

О. В. Поліщук, А. В. Слабкий, В. О. Кудраш

**Практикум
з дисципліни
«Комп'ютерно-інтегровані технології
проектування машинобудівного
обладнання»
для здобувачів вищої освіти зі спеціальності
133 «Галузеве машинобудування»**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

О. В. Поліщук, А. В. Слабкий, В. О. Кудраш

**Практикум
з дисципліни
«Комп'ютерно-інтегровані технології
проектування машинобудівного
обладнання» для здобувачів вищої освіти
зі спеціальності
133 «Галузеве машинобудування»**

Електронний практикум
комбінованого (локального та мережного) використання

Вінниця
ВНТУ
2024

УДК 621.7.01:004.42
П50

Рекомендовано до видання Вченою Радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 11 від 30.04.2024 р.)

Рецензенти:

Р. І. Сивак, доктор технічних наук, доцент

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

С. В. Репінський, кандидат технічних наук, доцент

Поліщук, О. В.

П50 Практикум з дисципліни «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування машинобудівного обладнання» для здобувачів вищої освіти зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» : електронний практикум комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Поліщук О. В., Слабкий А. В., Кудраш В. О. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 122 с.

В практикумі наведено базові операції та алгоритми, використовувані для побудови конструктивних елементів у середовищі SolidWorks, та розглянуто особливості застосування додатка SolidWorks Simulation. Запропоновано індивідуальні завдання для набуття практичних навичок використання інструментів програмного пакету SolidWorks.

УДК 621.7.01:004.42

ЗМІСТ

Практична робота № 1 Робота над масивами в SolidWorks.	
Моделювання складних деталей	4
Практична робота № 2 Створення деталей складної конфігурації	12
Практична робота № 3 Кресленик в SolidWorks.	
Правка шаблону з рамкою	23
Практична робота № 4 Збірки в SolidWorks. Механічні, стандартні та додаткові сполучення	30
Практична робота № 5 Проектування деталей з листового матеріалу.	
Створення розгортки	41
Практична робота № 6 Дослідження деталі на межу міцності за допомогою SolidWorks Simulation	56
Практична робота № 7 Визначення теплового потоку за допомогою SolidWorks Simulation	68
Практична робота №8 Створення анімації складання виробу в програмному середовищі SolidWorks	90
Перелік використаних джерел	101
Додаток А. Варіанти завдань	102

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

РОБОТА НАД МАСИВАМИ В SOLIDWORKS. МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ДЕТАЛЕЙ

Мета та задачі роботи

1. Ознайомитись із вмістом панелі інструментів «Елементи» у програмі SolidWorks.
2. Пропрацювати команди лінійного та кругового масивів.
3. Отримати навички створення деталей складної конфігурації.

1.1 Панель інструментів Елементи

Панель інструментів **Елементи** (рис. 1.1) – це набір окремих геометричних форм, що дозволяють створювати деталь. Окремі типи елементів також можуть бути додані до збірок. Одна деталь в межах документа може містити декілька окремих елементів. Одні елементи утворюються в процесі створення ескізу; інші елементи, такі як, наприклад, оболонки чи заокруглення, створюються внаслідок вибору відповідної команди в меню та визначення необхідних розмірів. Один ескіз можна використовувати для створення декількох елементів.

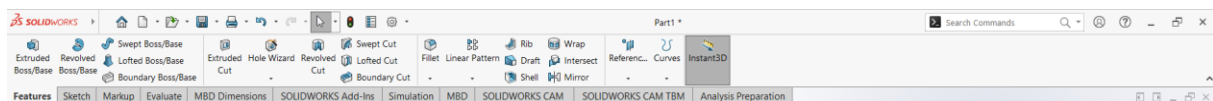


Рисунок 1.1 – Панель «Елементи»

Команда **Масив** призначена для створення лінійного або кругового масиву з певних елементів. Будь-який масив ґрунтується на окремому вихідному елементі. В SolidWorks передбачено можливість створення лінійного, кругового або керованого кривою масиву. Меню масивів має такий вигляд (рис. 1.2).

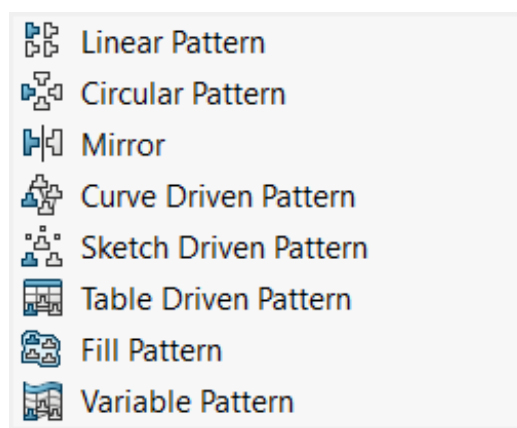


Рисунок 1.2 – Меню масивів

1.2 Створення циліндричної деталі

У цьому підрозділі, на прикладі корпусної циліндричної деталі (рис. 1.3), ознайомимось із створенням кругового та лінійного масивів.



Рисунок 1.3 – Циліндрична деталь

1.2.1 Створення циліндричної стінки

Деталі циліндричної форми, як правило, створюються за допомогою команди **Повернута бобишка/основа**. Для цього:

1. Відкрийте панель для створення ескізу та виберіть команду **Ескіз**.
2. Виберіть вид на площині **Спереду** та за допомогою команд з відповідної панелі нарисуйте ескіз і нанесіть розміри, як показано на рис. 1.4.

3. Натисніть кнопку **Заокруглення**  на панелі інструментів **Ескіз**. Встановіть **Радіус** рівний 5 мм. Залишіть включеним параметр **Зберегти взаємозв'язки кутів**, для збереження розмірів кутів та взаємозв'язків в точці віртуального перетину. Виберіть по чергово верхню та праву і нижню та праву лінії. Потім натисніть галочку .

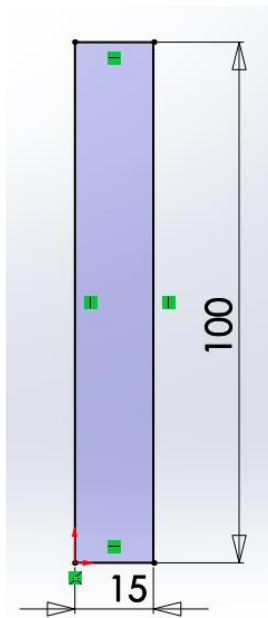


Рисунок 1.4 – Ескіз стінки деталі

4. Зліва від ескізу проведіть вертикальну лінію та в панелі **Властивості лінії** поставте галочку навпроти **Допоміжна геометрія** і натисніть . Між лівою гранню ескізу та осьовою лінією встановіть розмір 35 мм.

5. Виберіть панель **Елементи** та натисніть кнопку . **Повернута бобишка/основа** або виберіть у основному меню **Вставка, Бобишка/Основа, Повернути**. Властивості команди у цьому випадку залишаємо за замовчуванням(рис. 1.5, а) і натискаємо .

1.2.2 Створення поперечного вирізу

Спочатку створимо профіль поперечного вирізу.

1. Відкрийте панель для створення ескізу та виберіть команду **Ескіз**. Для створення ескізу виберіть площину **Front**.

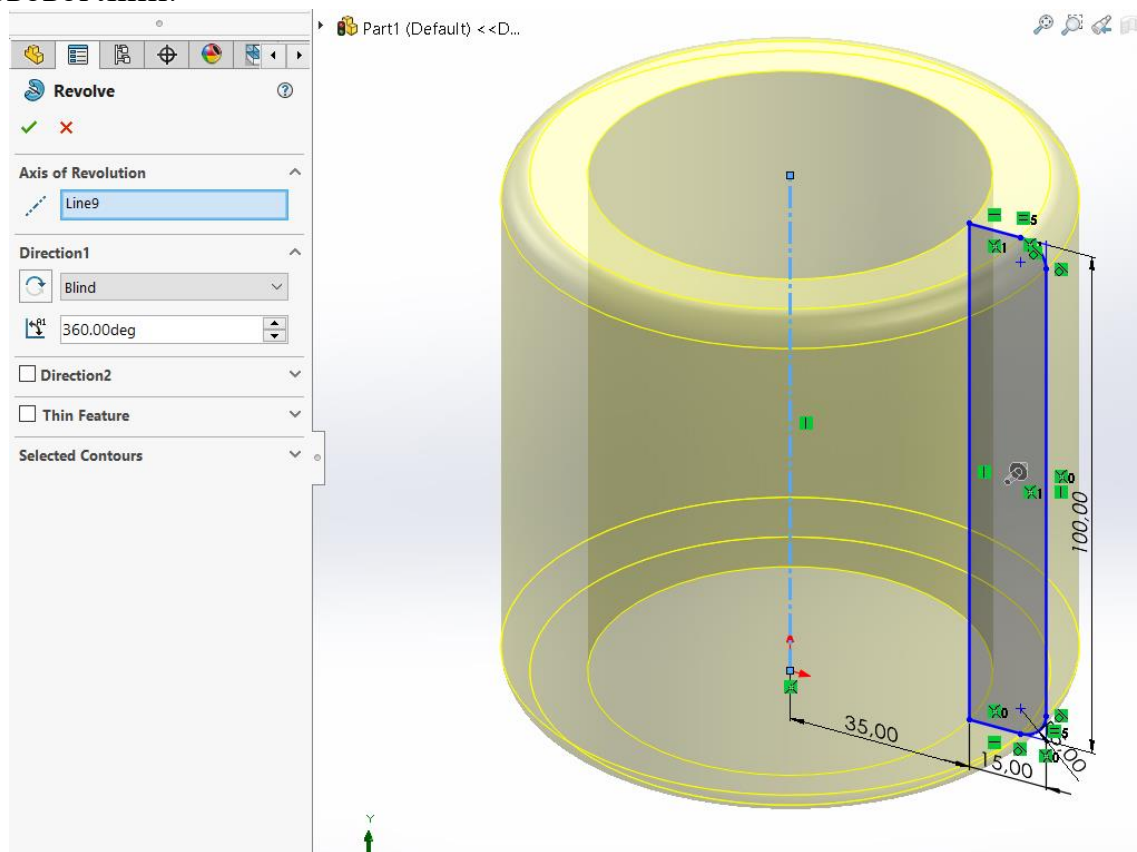
2. Натисніть кнопку **Осьова лінія** і нарисуйте вертикальну осьову лінію через вихідну точку.

