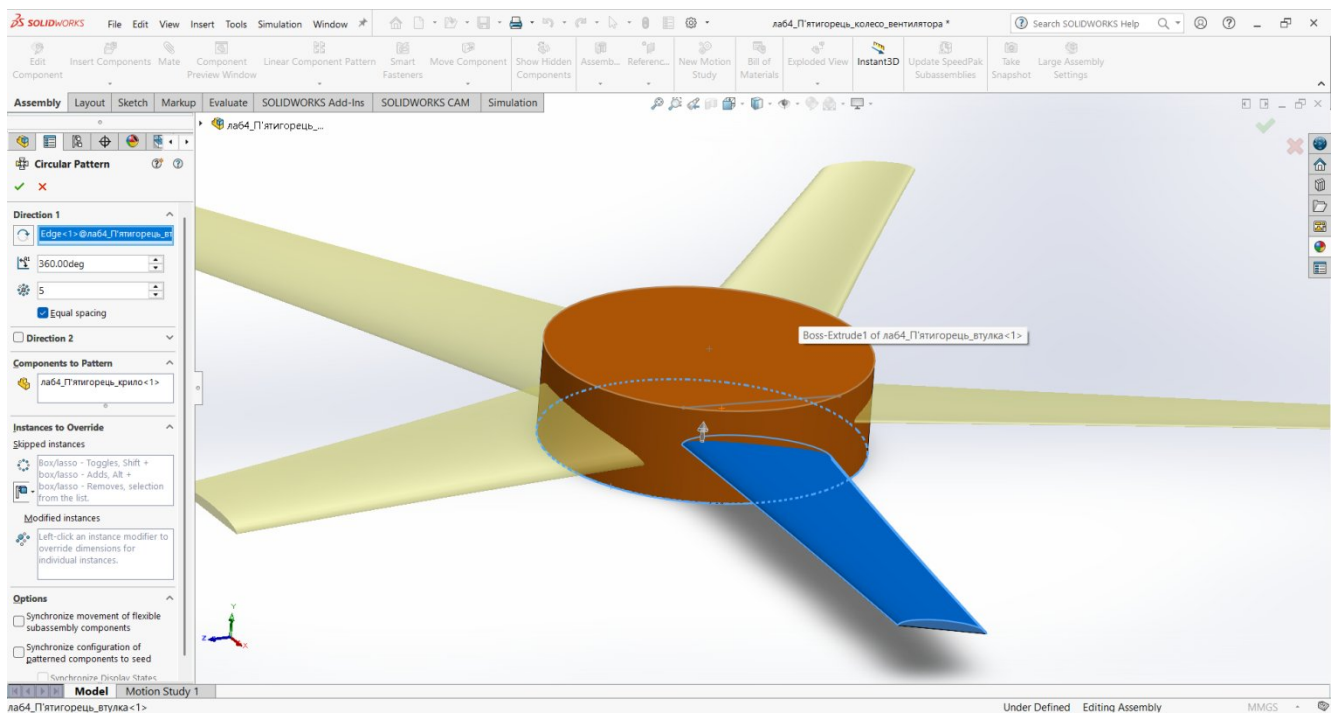


Рисунок 4.8 - Формування Кругового масиву

Далі в головному меню Вставка - Таблиця обираємо Таблиця параметрів. Створюємо параметри для наступних варіантів, як показано на рисунку 4.9.

Надалі, працюючи з Менеджером конфігурацій в лівому меню, можемо переключатися між створеними в Microsoft Excel конфігураціями моделі збірки різного розміру.

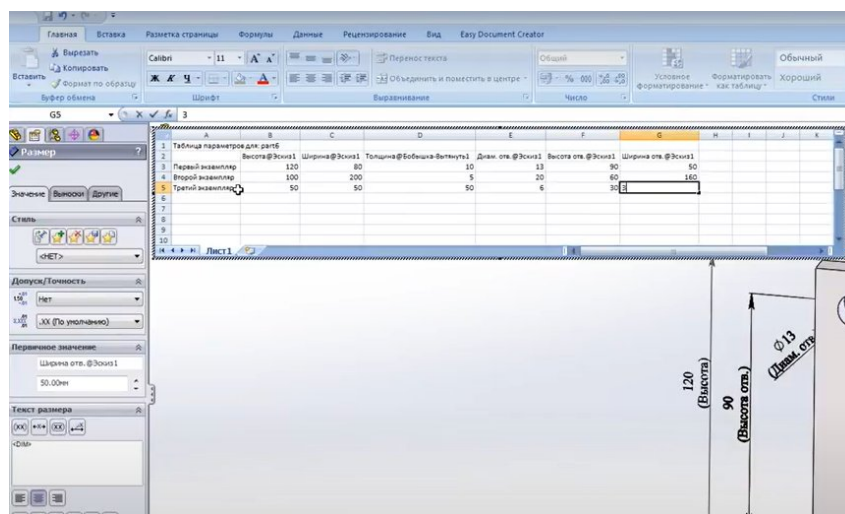


Рисунок 4.9 - Використання таблиці параметрів для зберігання конфігурацій моделі в Microsoft Excel

4.2. Завдання до лабораторної роботи

Параметри моделі Крило

Крок $H = 15 + 2N = 15 + 10 * 2 = 35$ мм, якщо 10 варіант.

Довжина $L = 5H = 175$ мм.

Діаметр еліпса на базовій площині $D1 = 30 + N * 3 = 60$ мм.

Діаметр еліпса на наступній площині $D1.1 = 0,9 D1, D1.2 = 0,9 D1.1$ так далі, як показано на рисунку 4.10.

Співвідношення діаметрів еліпса ($D1/D2$) залежить від N номера варіанту. Перші 5 варіантів (1...5) $D1/D2 = 2$, наступні 5 варіантів (6...10) $D1/D2 = 3$, далі для 11...15 значення 4, далі для 16...20 значення 5, далі 21...25 значення 6.

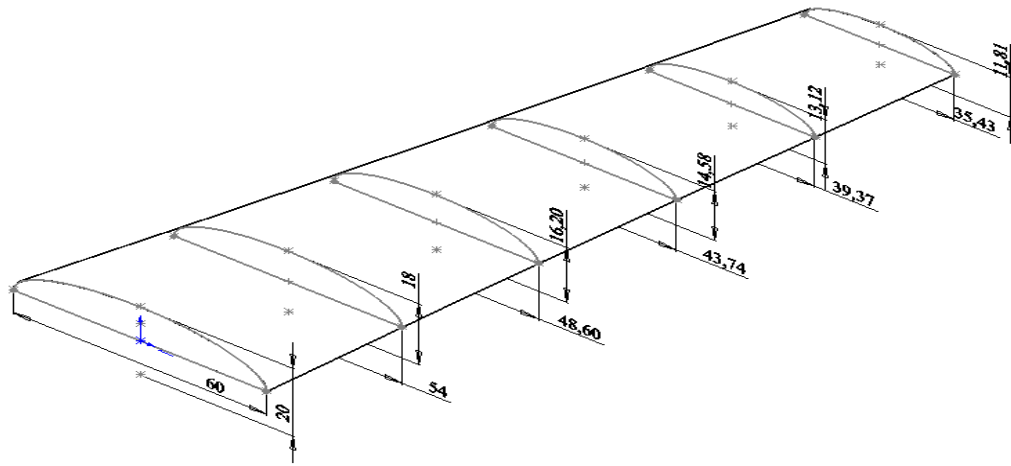


Рисунок 4.10 - Параметри моделі Крило

Параметри моделі Втулка

Діаметр $D = 2 D1 = 120$ мм.

Висота втулки $0.3 * D$.