3. За допомогою команди **Лінія** нарисуйте дві горизонтальні лінії однакової довжини, перпендикулярно до осьової лінії, починаючи від неї.

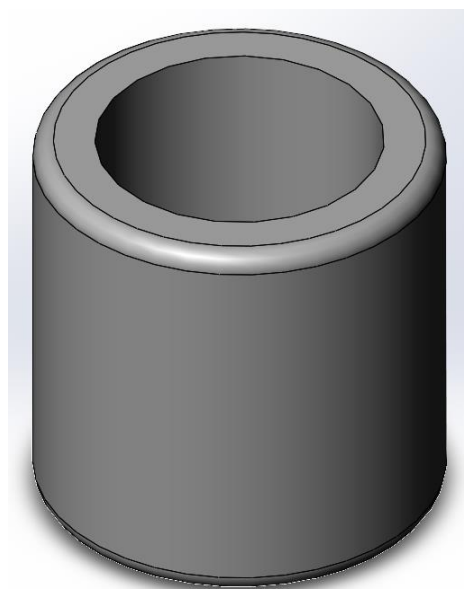
4. За допомогою команди **Дуга через три точки** створіть дугу, через три точки, як показано на рисунку 1.5

5. Утримуючи клавішу **Ctrl** виберіть обидві горизонтальні лінії і дугу та натисніть кнопку **Дзеркальне відображення** на панелі інструментів **Ескіз** чи виберіть **Інструменти, Інструменти ескізу**,

Дзеркальне відображення. Ескіз дзеркально відобразиться відносно осьової лінії.



a)



б)

a) попередній; б) остаточний

Рисунок 1.5 – Результати побудови циліндричної деталі:

6. Укажіть розміри побудованого ескізу, як показано на рисунку 1.6

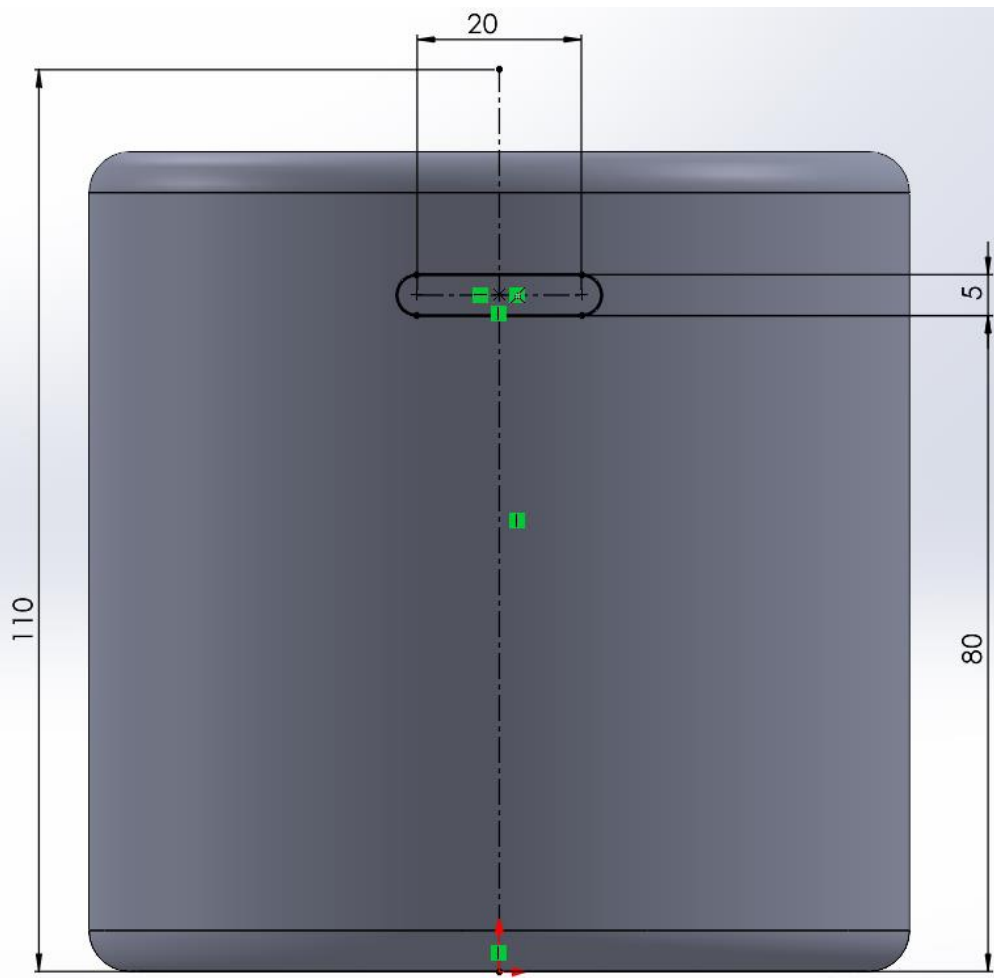


Рисунок 1.6 – Ескіз профілю вирізу

7. Побудований ескіз повністю визначено, тому можна створити виріз. Натисніть кнопку **Витягнутий виріз** або виберіть **Вставка, Виріз, Витягнути**. Встановіть в параметрі **Напрям** значення **Наскрізь - обидва напрями**. Натисніть  для створення вирізу.

1.3 Створення масивів

1.3.1 Створення лінійного масиву

Далі створимо лінійний масив поперечного вирізу. Для того, щоб визначити напрямок, у якому створюватиметься лінійний масив, використаємо вертикальний розмір.

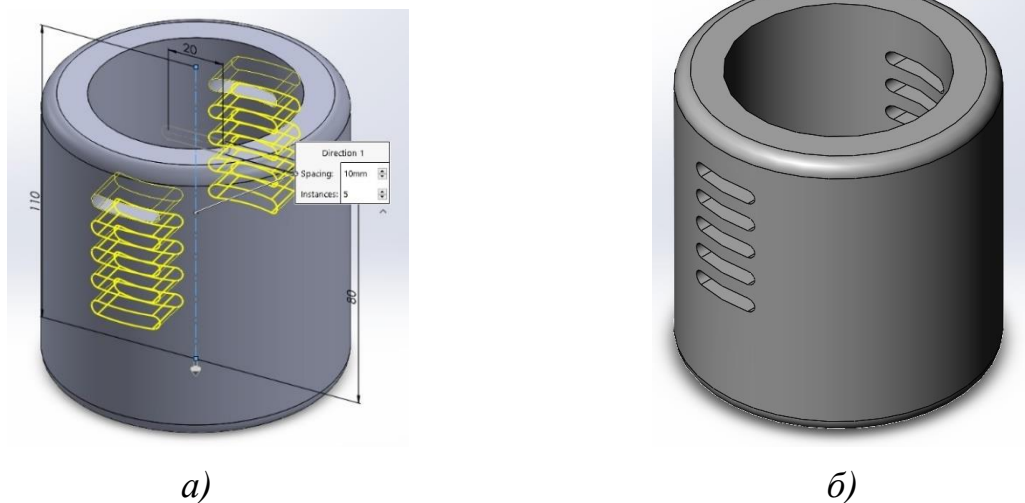
1. Двічі натисніть на елемент **Виріз-Витягнути1** у дереві конструювання. Розміри обраного елемента **Виріз-1** з'являться в графічній області.

2. Натисніть кнопку **Лінійний масив**  на панелі інструментів **Елементи** чи виберіть **Вставка, Масив/Дзеркало, Лінійний масив**.

3. Задайте значення **Напрямок 1**. Натисніть на комірку **Обраний напрямок** , потім виберіть розмір 80 мм на ескізі у графічній області. Змініть напрямок, повторно натиснувши на кнопку . Введіть в параметрі **Інтервал** значення 10 мм. Це відстань між відповідними точками на сусідніх екземплярах. Встановіть **Кількість екземплярів** – 5.

Це значення також враховує вихідний елемент. Натисніть , щоб створити лінійний масив (рис. 1.7).

4. Збережіть деталь.



а) ескіз; б) кінцевий результат

Рисунок 1.7 – Лінійний масив вирізів

1.3.2 Видалення та відновлення екземпляра масиву

За потреби будь-який екземпляр масиву можна видалити. Для цього необхідно:

1. Вибрати будь-яку грань екземпляра масиву котрий має бути видалений.

2. Натиснути клавішу **Delete**. Після цього з'явиться вікно **Видалити масив**.

3. За потреби обрати параметр **Видалити елемент(и) масиву** та місце розташування обраного для видалення екземпляра масиву у вікні **Видалений елемент(и)** - (3, 1).

4. Натиснути кнопку **ОК** для завершення команди та закриття діалогового вікна. Вибраний для видалення екземпляр масиву буде вилучено.

1.3.3 Відновлення вилученого екземпляра масиву

Видалений елемент масиву може бути відновлено. Для цього необхідно:

1. Натиснути правою кнопкою миші на елемент **Лінійний масив1** у дереві конструювання **FeatureManager**, далі обрати **Редагувати визначення**.

2. З'явиться діалогове вікно **Лінійний масив1**. У вікні **Пропустити екземпляри** необхідно вибрати **видалений екземпляр (3,1)** і натиснути клавішу **Delete**.

3. Екземпляр масиву, видалений з вікна **Пропустити екземпляри**, відновиться у вікні попереднього перегляду.

4. Натисніть  для завершення відновлення видаленого екземпляра.

1.3 4 Створення кругового масиву з лінійного

Для створення кругового масиву з лінійного використаємо тимчасову вісь як вісь обертання.

1. Виберіть **Вид, Відобразити/Приховати, Тимчасові осі**.

2. На панелі інструментів **Елементи** натисніть кнопку **Круговий масив** або виберіть **Вставка, Масив/Дзеркало, Круговий масив**:

2.1 Виберіть параметр **Напрямок1**, потім виберіть тимчасову вісь, що проходить через центр деталі (ескізу тіла обертання). Над віссю з'явиться стрілка, що вказує напрямок масиву. Кнопкою  виберіть необхідний напрямок побудови.

2.2 Відмітьте галочкою **Крок між екземплярами**. У комірці **Кут** встановіть **120 градусів**.

2.3 Встановіть **Кількість екземплярів** рівну 3.

2.4 У чарунці **Копіювати грані** оберіть грані вирізу та переконайтесь у правильності вибору тимчасової осі.

2.5 Виберіть параметр **Геометричний масив**.

3. Натисніть  для створення кругового масиву (рис. 1.8).

4. Для відключення зображень осей виберіть **Вид, Відобразити/Приховати, Тимчасові осі**.

Примітка. За відсутності в потрібному місці тимчасової осі для використання кругового масиву вона може бути створена. Або ж в як вісь можна використати лінійну кромку.

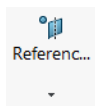


Рисунок 1.8 – Круговий масив вирізів

1.4 Побудова додаткових площин

Під час проєктування деталей складної конфігурації дуже часто з'являється необхідність створення додаткової площини. Створити їх можна як паралельно чи перпендикулярно до вже існуючих основних площин, так і через певні точки, або під заданим кутом до існуючих початкових площин.

Для цього на панелі інструментів **Елементи** відкрийте вкладку



Довідкова геометрія

та виберіть команду **Площина**)



Далі:

1. Натисніть **Вид, відобразити/Приховати** та переконайтеся, що команда **Площина** активна, потім натисніть правою кнопкою миші на **Front** у дереві конструювання *Feature Manager*.

2. В графічній області з'явиться додаткова площина, паралельна площині **Front**, а в контекстному меню в розділі **Менеджер властивостей** з'являться доступні налаштування.

3. Виберіть спосіб розміщення площини до початкової (паралельно, перпендикулярно, під кутом чи ін.) та, за потреби, встановіть **Відстань**

зміщення і натисніть



4. Створиться нова **Площина2**.

1.5 Завдання до практичної роботи

За варіантом із додатка А або за завданням викладача спроектувати 3D-модель деталі, що містить однотипні елементи, для яких може бути застосовано інструмент – круговий або лінійний масив.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

СТВОРЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ

Мета та задачі роботи:

1. Оволодіти навичками створення деталей за допомогою команди витягування вздовж траєкторії.
2. Ознайомитися із функціоналом команди 3D ескіз для моделювання деталей складної форми.

2.1 Особливості використання команди Бобишка/основа по траєкторії

Ця робота присвячена побудові деталей складної конфігурації, які можна змоделювати за допомогою команди **Бобишка/основа по траєкторії**.

Ця команда дозволяє створити основу, бобишку, виріз або поверхню шляхом переміщення профілю в заданому напрямку згідно з такими правилами:

- для використання команди профіль має бути замкнутим;
- траєкторією може бути розімкнута або замкнута крива;
- траєкторія може складатись із безлічі кривих, які містяться в одному ескізі або із безлічі крайок моделі;
- траєкторія має перетинати площину профілю;
- ні переріз, ні траєкторія, ні отриманий як результат твердотільний елемент не мають перехрещуватись із собою;
- напрямні криві мають збігатися з профілем або з точкою на його ескізі.

2.2 Створення пружин

Цей підрозділ, на прикладі пружини стиску та розтягу, дозволяє ознайомитись із використанням команди витягування вздовж траєкторії для створення тіла пружини та із використанням команди 3D ескізу для створення кінців пружини розтягу.

2.2.1 Пружина стиску

Побудову траєкторії можна виконати в такій послідовності:

1. Створюється новий **Ескіз**. На площині **Right** будується коло діаметром, що дорівнює діаметру майбутньої пружини (рис. 2.1).

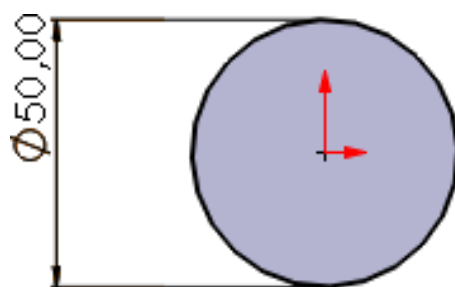


Рисунок 2.1 – Коло спіралі

2. На інструментальній панелі **Елементи** потрібно відкрити вкладку **Криві**  та скористатися командою **Гелікоїд і спіраль** .

3. Для створення майбутньої пружини із стиснутими крайніми витками необхідно встановити галочку в пункті **Змінний крок**. Далі потрібно створити спіраль, наприклад, із налаштуваннями, показаними на рисунку:

	P	Rev	H	Dia
1	0mm	0	0mm	50mm
2	5mm	0.5	1.25m	50mm
3	10mm	1	5mm	50mm
4	15mm	1.5	11.25m	50mm
5	15mm	2	18.75m	50mm
6	10mm	4	43.75m	50mm
7	5mm	6	58.75m	50mm
8				50mm

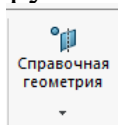
Рисунок 2.2 – Параметри траєкторії

4. Для завершення операції необхідно натиснути .

Далі потрібно побудувати переріз пружини. Для цього необхідно створити додаткову площину, яка має бути перпендикулярною до побудованої спіралі у кінцевій точці. Для цього:

1. На панелі інструментів **Елементи** необхідно відкрити вкладку

Довідкова геометрія



та скористатися командою **Площина**



2. Потрібно натиснути на кнопку **Площина** . У діалоговому

вікні, що з'явиться, у вкладці **Перше посилання** оберіть спіраль та відмітьте **Перпендикулярно** , у вкладці **Друге посилання** вкажіть точку на одному із кінців спіралі та відмітьте **Збіг** . Далі натисніть .

3. Після останньої дії буде створено площину (рис. 2.3).

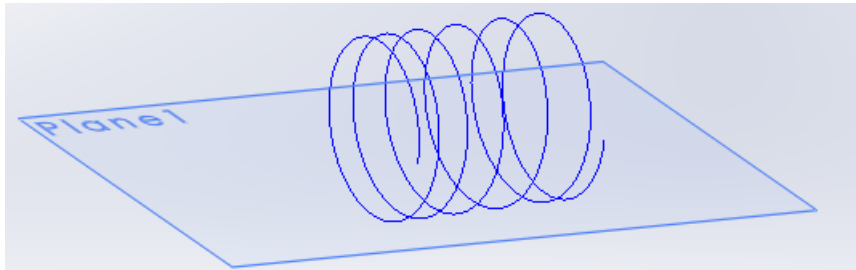


Рисунок 2.3 – Додаткова площина

Тепер у створеній площині необхідно побудувати **Ескіз** перерізу пружини. Переріз потрібно побудувати так, щоб центр кола збігся зі спіраллю. Це можна зробити, використовуючи взаємозв'язок **Точка пронизування** . (рис. 2.4).

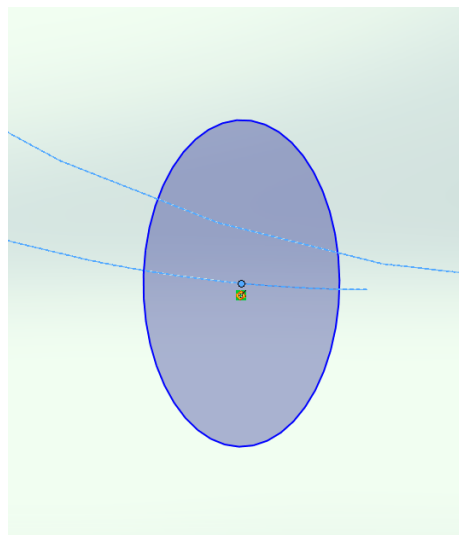


Рисунок 2.4 – Розміщення перерізу пружини

4. Тепер на панелі інструментів **Елементи** необхідно вибрати команду **Бобишка/основа по Траєкторії** . В менеджері властивостей потрібно вибрати створений профіль пружини як ескіз профіля та створену спіраль як траєкторію та вказати напрям побудови (рис. 2.5).