Кут повороту крила, до площини 10 градусів , як показано на рисунку 4.11.

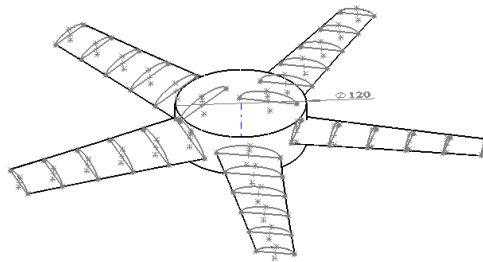


Рисунок 4.11 - Параметри моделі Втулка

В менеджері конфігурацій з використанням Microsoft Excel змінити геометрію кожної з деталей, використовуючи також формули в Microsoft Excel. Порівняти можливості зміни геометрії з використанням менеджера конфігурацій в SOLIDWORKS та без нього, зробити висновки.

4.3. Звіт з роботи

Для зарахування лабораторної роботи необхідно надати протокол з висновками. А також продемонструвати отримані файли елементів, файл збірної 3D моделі, продемонструвавши роботу менеджера конфігурацій з використанням таблиць Microsoft Excel. Також, як альтернативний спосіб здачі роботи - окрім протоколу, можна надіслати озвучене відео побудови з коментуванням процесу моделювання.

Під час демонстрації файлів, відповісти на контрольні питання по процесу побудови та щодо висновків за роботою.

За бажанням студента, за відсутності технічних можливостей, допускається зарахування роботи якщо додатково надіслано відео виконання роботи з коментарями студента та його відображенням, що можна отримати в Zoom, наприклад.

4.4. Контрольні питання до роботи

1. Які інструменти SolidWorks використовуються для моделювання 3D-деталей складної форми у даній роботі?
2. У чому полягає процес створення збірки на основі раніше змодельованих деталей?
3. Яке призначення має менеджер конфігурацій у SolidWorks?
4. Як можна використовувати таблицю Microsoft Excel для створення конфігурацій моделі?
5. Які переваги надає використання конфігурацій при моделюванні варіантів однієї деталі або збірки?

Лабораторна робота 5. Побудова VBA макросу в SOLIDWORKS

Метою роботи є побудова макросу для створення параметризованої 3D моделі в діалоговому режимі з використанням Visual Basic for application (VBA).

5.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи

Оскільки генерація макроса в SOLIDWORKS виконується автоматично, послідовність дій для отримання програмного коду є наступна.

- а) запускаємо SOLIDWORKS,
- б) відкриваємо новий документ,
- в) створюємо новий макрос: Інструменти – Макрос – Запис,
- г) будуємо деталь, потім зупиняємо запис макросу,
- д) зберігаємо та відкриваємо створений макрос: Інструменти – Макрос – Редагувати, вибираємо файл з розширенням .swp,
- е) відкривається середовище MS Visual Basic, в якому відображено код команд, якими створювалась деталь,
- є) редагуємо код відповідно до поставленої задачі,
- и) створюємо інтерфейс користувача – форму для введення вхідних даних.

Для прикладу розглянемо створення макросу. Виконаємо завдання для моделі, наведеної на рисунку 5.1.

Для запису макросу моделі, наведеної на рисунку 5.1, повторимо послідовність дій за пп. 1-8 теоретичних відомостей, що наведена вище.

Для створення інтерфейсу користувача у вигляді форми для введення вхідних даних в середовищі MS Visual Basic виконуємо нижченаведене. Активуємо пункт меню Insert – User Form та додаємо потрібні компоненти на форму, відповідно до параметрів для побудови деталі, показані на рисунку 5.2,

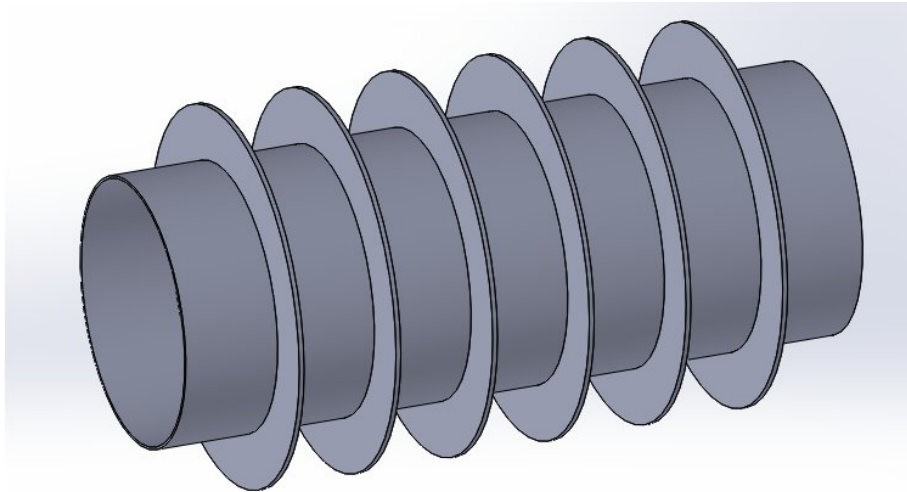


Рисунок 5.1 - Завдання для створення макросу

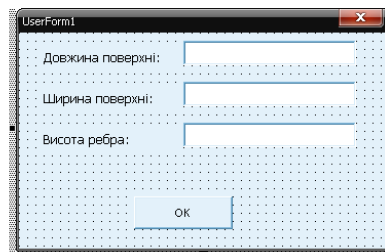


Рисунок 5.2 - Форма користувача

Код програми, що виконується при натисканні кнопки «ОК»

```

Public lengthPl As Double
Public widthPl As Double
Public heightPl As Double

Private Sub ButtonOK_Click()
    If IsNumeric(LengthTB.Text) And IsNumeric(WidthTB.Text) And
IsNumeric(HeightTB.Text) Then
        lengthPl = LengthTB.Text
        widthPl = WidthTB.Text
        heightPl = HeightTB.Text
        ' Close the dialog box and continue
        Hide
    Else

```

```
' Display a message box telling users to enter numerical
```

```
' values for both depth and radius
```

```
MsgBox "Необхідно задати усі числові параметри для побудови деталі."
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Label3_Click()
```

```
End Sub
```

Створюємо код головної функції main()

```
Sub main()
```

```
Set swApp = Application.SldWorks
```

```
Set Part = swApp.NewDocument("C:\Program Files\SolidWorks\data\templates\  
Деталь.prtdot", 0, 0#, 0#)
```

```
Set Part = swApp.ActivateDoc2("Деталь1", False, longstatus)
```

```
Set Part = swApp.ActiveDoc
```

```
Set SelMgr = Part.SelectionManager
```

Викликаємо створену форму

```
Call ShowUserForm
```

Будуємо елементи деталі

```
If (radiatorHeight > 0 And radiatorRadius > 0 And ringsCount >= 0) Then
```

```
swApp.ActiveDoc.ActiveView.FrameState = 1
```

```
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Спереди", "PLANE", 0, 0, 0, False,  
0, Nothing, 0)
```

```
Part.InsertSketch2 True
```

```
Part.CreateCircleByRadius2 0, 0, 0, radiatorRadius
```

```
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз1", "SKETCH", 0, 0, 0, False,  
0, Nothing, 0)
```

```
Part.FeatureManager.FeatureExtrusionThin True, False, False, 0, 0,  
radiatorHeight, 0.01, False, False, False, False, 0.2617993877992, 0.2617993877992,  
False, False, False, False, 1, 0.001, 0.01, 0.01, 1, 0, 0, 0.005, 1, 1
```