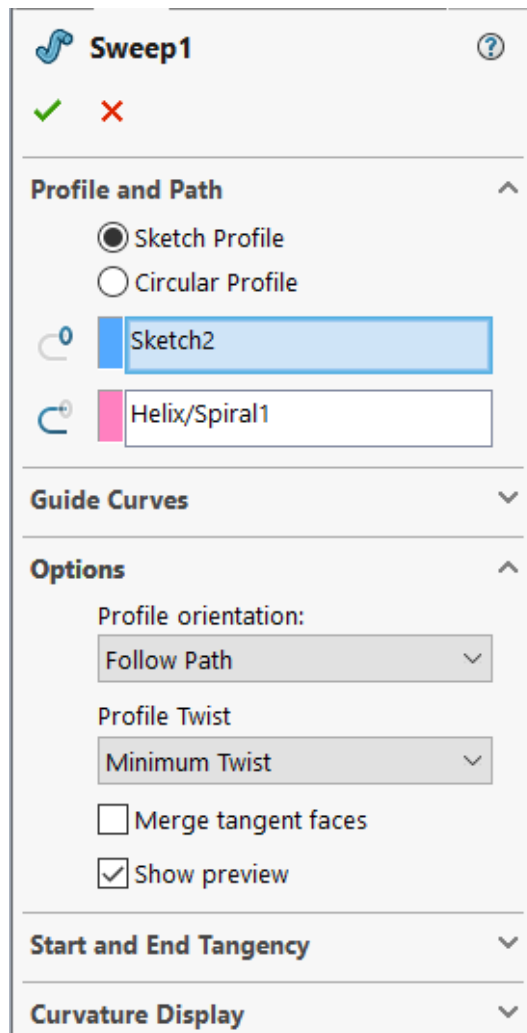


Рисунок 2.5 – Налаштування команди



5. Після завершення налаштувань натиснути  .

Після попередньої побудови необхідно здійснити підрізку першого і останнього витків. Для цього:

1. Спочатку потрібно створити додаткову площину, паралельну площині **Front** на відстані радіуса спіралі.

2. Далі необхідно скопіювати профіль пружини на щойно створену площину. Для цього потрібно створити новий **Ескіз** на цій площині,

виділити спіраль та натиснути кнопку **Перетворення об'єктів**  . На площині утвориться ескіз проекції спіралі.

3. Далі потрібно побудувати два довільних прямокутники (так щоб висоти прямокутників були більшими за діаметр спіралі) через центри профілю останніх витків пружини на її початку і кінці (рис. 2.6). Після чого необхідно видалити ескіз проекції спіралі.

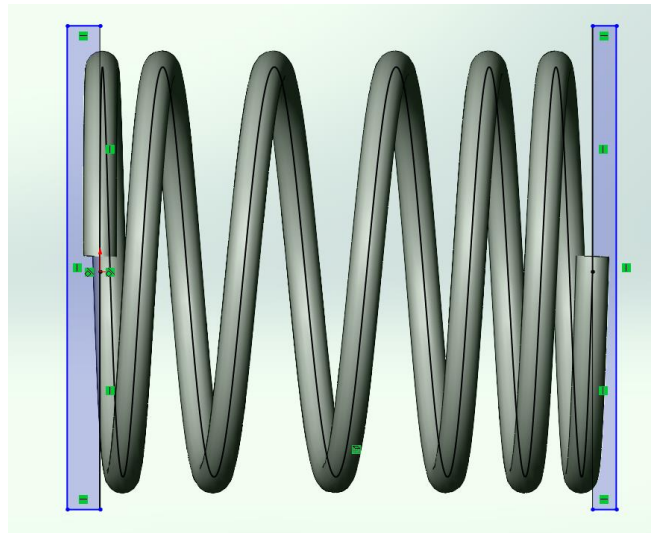
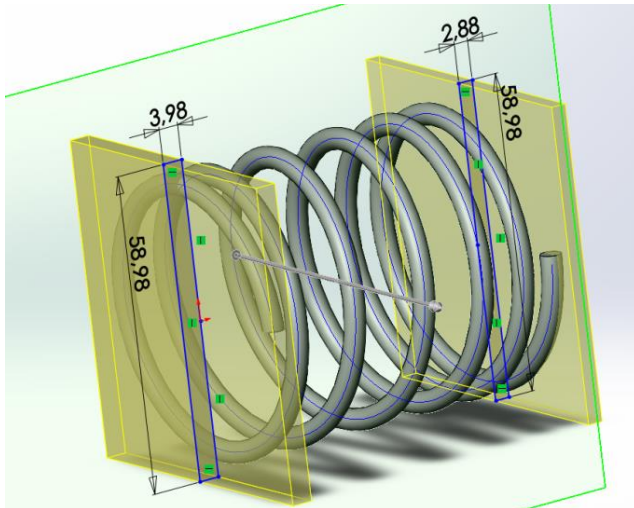


Рисунок 2.6 – Підрізка витків пружини

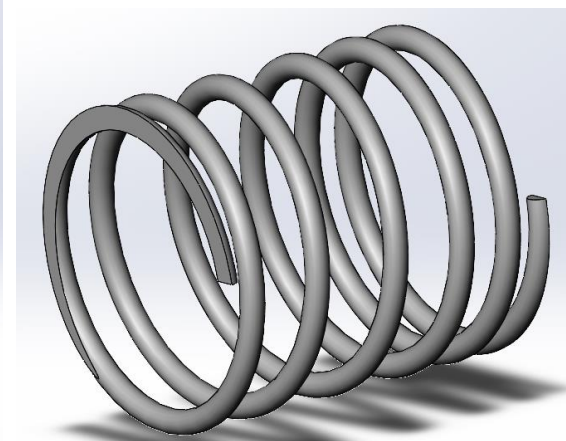
4. На панелі інструментів **Елементи** необхідно вибрати команду



Витягнутій виріз, задати напрями та глибини вирізу так, щоб він виходив за межі пружини та обрізати частину останніх витків натиснувши  (рис. 2.7).



а)



б)

Рисунок 2.7 – Пружина стиску до а) та після б) відсікання частин останніх витків

5. Пружина стиску готова.
6. Далі необхідно зберегти отриману деталь.

2.2.2 Пружина розтягу

Для побудови пружини розтягу необхідно:

1. Створити новий **Ескіз** на площині **Right** та побудувати коло, діаметр якого дорівнюватиме діаметру майбутньої пружини (рис. 2.8).

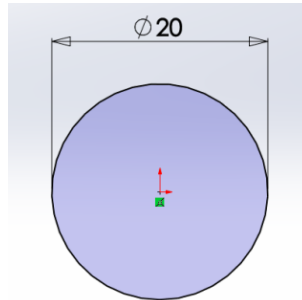


Рисунок 2.8 – Коло спіралі

2. На інструментальній панелі **Елементи** відкрити вкладку **Криві**  та запустити команду **Гелікоїд і спіраль** .

3. Далі потрібно створити спіраль з такими налаштуваннями: **Постійний крок**; **Крок** – 4 мм; **Оберти** – 16,5; **Початковий кут** – 90° (рис. 2.9).

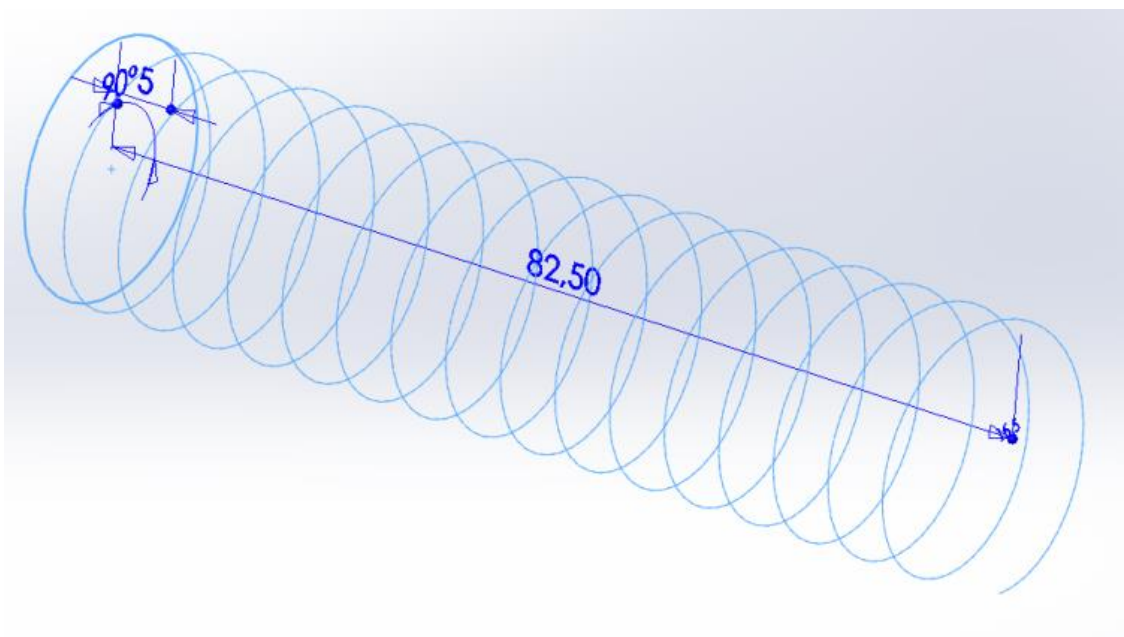


Рисунок 2.9 – Траєкторія пружини

Далі необхідно побудувати переріз пружини. Як і в попередньому прикладі створюється додаткова перпендикулярна до спіралі у кінцевій

точці площина, в якій будується **Ескіз** перерізу пружини та за допомогою команди **Бобишка/основа по Траєкторії** будується основна частина пружини (рис. 2.10).

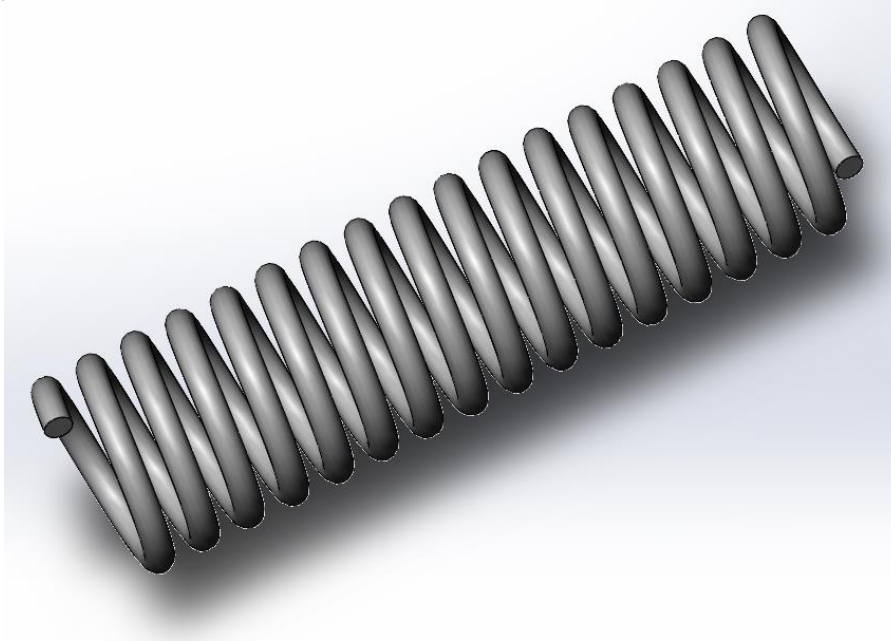


Рисунок 2.10 – Основна частина пружини

Після цього будуються вільні кінці пружини. Побудова ескізу гачків пружини здійснюється за допомогою команди **Тривимірний ескіз** . Для цього:

1. На інструментальній панелі інструментів **Ескіз** необхідно вибрати команду **Тривимірний ескіз**.
2. Потрібно зорієнтувати деталь **Зліва** та накреслити осьову лінію удовільному напрямку.
3. На створену осьову лінію необхідно накласти взаємозв'язок **Вздовж осі OZ**  та зорієнтувати як зображено на рис. 2.11.

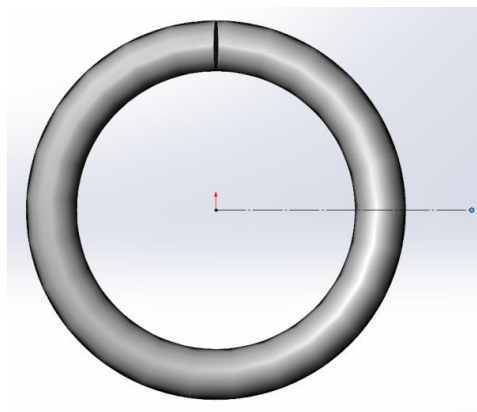


Рисунок 2.11 – Орієнтування деталі

4. Далі від кінця спіралі необхідно нарисувати дугу з радіусом профілюспіралі (10 мм) та кутом більшим за 90° (так, щоб дуга виходила далі осьової лінії).

5. Між центром дуги та початком координат необхідно додати взаємозв'язок **Злиття**  (рис. 2.12).

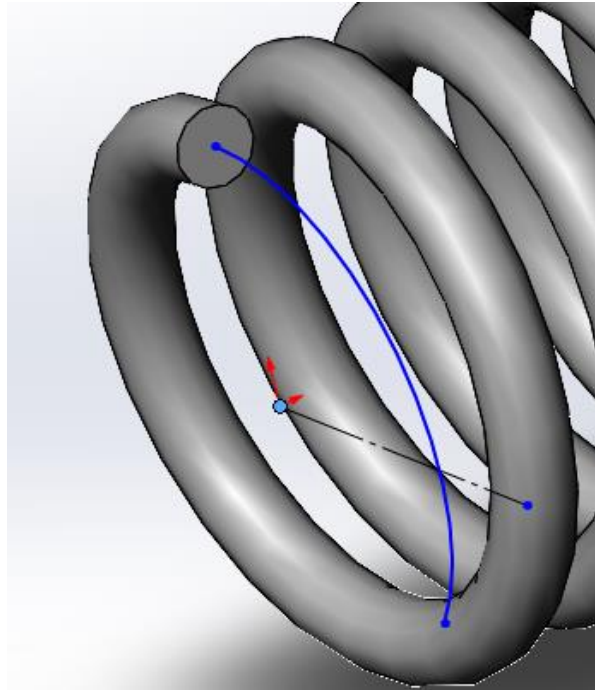


Рисунок 2.12 – Злиття дуги

6. Далі необхідно провести вертикальну вісь від початку координат та відсікти за допомогою команди **Відсікти**  частину дуги так, щоб залишилась лише частина дуги між осьовими лініями. Дуга стала повністю визначена (чорного кольору) (рис. 2.13).

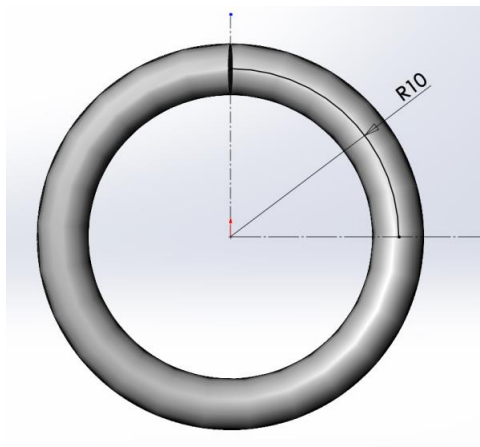


Рисунок 2.13 – Добудова дуги

7. Будується ще одна лінія, на яку теж накладається взаємозв'язок **Вздовж осі OZ** (рис. 2.14)

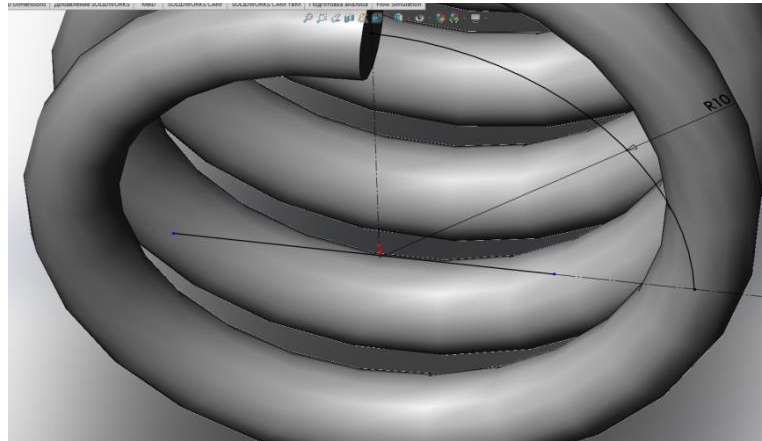


Рисунок 2.14 – Добудова лінії

8. У площині **XY** через початок координат будується дуга, радіус якої дорівнює радіусу спіралі (10 мм). У цьому випадку точки початку координат та центра дуги розміщуються вздовж осі **OX**, як показано на рисунку (рис. 2.15).

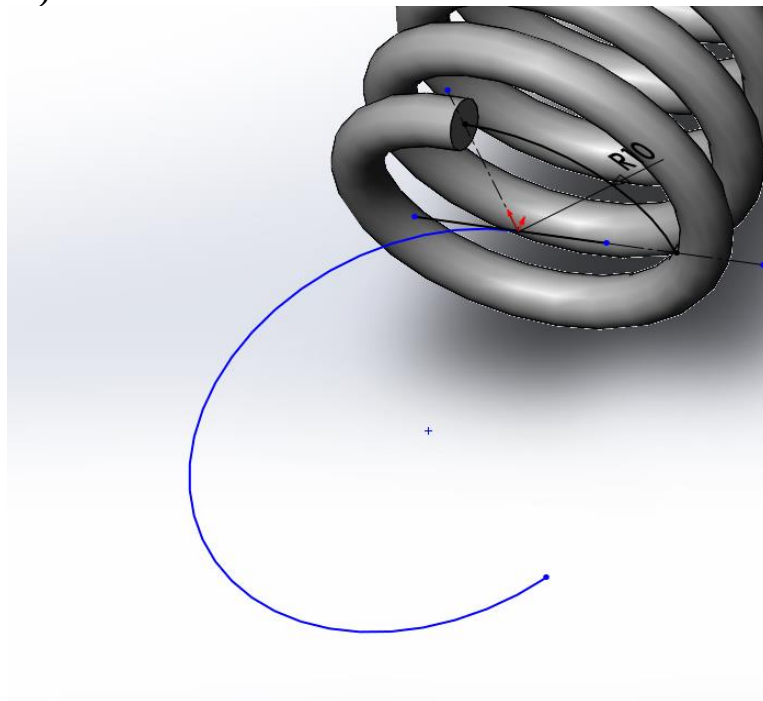


Рисунок 2.15 – Розміщення дуги кінця пружини

9. Вздовж осі **OX** спочатку, а потім від початку координат до кінця дуги будуються дві допоміжні осьові лінії як на рис. 2.16

10. Між дугою, побудованою в пункті 6, та лінією, побудованою в пункті 7, за допомогою команди **Скруглення** виконується скруглення радіусом 2,5 мм.