Будуємо кільця

```
Dim i As Integer  
For i = 1 To ringsCount  
    Call CreateRing(radiatorHeight * i / (ringsCount + 1) - 0.0005,  
radiatorRadius + 0.01, i)  
Next i  
Else  
    MsgBox "Деякі параметри не було задано, або задано невірно." + Chr(10)  
+ "Деталь побудовано не буде"  
End If  
  
End Sub
```

Надалі створюємо функцію для виклику форми введення даних:

```
Dim radiatorHeight As Double  
Dim radiatorRadius As Double  
Dim ringsCount As Integer  
Sub ShowUserForm()  
    ' Create an instance of the user form  
    Dim myForm As New frmLab5  
    ' Set the caption for the form  
    myForm.Caption = "Задайте параметри деталі у міліметрах"  
    ' Display the user form and retrieve radius and depth values entered by users  
    ' Divide the values by 1000 to change millimeters to meters  
    myForm.Show
```

```

radiatorHeight = myForm.length / 1000
radiatorRadius = myForm.radius / 1000
ringsCount = myForm.ringsCount
'Destroy the user form and remove it from memory because it is no longer
needed
Set myForm = Nothing
End Sub

```

Створюємо функцію побудови кілець

```

Sub CreateRing(offset As Double, outerRadius As Double, ringNumber As
Integer)
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Спереди", "PLANE", 0, 0, 0, False,
0, Nothing, 0)
Part.CreatePlaneAtOffset3 offset, False, True
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Плоскость" +
Trim(Str(ringNumber)), "PLANE", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
Part.InsertSketch2 True
Part.CreateCircleByRadius2 0, 0, 0, radiatorRadius
Part.CreateCircleByRadius2 0, 0, 0, outerRadius
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Scetch" + Trim(Str(ringNumber +
1)), "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
Part.FeatureManager.FeatureExtrusion True, False, False, 0, 0, 0.001, 0.022,
False, False, False, False, 0.2617993877992, 0.2617993877992, False, False, False,
False, 1, 1, 1
Part.ClearSelection2 True
End Sub

```

Натискаємо F5 і запускаємо макрос, інтерфейс якого представлено на рисунку 5.3. Далі в вікні макросу натискаємо ОК на інтерфейсі та отримуємо модель, показану на рисунку 5.4. Код макросу наведено нижче.

```
' Declare all variables
Option Explicit
' Early bound variables
Dim swApp As SldWorks.SldWorks
Dim Part As SldWorks.ModelDoc2
Dim SelMgr As SldWorks.SelectionMgr
Dim longstatus As Long, longwarnings As Long
Dim boolstatus As Boolean

Dim radiatorHeight As Double
Dim radiatorRadius As Double
Dim ringsCount As Integer
Sub ShowUserForm()
    ' Create an instance of the user form
    Dim myForm As New frmLab5
    ' Set the caption for the form
    myForm.Caption = "Задайте параметри деталі у міліметрах"
    ' Display the user form and retrieve radius and depth values entered by users
    ' Divide the values by 1000 to change millimeters to meters
    myForm.Show
    radiatorHeight = myForm.length / 1000
    radiatorRadius = myForm.radius / 1000
    ringsCount = myForm.ringsCount
    'Destroy the user form and remove it from memory because it is no longer needed
    Set myForm = Nothing
End Sub
```

```

Sub CreateRing(offset As Double, outerRadius As Double, ringNumber As Integer)
    boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Спереди", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0,
Nothing, 0)
    Part.CreatePlaneAtOffset3 offset, False, True
    boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Плоскость" + Trim(Str(ringNumber)),
"PLANE", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
    Part.InsertSketch2 True
    Part.CreateCircleByRadius2 0, 0, 0, radiatorRadius
    Part.CreateCircleByRadius2 0, 0, 0, outerRadius
    boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз" + Trim(Str(ringNumber + 1)),
"SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)
    Part.FeatureManager.FeatureExtrusion True, False, False, 0, 0, 0.001, 0.022, False,
False, False, False, 0.2617993877992, 0.2617993877992, False, False, False, False, 1,
1, 1
    Part.ClearSelection2 True
End Sub

```

```

Sub main()
Set swApp = Application.SldWorks
Set Part = swApp.NewDocument("C:\Program Files\SolidWorks\data\templates\
Деталь.prtdot", 0, 0#, 0#)
Set Part = swApp.ActivateDoc2("Деталь1", False, longstatus)
Set Part = swApp.ActiveDoc
Set SelMgr = Part.SelectionManager
Call ShowUserForm
If (radiatorHeight > 0 And radiatorRadius > 0 And ringsCount >= 0) Then
    swApp.ActiveDoc.ActiveView.FrameState = 1
    boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Спереди", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0,
Nothing, 0)

```

```

Part.InsertSketch2 True
Part.CreateCircleByRadius2 0, 0, 0, radiatorRadius
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз1", "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0,
Nothing, 0)

Part.FeatureManager.FeatureExtrusionThin True, False, False, 0, 0, radiatorHeight,
0.01, False, False, False, False, 0.2617993877992, 0.2617993877992, False, False,
False, False, 1, 0.001, 0.01, 0.01, 1, 0, 0, 0.005, 1, 1

Dim i As Integer
For i = 1 To ringsCount
    Call CreateRing(radiatorHeight * i / (ringsCount + 1) - 0.0005, radiatorRadius +
0.01, i)
Next i
Else
    MsgBox "Деякі параметри не було задано, або задано невірно." + Chr(10) +
"Деталь побудовано не буде"
End If

End Sub.

```

Інтерфейс користувача та робота макросу показані нижче, рисунки 5.3, 5.4.