11. За допомогою команди **Відсікти**  відсікається зайвий кінець лінії, побудованої в пункті 7.

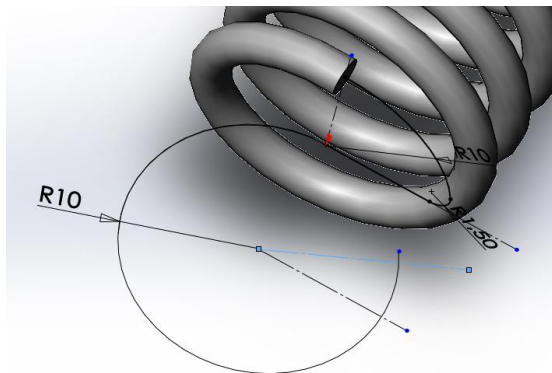


Рисунок 2.16 – Побудова дуги від початку координат до кінця двох допоміжних осьових ліній

***Примітку:** Для зміни площини, в якій відбувається будова ескізу, необхідно натискати **Tab**. Щоб в процесі побудови 3D ескізу не змінювалась площина, під час виконання команди необхідно тримати затиснуту кнопку **Shift**. Тоді не відбуватиметься зміна площини під час перетягування елементів у невизначеному 3D ескізі.*

12. Траєкторія для кінця пружини готова.

13. На кінці створеної траєкторії створюється ще один ескіз профілю пружини.

14. За допомогою команди **Бобишка/основа по Траєкторії**  будується кінець пружини (рис. 2.17).

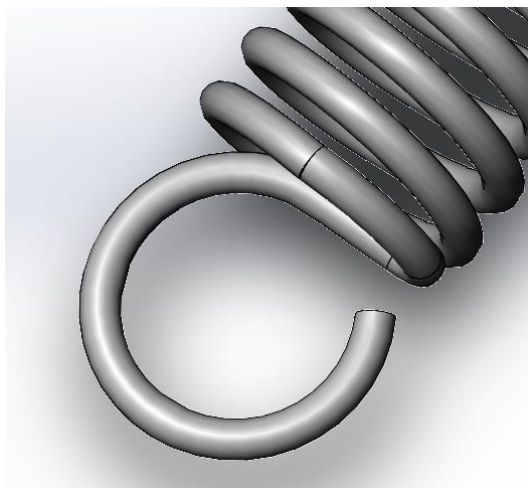


Рисунок 2.17 – Побудова кінця пружини

15. За тим самим алгоритмом будується другий кінець пружини (рис. 2.18).

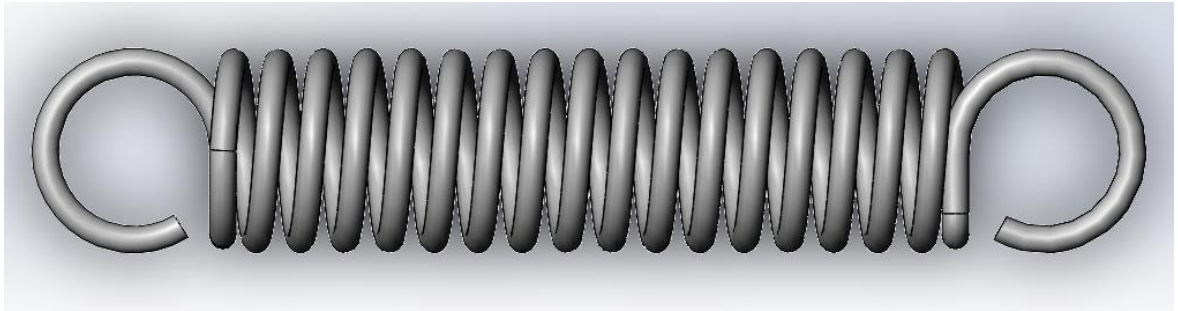


Рисунок 2.18 – Готова пружина розтягу

2.3 Завдання до практичної роботи

1. Спроекувати 3D- модель пружини стиску для складальної одиниці за варіантом із додатка А або за завданням викладача. Якщо складальна одиниця за варіантом не містить пружину, то спроекувати пружину для складальної одиниці за найближчим варіантом.

2. На основі спроектованої пружини стиску спроекувати пружину розтягу.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

КРЕСЛЕНИК В SOLIDWORKS.

ПРАВКА ШАБЛОНУ З РАМКОЮ

Мета та задачі роботи:

1. Навчитись створювати кресленик деталі на основі існуючої 3D моделі.
2. Ознайомитись із особливостями оформлення креслеників у SolidWorks.

3.1 Редагування шаблону з рамкою

Для створення нового кресленика необхідно вибрати значок **Створити**  у рядку меню. У відкритому діалоговому вікні «Новий документ SolidWorks», виберіть значок **Кресленик (Drawing)** (рис. 3.1).

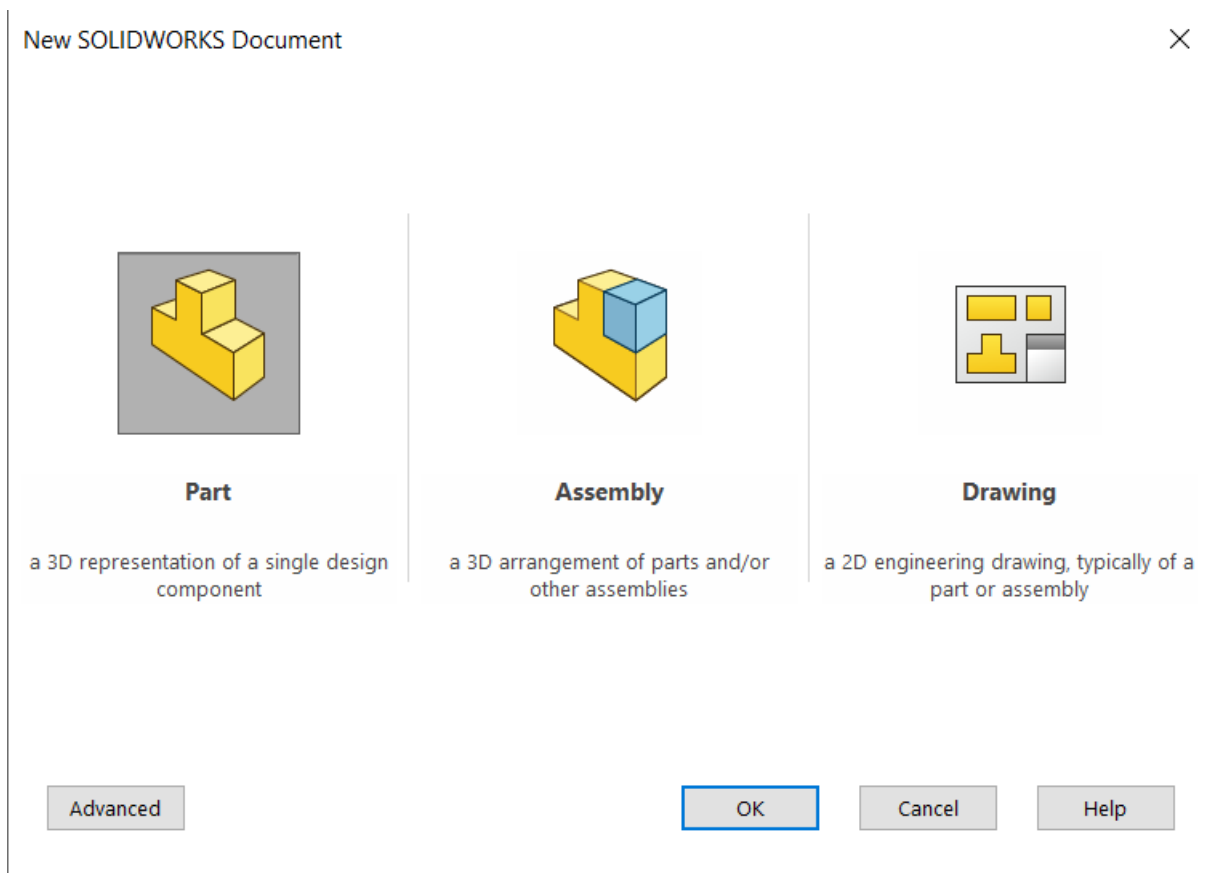
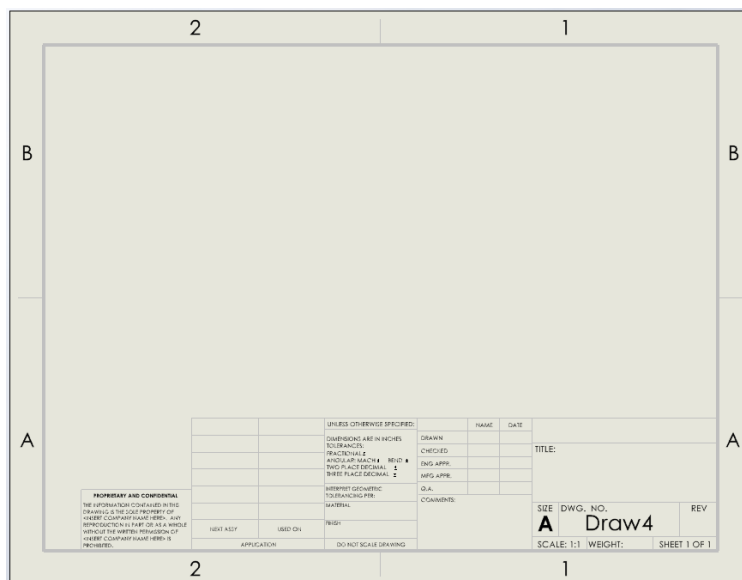