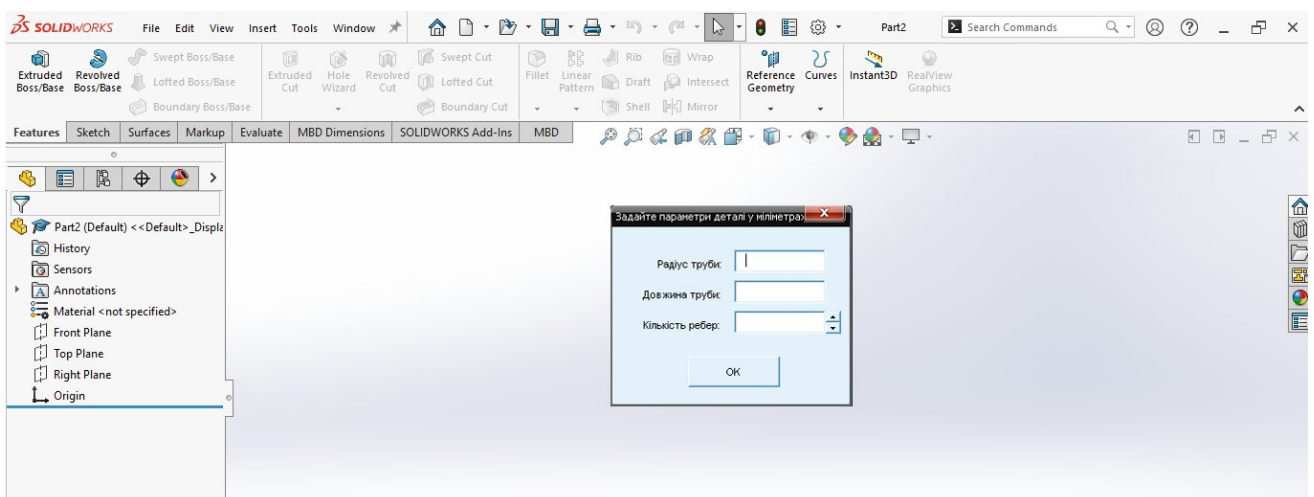


Рисунок 5.3 - Інтерфейс користувача

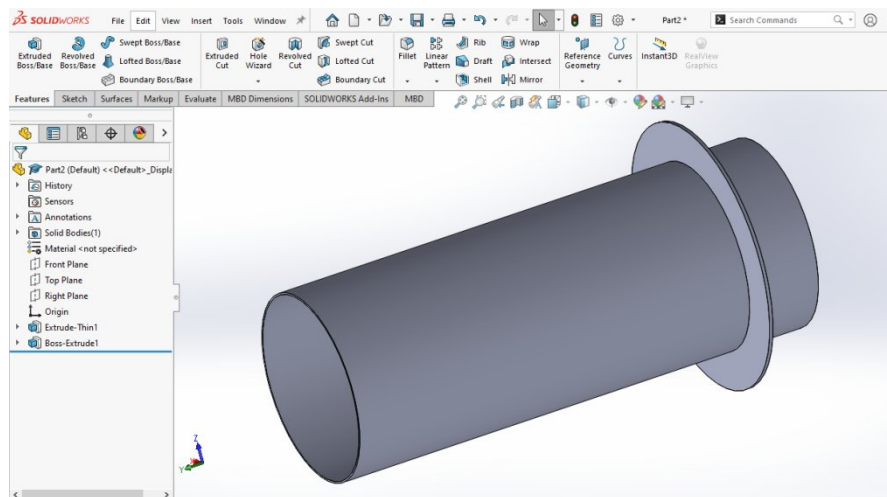


Рисунок 5.4 - Робота макроса

5.2. Завдання до лабораторної роботи

З використанням MS Visual Basic for application (VBA) побудувати макрос для створення параметризованої 3D деталі в діалоговому режимі. Перевірити коректність роботи макросу, змінивши геометричні параметри моделі в діалоговому режимі. Зробити висновки. Робота виконується у відповідності до варіанту, що наведені в таблиці 2.1, лабораторної роботи 2.

5.3. Звіт з роботи

Для зарахування роботи продемонструвати роботу макросу, відповісти на контрольні питання.

Для зарахування лабораторної роботи необхідно надати протокол з висновками. А також продемонструвати роботу макросу. Також, як альтернативний спосіб здачі роботи - окрім протоколу, можна надіслати озвучене відео побудови з коментуванням процесу моделювання.

Під час демонстрації роботи, відповісти на питання щодо процесу побудови макросу та щодо висновків за роботою.

За бажанням студента, за відсутності технічних можливостей, допускається зарахування роботи якщо додатково надіслано відео виконання роботи з коментарями студента та його відображенням, що можна отримати в Zoom, наприклад.

5.4. Контрольні питання до роботи

1. Яке призначення макросів у процесі створення параметризованих 3D моделей у SOLIDWORKS?
2. Які основні етапи створення макросу в середовищі Visual Basic for Applications (VBA)?
3. Яким чином реалізується діалоговий режим введення параметрів у VBA для побудови моделі?
4. Як передаються значення параметрів із форми VBA у геометричні розміри моделі SOLIDWORKS?
5. Які переваги надає використання параметризації моделі з використанням макросу, порівняно з ручною побудовою?

Лабораторна робота 6. Робота в SOLIDWORKS з використанням Microsoft C#

Метою роботи є побудова макросу для створення параметризованої 3D моделі в діалоговому режимі з використанням Microsoft VSTA та Microsoft C#.

6.1. Теоретичні відомості та хід виконання роботи

Microsoft VSTA є інструментарієм на основі Microsoft C#, що вбудований в програмне забезпечення SOLIDWORKS. Microsoft VSTA дозволяє записувати, запускати і редагувати C# код в системі САПР SOLIDWORKS. Макроси VSTA можуть зберігатися в S SOLIDWORKS як Microsoft C # проекти. Створений та налагоджений Microsoft VSTA макрос створює проект та виконуваний файл з розширенням *.dll, які можуть використовуватися зовнішніми додатками для побудови моделей та збірок в САПР SOLIDWORKS.

SOLIDWORKS генерує макрос на основі функцій API, які відповідають діям при побудові деталі в інтерфейсі. Надалі, відповідно до задач, створений макрос редагується в VSTA.

Створення макросів SolidWorks VSTA C# виконується наступним чином:

- а) планування дій в інтерфейсі користувача до їх запису,
- б) запис дій користувача інтерфейсу,
- в) редагування макросу, зокрема видалення додаткового коду,
- г) виконання макросу та виправлення помилок,
- д) створення інтерфейсу користувача в Microsoft VSTA, налагодження макросу і додаткова перевірка.

На прикладі побудови наведеної на рисунку 6.1 моделі, розглянемо створення макросу SW VSTA C# Macro.

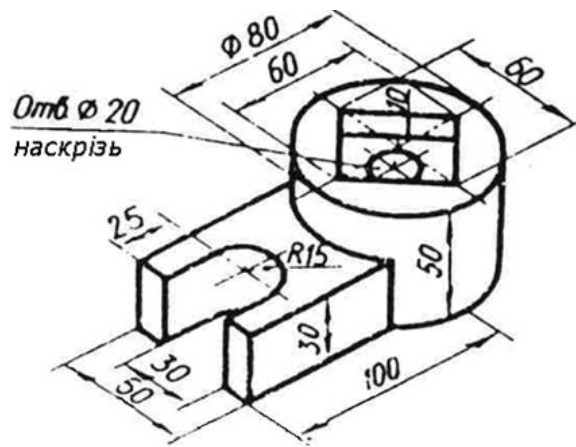


Рисунок 6.1 - Параметри моделі

Виконання задачі починається зі створення нового файлу типу Part в SOLIDWORKS (рисунок 6.2).

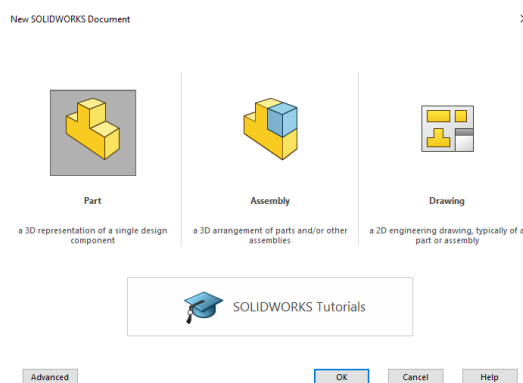


Рисунок 6.2 - Створення нового документу

Наступним кроком створюється проект VSTA шляхом виклику функції «Створити макрос».

В код програми вноситься об'явлення функціональних об'єктів:

```
ModelDocExtension swModelDocExt = default(ModelDocExtension);
```

```
SketchManager swSketchMgr = default(SketchManager);
```

```
SketchSegment swSketchSegment = default(SketchSegment);
```

```
SketchSlot mySketchSlot = default(SketchSlot);
```

```
Feature myFeature = default(Feature);
```

```
FeatureManager swFeatureMgr = default(FeatureManager);
```

```
Feature swFeature = default(Feature);
```

```
object vSkLines = null;
```

```
bool boolstatus = false;
```

```
int longstatus = 0;
```

Виконується обнулення лічильника документів, що використовує даний макрос, оскільки SolidWorks дозволяє працювати одночасно лише з одним макросом:

```
// Reset the counts for untitled documents for this //macro
```

```
swApp.ResetUntitledCount(0, 0, 0);
```

Виконується налаштування параметрів робочої деталі:

```
swApp.ActivateDoc2("Part1", false, ref longstatus);
```

```
swModel = (ModelDoc2)swApp.ActiveDoc;
```

```
swSketchMgr = swModel.SketchManager;
```

```
swModelDocExt = swModel.Extension;
```

Всі параметричні розрахунки відображаються у вигляді об'єкту Ескіз (Sketch). Для кожного окремого елемента деталі важливо створити окремий власний ескіз для забезпечення коректної роботи створюваного макроса.

Створюється ескіз кола (рисунок 6.3).

```
// Sketch a circle
```

```
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2("TOP", "PLANE", 0, 0, 0, false, 0, null, 0);
```

```
swSketchSegment = swSketchMgr.CreateCircle(0.0, 0.0, 0.0, 0.01, 0.0, 0.0);
```

```
// Close the sketch and rebuild
```

```
swSketchMgr.InsertSketch(true);
```

Створюється ескіз прямокутника (рисунок 6.4).

```
// Create a rectangle
```

```
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2("TOP", "PLANE", 0, 0, 0, false, 0, null, 0);
```

```
vSkLines = swSketchMgr.CreateCornerRectangle(0.0, 0.025, 0.0, 0.100, -0.025, 0.0 );
```

// Close the sketch and rebuild

```
swSketchMgr.InsertSketch(true);
```

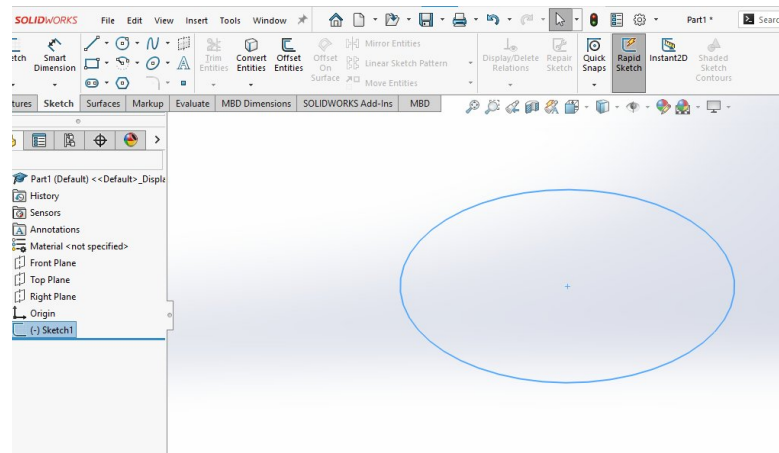


Рисунок 6.3 - Ескіз кола

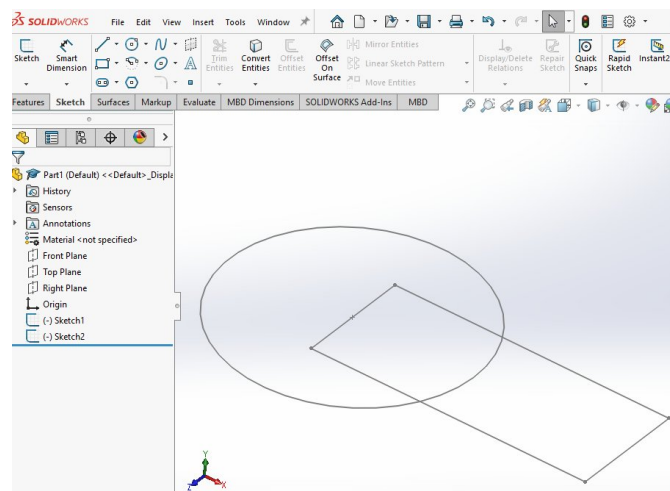


Рисунок 6.4 - Ескіз прямокутника

Створюється ескіз для другого кола (рисунок 6.5):

// Sketch a circle

```
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2("TOP", "PLANE", 0, 0, 0, false, 0, null, 0);
```

```
swSketchSegment = swSketchMgr.CreateCircle(0.0, 0.0, 0.0, 0.01, 0.0, 0.0);
```

// Close the sketch and rebuild

```
swSketchMgr.InsertSketch(true);
```

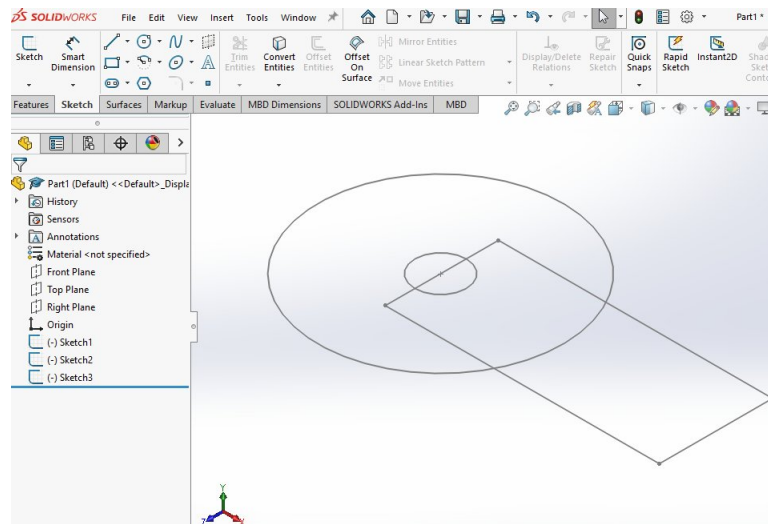


Рисунок 6.5 - Ескіз кола вирізу

Створюється ескіз для витягнутого контуру вирізу (рисунок 6.6).

// Sketch a contour

```
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2("TOP", "PLANE", 0, 0, 0, false, 0, null, 0);
```

```
mySketchSlot = ((SketchSlot)(swSketchMgr.CreateSketchSlot(((int)
(swSketchSlotCreationType_e.swSketchSlotCreationType_line)), ((int)
(swSketchSlotLengthType_e.swSketchSlotLengthType_CenterCenter)), 0.010, 0.080,
0.0, 0, 0.100, 0.0, 0, 0, 0, 0, 1, false)));
```

```
swSketchMgr.InsertSketch(true);
```

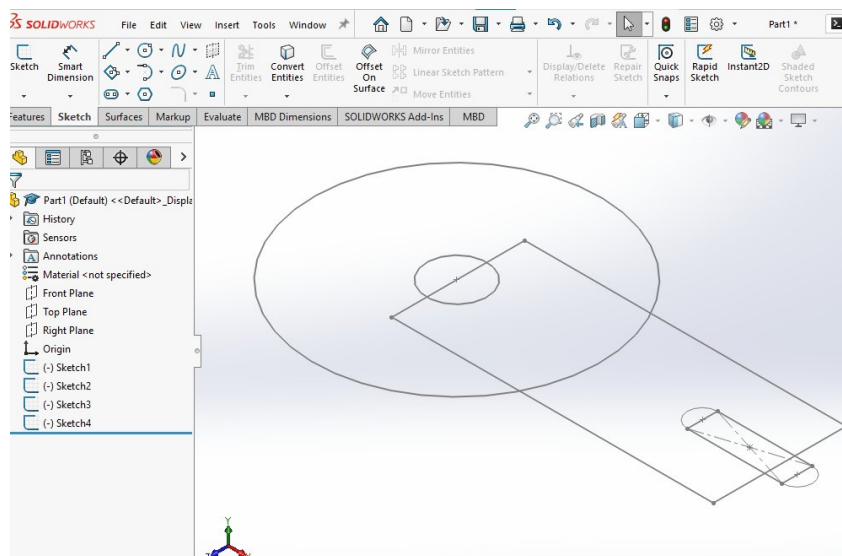


Рисунок 6.6 - Ескіз витягнутого контуру

Відбувається ініціалізація об'єкту менеджера подій над об'єктами:

```
swFeatureMgr = swModel.FeatureManager;
```