Рисунок 3.1 – Діалогове вікно створення нового документа

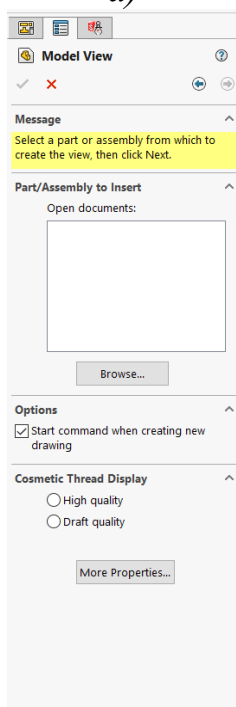
В графічній області з'явиться аркуш кресленика (3.2, а), а зліва відкриється меню вибору моделі (рис. 3.2, б).

Для відкриття опції зміни формату аркуша необхідно перейти в **Дерево конструювання**, натиснувши значок . Далі у меню, що відкрилось правою кнопкою, натиснути на **Sheet1** та вибрати опцію **Властивості** й у вікні, що відкрилося, вибрати необхідний формат.

Кресленики у програмі Solidworks складаються з двох шарів: шару безпосередньо аркуша та шару основного напису. Щоб здійснювати перехід між цими шарами, потрібно на пустому місці формату натиснути праву кнопку миші та вибрати пункт **Редагувати основний напис** або **Редагувати аркуш**.



a)



б)

Рисунок 3.2 – Створення кресленника

У створеному файлі **Кресленик** одразу присутній порожній основний напис. Його можна редагувати вручну, використовуючи інструмента **Замітка**, що розміщена на панелі інструментів **Примітка**.

***Примітка.** Усі документи SolidWorks мають властивості, надані системою автоматично. Їх зручно використовувати з метою автоматизації процесу оформлення креслеників.*

Проте крім стандартних (системних) властивостей користувач має можливість створити персональні властивості, які присвоюються документу, і використовувати їх в подальшому. Усі властивості документа можна переглянути за допомогою меню **Файл, Властивості** (рис. 3.3).

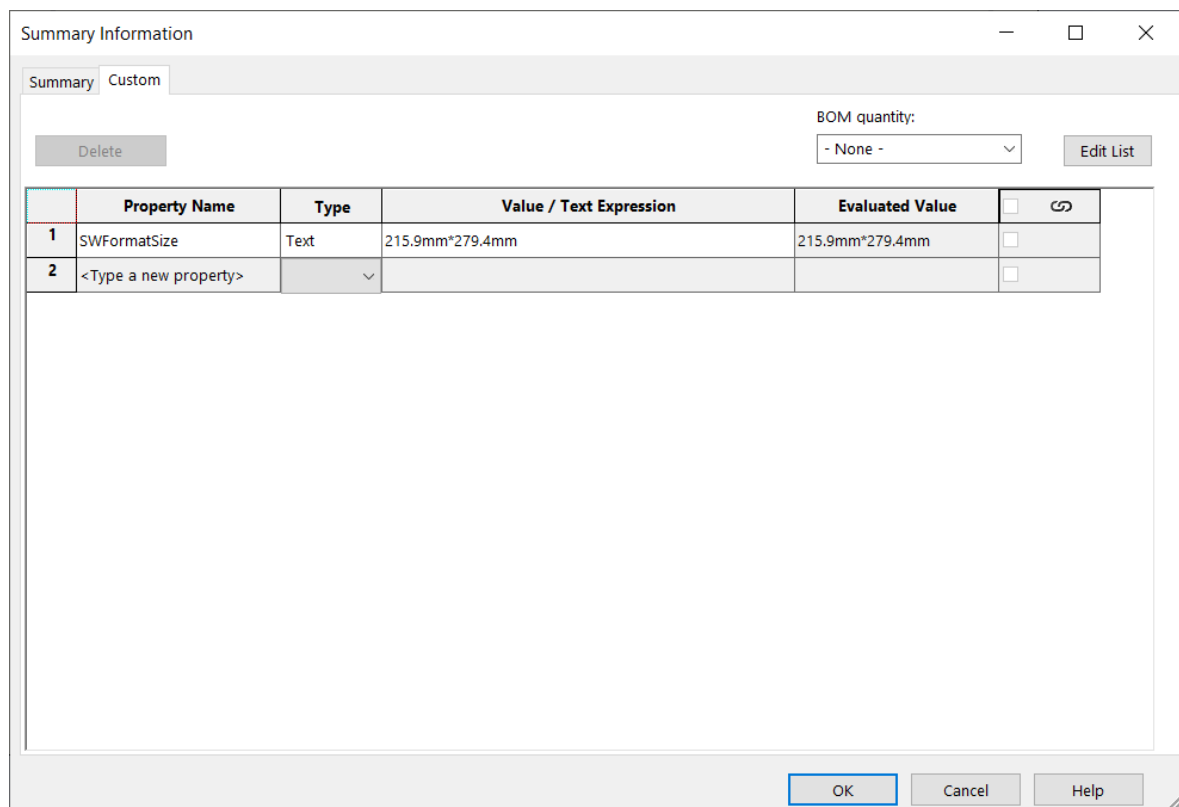


Рисунок 3.3 – Сумарна інформація про кресленик

У відкритому вікні **Сумарна інформація** в першій закладці буде вказано загальну інформацію про файл, що підтягується із операційної системи, а у вкладці **Налаштування** розміщуються всі користувацькі властивості документа.

3.2 Властивості користувача

Для налаштування властивостей користувача потрібно:

1. Перейти на вкладку **Налаштування** і створити, наприклад, такі властивості (рис. 3.4).

Summary Information

Summary Custom

Delete

BOM quantity: - None - Edit List

	Property Name	Type	Value / Text Expression	Evaluated Value		
1	Розробив	Text	Петров К.І.	Петров К.І.	☐	
2	Перевірів	Text	Саван Б.А.	Саван Б.А.	☐	
3	Т. Контроль	Text	Денисяк К.І.	Денисяк К.І.	☐	
4	Н. Контроль	Text	Шуфрич К.О.	Шуфрич К.О.	☐	
5	Затв.	Text	Перекотиполе В.О.	Перекотиполе В.О.	☐	
6	Назва кресл.	Text	Втулка	Втулка	☐	
7	<Type a new property>				☐	

OK Cancel Help

Рисунок 3.4 – Властивості документа

2. Для редагування основного напису потрібно, натиснувши правою кнопкою миші на аркуші, обрати у контекстному меню пункт – **Редагувати основний напис**.

3. Для використання власних властивостей потрібно натиснути **Замітка** та вставити пусте поле замітки у потрібному місці шаблону рамки.

4. Далі необхідно натиснути клавішу **Зв'язати з властивістю**  і у діалоговому вікні, що відкрилося, вибрати **SW – Поточний аркуш** та вибрати створену раніше властивість, яка відповідає цьому рядку.

5. Аналогічно заповнити рамку шаблону кресленика (рис. 3.5)

Інв. № ориг.	Підпис та дата					08-62.MKP.09.01.01.013			
		Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Зуб фрезерний	Літ.	Маса	Масштаб
		Розроб.	Могила І.С.		14.10.2024				2:1
		Перев.	Слабкий А.В.						
		Т. контр.					Аркуш	Аркушів 19	
		Нач. КБ					ВНТУ, ст. 1ГМ-23м		
		Н. контр.				110Г13Л ГОСТ 978-88			
		Утв.							

Копіював Формат А4

Рисунок 3.5 – Основний напис кресленика

6. Для того, щоб цей основний напис став стандартним, необхідно зайти в **Файл, Зберегти основний напис**.

***Примітка.** Для зміни параметрів уже готового кресленника, потрібно натиснути правою кнопкою миші в довільному місці кресленника та вибрати **Властивості**. У діалоговому вікні **Параметри аркуша**, що з'явиться, можна здійснити зміну як самого шаблону кресленника, так і його масштабу.*

3.3 Оформлення кресленника деталі

Для прикладу можна розглянути створення кресленника деталі із першого практичного заняття. Для оформлення кресленника необхідно:

1. Створити новий документ **Кресленик**, вибрати його формат і заповнити основний надпис як було показано раніше.

2. У вікні **Вид моделі** потрібно вибрати вкладку **Деталь/Збірка для вставки** та натиснути клавішу **Огляд** і завантажити файл деталі у створюваний кресленик.

3. Для імпортування розмірів із 3D моделі потрібно відкрити вкладку **Примітка** та обрати команду **Елементи моделі**.

4. Для переміщення розмірів на інші види необхідно перетягувати їх, натиснувши кнопку **Ctrl**. Перетягування розмірів на ті вигляди, де вони будуть більш інформативними, необхідне для правильного оформлення кресленника.