Витягаємо ескіз кола (рисунок 6.7):

```
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2("SKETCH1", "SKETCH", 0, 0, 0, false,  
0, null, 0);  
myFeature = ((Feature)(swModel.FeatureManager.FeatureExtrusion2(true, false, false,  
0, 0, 0.05, 0.05, false, false, false, false, 0.017453292519943334,  
0.017453292519943334, false, false, false, false, true, true, true, 0, 0, false)));
```

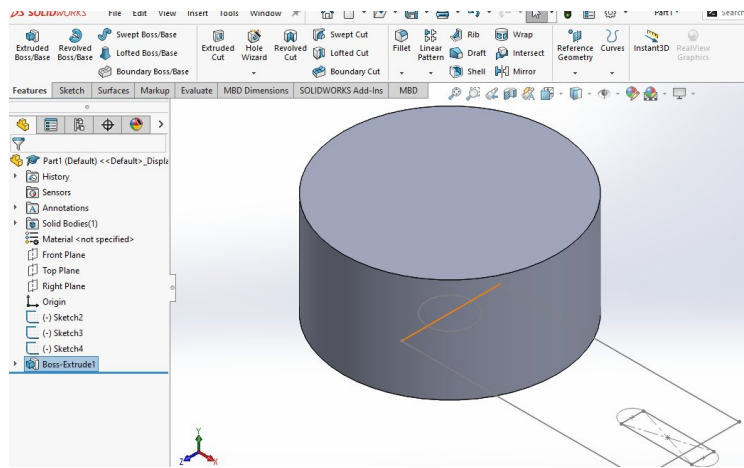


Рисунок 6.7 - Витягування ескізу кола

Витягаємо ескізу прямокутника (рисунок 6.8):

```
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2("SKETCH2", "SKETCH", 0, 0, 0, false,  
0, null, 0);  
myFeature = ((Feature)(swModel.FeatureManager.FeatureExtrusion2(true, false, false,  
0, 0, 0.01, 0.01, false, false, false, false, 0.017453292519943334,  
0.017453292519943334, false, false, false, false, true, true, true, 0, 0, false)));
```

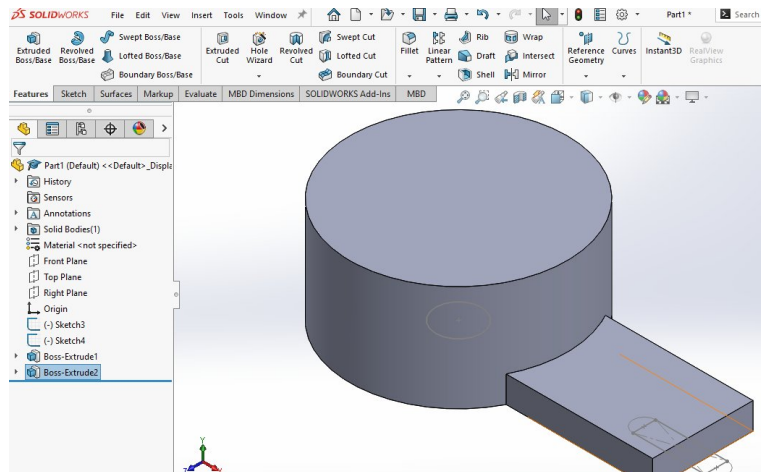


Рисунок 6.8 - Витягування ескізу прямокутника

Вирізаємо циліндр ескізом другого кола (рисунок 6.9):

```
boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2("SKETCH3", "SKETCH", 0, 0, 0, false, 0, null, 0);
```

```
myFeature = ((Feature)(swModel.FeatureManager.FeatureCut3(true, false, true, 0, 0, 0.05, 0.05, false, false, false, false, 0.017453292519943334, 0.017453292519943334, false, false, false, false, false, true, true, true, true, false, 0, 0, false))));
```

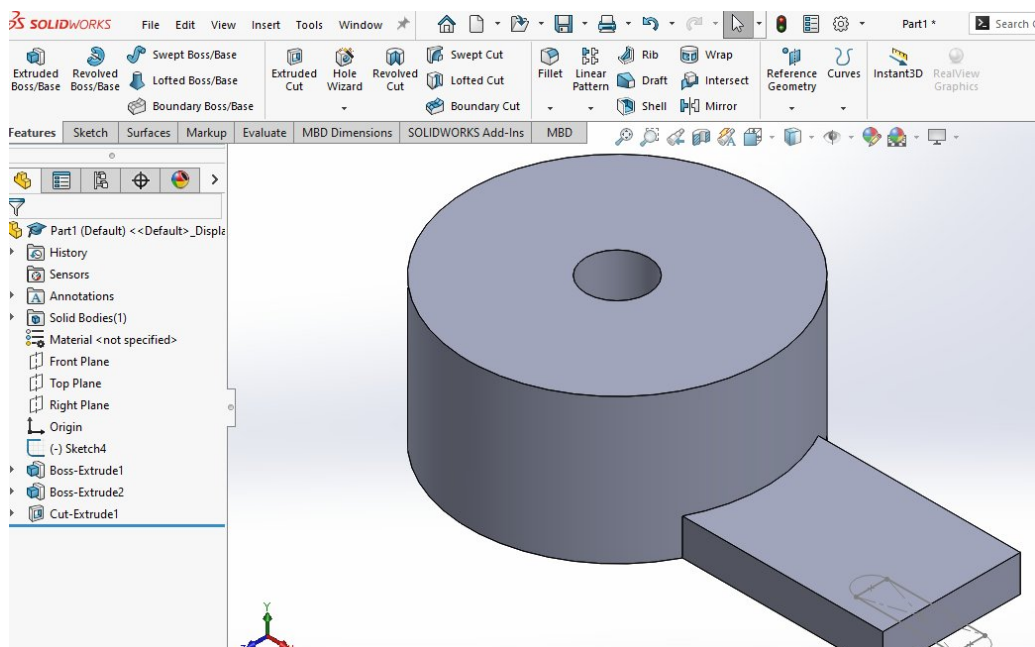


Рисунок 6.9 - Виріз циліндра колом

Виконується виріз паралелепіпеда ескізом витягнутої області (рисунок 6.10):

```

boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2("SKETCH4", "SKETCH", 0, 0, 0, false,
0, null, 0);
myFeature = ((Feature)(swModel.FeatureManager.FeatureCut3(true, false, true, 0, 0,
0.01, 0.01, false, false, false, false, 0.017453292519943334, 0.017453292519943334,
false, false, false, false, false, true, true, true, true, false, 0, 0, false)));

```

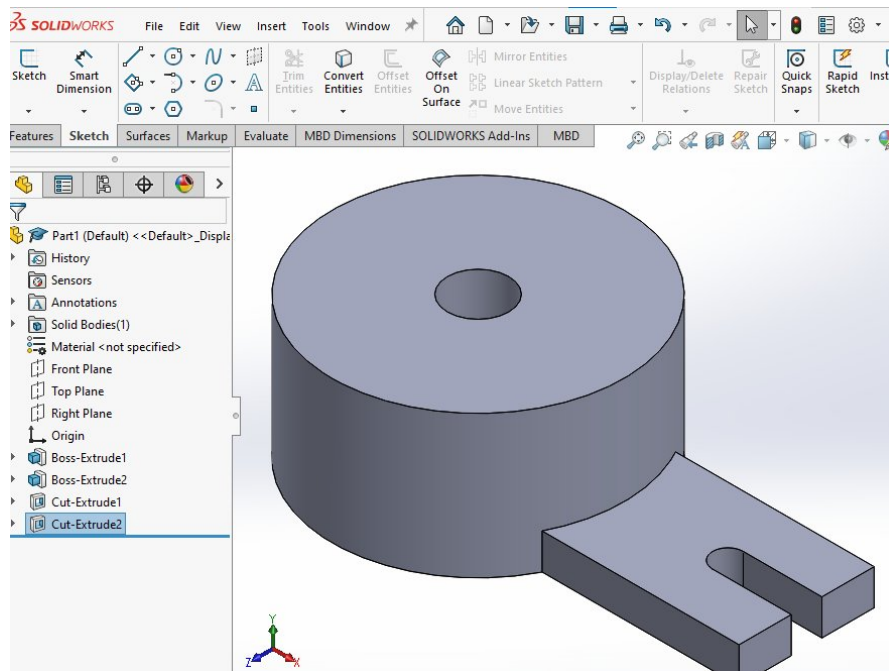


Рисунок 6.10 - Виріз витягнутого контуру на паралелепіпеді

Створюється ескіз квадрата, розташованого на заданій верхній площині циліндра:

```

boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2("", "FACE", 0.012, 0.05, 0.012, false, 0,
null, 0);
vSkLines = swSketchMgr.CreatePolygon(0, 0, 0, 0.025, 0, 0, 4, true);
swSketchMgr.InsertSketch(true);

```

Вирізаємо циліндр ескізом квадрата (рисунок 6.12) і в результаті, маємо модель, побудовану SOLIDWORKS VSTA C# Macro.

```

boolstatus = swModel.Extension.SelectByID2("SKETCH5", "SKETCH", 0, 0, 0, false,
0, null, 0);

```

```
myFeature = ((Feature)(swModel.FeatureManager.FeatureCut3(true, false, false, 0, 0, 0.01, 0.01, false, false, false, false, 0.017453292519943334, 0.017453292519943334, false, false, false, false, false, true, true, true, true, false, 0, 0, false))));
```

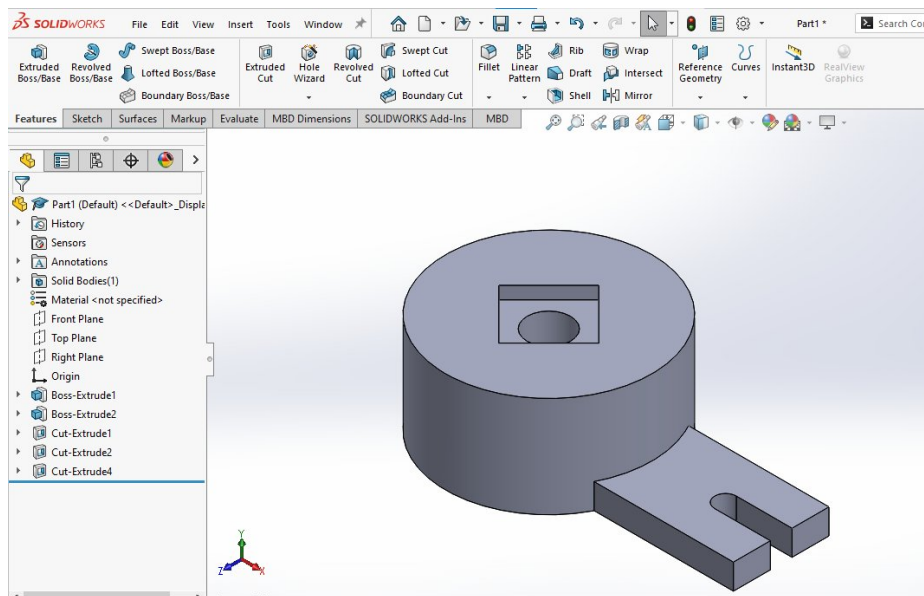


Рисунок 6.11 - Виріз циліндру ескізом квадрата

6.2. Завдання до лабораторної роботи

З використанням Visual Studio Tools for Applications (VSTA) C# побудувати макрос для створення параметризованої 3D деталі в діалоговому режимі. Перевірити коректність роботи макросу, змінивши геометричні параметри моделі в діалоговому режимі. Зробити висновки. Робота виконується у відповідності до варіанту, що наведені в таблиці 2.1, лабораторної роботи 2.

6.3. Звіт з роботи

Для зарахування лабораторної роботи необхідно надати протокол з висновками. А також продемонструвати роботу макросу. Також, як

альтернативний спосіб здачі роботи - окрім протоколу, можна надіслати озвучене відео побудови з коментуванням процесу моделювання.

Під час демонстрації роботи, відповісти на контрольні питання та щодо висновків за роботою.

За бажанням студента, за відсутності технічних можливостей, допускається зарахування роботи якщо додатково надіслано відео виконання роботи з коментарями студента та його відображенням, що можна отримати в Zoom, наприклад.

6.4. Контрольні питання до роботи

1. Яке призначення має Microsoft VSTA у створенні макросів для SolidWorks?
2. Які основні відмінності між використанням Microsoft VSTA з C# та VBA для створення макросів у SolidWorks?
3. Як у середовищі Microsoft VSTA реалізується діалогове вікно для введення параметрів 3D-моделі?
4. Яким чином параметри, введені користувачем у формі C#, передаються у модель SolidWorks?
5. Які переваги надає параметризоване моделювання за допомогою макросів на C# у порівнянні з ручним моделюванням?

ДОДАТОК А. Модульна контрольна робота

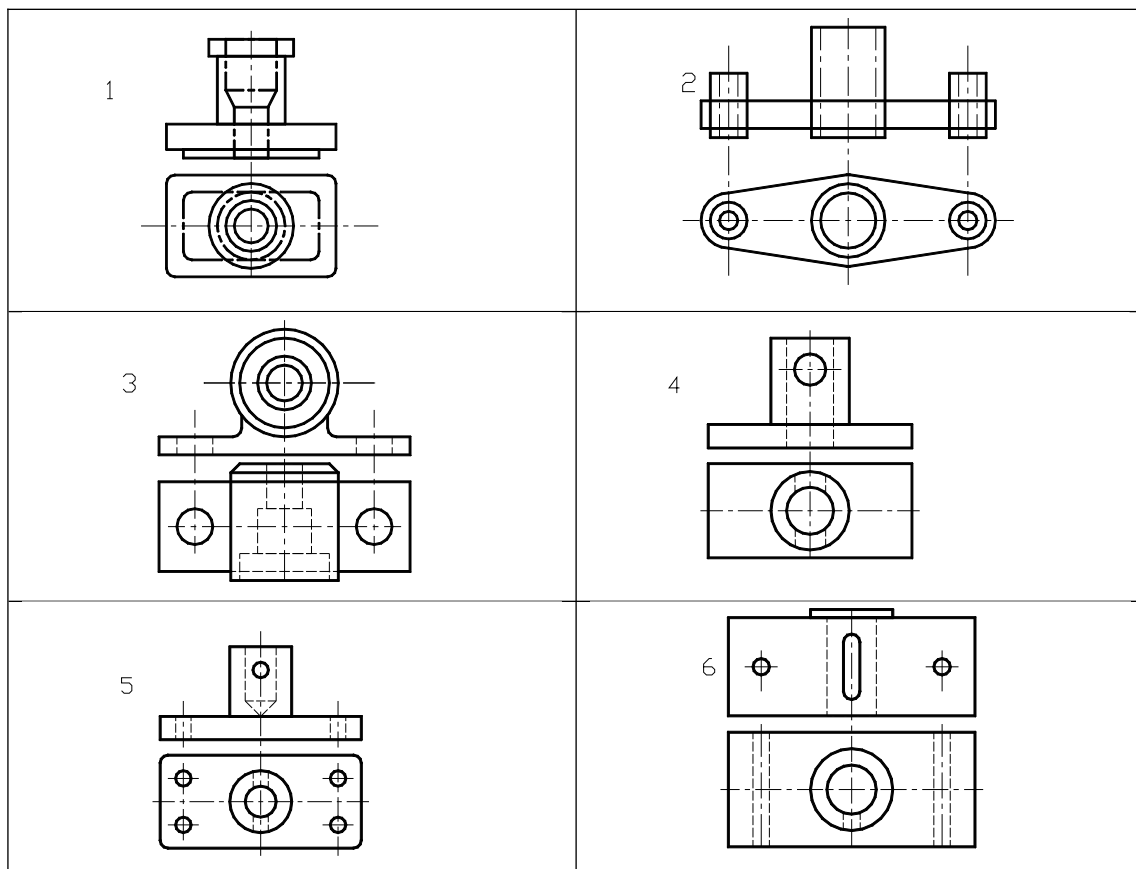
Завдання до роботи

Відповідно до варіанту [5] за журналом старости групи, в середовищі SOLIDWORKS збудувати модель, пропорційно до зображення. Всі розміри зробити кратними 10 мм (30 мм, 90 мм, 240 мм та ін.).

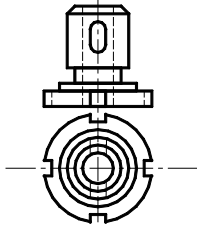
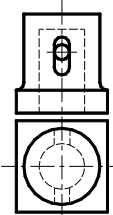
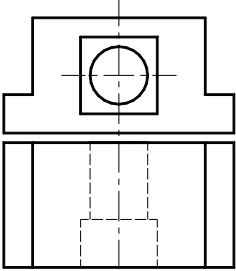
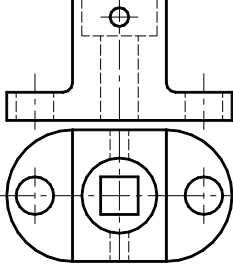
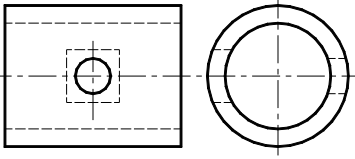
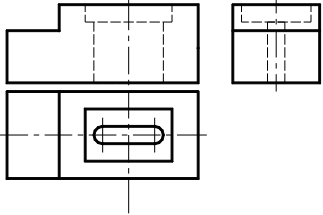
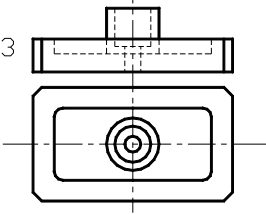
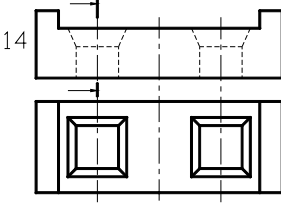
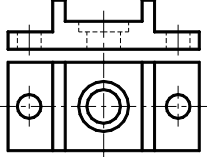
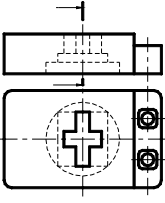
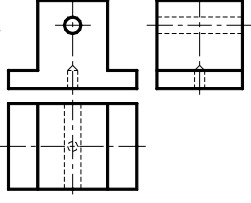
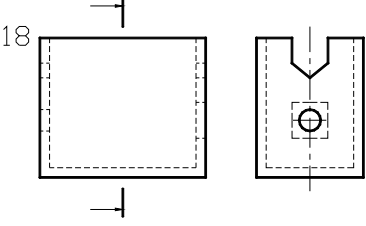
Також в середовищі SOLIDWORKS зробити кресленик моделі та зберегти його в форматі dxf.

За результатами виконання роботи здається два файли — модель і її кресленик.

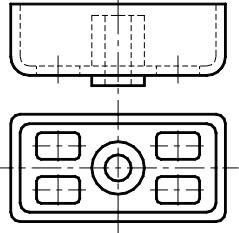
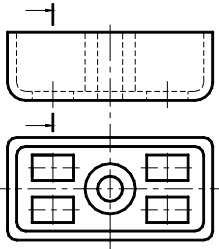
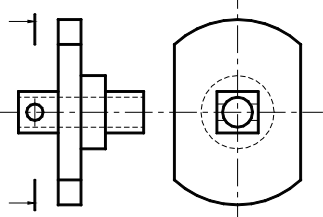
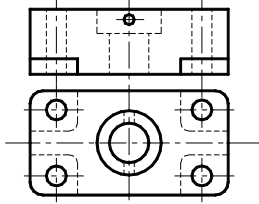
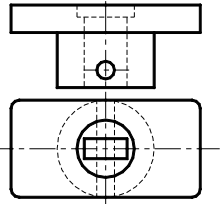
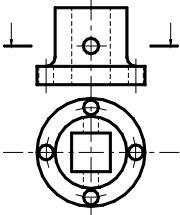
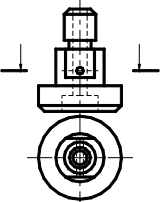
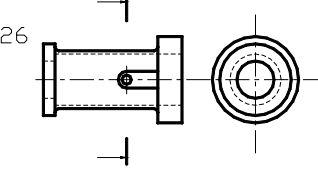
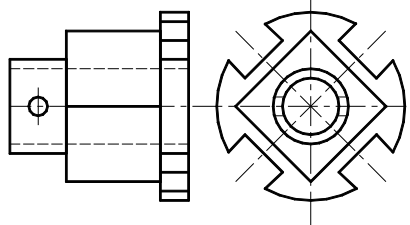
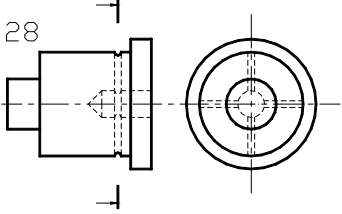
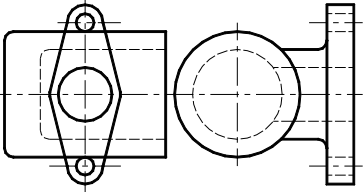
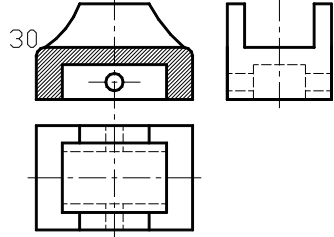
Таблиця А.1 - Варіанти до роботи



Продовження таблиці А.1

<p>7</p> 	<p>8</p> 
<p>9</p> 	<p>10</p> 
<p>11</p> 	<p>12</p> 
<p>13</p> 	<p>14</p> 
<p>15</p> 	<p>16</p> 
<p>17</p> 	<p>18</p> 

Кінець таблиці А.1

<p>19</p> 	<p>20</p> 
<p>21</p> 	<p>22</p> 
<p>23</p> 	<p>24</p> 
<p>25</p> 	<p>26</p> 
<p>27</p> 	<p>28</p> 
<p>29</p> 	<p>30</p> 

Перелік джерел посилання

1. INTRODUCING SOLIDWORKS URL:
https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_EN.pdf
(дата звернення: 21.04.2025).
2. Student's Guide to Learning SolidWorks Software URL:
https://www.solidworks.com/sw/docs/student_wb_2011_eng.pdf (дата звернення:
21.04.2025).
3. Пустюльга С.І., Самостян В.Р., Клак Ю.В. Інженерна графіка в SolidWorks навч. посіб. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с
4. Weber M., Verna G. Solidworks simulation 2017 Black Book. USA: CAD/CAM/CAE Works, 2016. 362 p.
5. Кузьменко І.М., Лабжинський В.А., Бандурка О.І. Використання AutoLISP в AutoCAD [Електронний ресурс]: метод. вказівки. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 35 с.