3.4 Побудова розрізів та основних видів кресленника

На креслениках, синтезованих програмою, можна додавати **Розрізи** шляхом розрізання видів за допомогою лінії перетину. Для цього необхідно:

1. Натиснути кнопку  **Розріз** на інструментальній панелі **Кресленик** або вибрати в меню **Вставка, Креслярський вид, Розріз**.

2. Необхідно встановити розріз у потрібне місце на виді та зафіксувати його натисканням лівої клавішу мишки (рис. 3.6).

3. Натискання знаку  приведе до створення розрізу, який можна розмістити спочатку за проекційним зв'язком, а потім перенести в необхідне місце на кресленику (рис. 3.7).

***Примітка.** Напрямок розрізу стрілок можна поміняти на зворотний, двічі натиснувши на лінію перетину.*

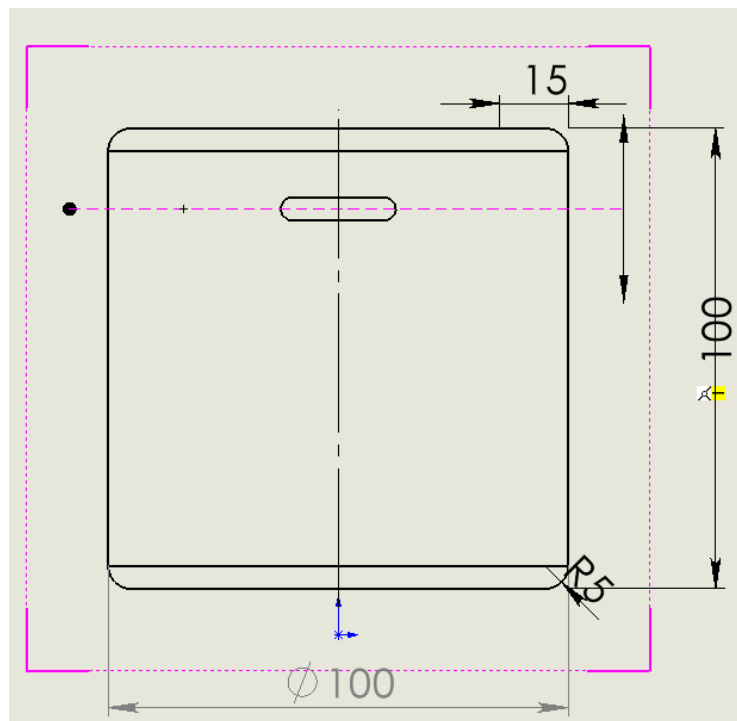


Рисунок 3.6 – Побудова розрізу

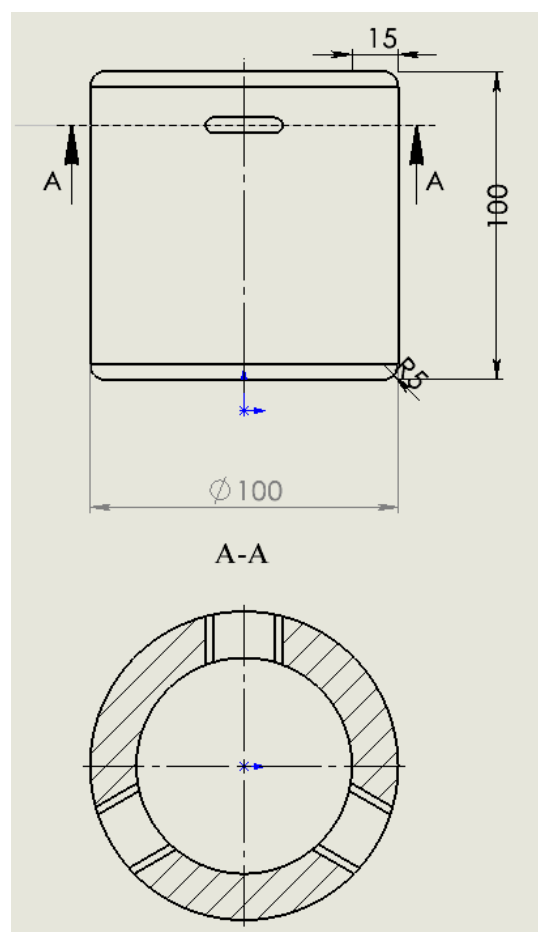


Рисунок 3.7 – Розріз

У кресленик також можна додати **Місцевий вид**. Для цього необхідно натиснути кнопку **Місцевий вид**  на панелі інструментів **Кресленик** або в головному меню вибрати **Вставка, Креслярський вид, Місцевий**. Потім натиснути на необхідний вид кресленика та накреслити коло навколо необхідної частини виду. У діалоговому вікні, що з'явилося, можна вказати необхідний масштаб виду. Під час переміщення курсору відображатиметься попереднє зображення виду. Місцевий вид не має проєкційних зв'язків ні з яким іншим видом. Він може бути вільно переміщений в довільне місце на аркуші кресленика.

3.5 Нанесення розмірів, допусків та відхилень поверхонь на креслениках

1. Для внесення допусків в розмір необхідно у відповідних налаштуваннях перейти у вкладку **Допуск/Точність** та задати тип допуску – **Посадка**. Після цього поруч з розміром з'явиться посадка, а також, в разі потреби, верхнє і нижнє відхилення.

2. Проставити шорсткість на креслениках можна за допомогою інструмента **Шорсткість поверхні** , який розміщений на панелі інструментів **Примітка**, або **Вставка, Примітка, Позначення шорсткості поверхні**.

3. Бази на креслениках проставляють за допомогою інструмента **Базова поверхня**  на панелі інструментів **Примітка** або **Вставка, Примітка, Позначення шорсткості поверхні**.

4. Відхилення форми на креслениках проставляється за допомогою інструмента **Геометричний допуск**  на панелі інструментів **Примітка** або **Вставка, Примітка, Позначення шорсткості поверхні**.

3.6 Завдання до практичної роботи

Спроекувати 3D-модель корпусної або іншої габаритної деталі (якщо корпусна деталь була спроектована раніше) для складальної одиниці за варіантом із додатка А або за завданням викладача та зробити для неї кресленики.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

ЗБІРКИ В SOLIDWORKS. МЕХАНІЧНІ, СТАНДАРТНІ, ТА ДОДАТКОВІ СПОЛУЧЕННЯ.

Мета та задачі роботи:

1. Оволодіти навичками створення збірок на основі існуючих 3D моделей.
2. Ознайомитись із можливими сполученнями та особливостями їх застосування.

4.1 Принципи побудови збірок

У програмі SolidWorks термін «збірка» вказує на документ, в якому деталі та інші елементи, відомі як вузли, взаємодіють один з одним і об'єднуються в єдину конструкцію. Кожна деталь в збірці зберігається в окремому документі, на який збірка посилається. Всі збірки в SolidWorks мають розширення файлу .sldasm. Збірка складається з окремих деталей або інших збірок, які називаються компонентами збірки. SolidWorks дозволяє створювати збірки, які можуть містити в собі значну кількість різноманітних компонентів.

В SolidWorks використовуються два основні принципи побудови збірок «знизу – вверху» та «зверху – вниз»:

- Збірка «знизу – вверху» передбачає створення конструкції за допомогою готових деталей. Для створення такої збірки деталі мають бути спроектовані та збережені у відповідних файлах. Конструкція або вузол формуються з цих деталей аналогічно до реального збирання. Під час процесу збирання необхідно розмістити деталі у тривимірному просторі та вказати умови їх взаємодії.

- Під час проектування збірки «зверху – вниз» спочатку створюється компоновальний ескіз збірки, і на його основі будуються окремі деталі. Ці деталі одразу вбудовуються у загальну збірку. Такий тип збірки вигідний тим, що зміни в компоновальному ескізі автоматично впливають на розміри та конфігурації деталей, що утворюють збірку.

Дерево конструювання збірки відрізняється від дерева конструювання деталі наявністю рядка **Сполучення**.

Під час проектування збірки в SolidWorks можна здійснювати фіксацію деталі, тобто знерухомити її в просторі. Те чи є деталь зафіксованою, чи ні можна дізнатися за її іменем в дереві конструювання. На це вказує префікс перед назвою деталі:

- $f(f)$ – зафіксовано – деталь не можна переміщувати у просторі, бо вона зафіксована;
- $(-)$ – невизначено – деталь не зафіксована у просторі, тобто її положення не визначено;

- (+) – перевизначено – цей префікс з’являється, якщо компонент збірки перевизначений;

- (?) – не вирішено – компонент збірки не вирішений.

Перша деталь збірки є зафіксованою автоматично. Фіксацію або звільнення деталі можна здійснити, якщо клацнути на назві деталі в дереві конструювання правою кнопкою миші і активувати команду **Зафіксований** або **Звільнити**.

Деталі, які не зафіксовані, можна легко переміщувати в просторі, натиснувши команду **Перемістити компонент**  на панелі інструментів **Розташування**. Здійснювати обертання незафіксованих деталей можна за

допомогою команди **Обертати**  або навівши мишу на компонент та затиснувши коліща миші. Для того, щоб створити з деталей єдину конструкцію, необхідно задати умови сполучення. Процес створення сполучень між деталями і вузлами в збірці є дуже важливим етапом створення збірки. Для створення сполучень необхідно на панелі інструментів **Збірка** активізувати кнопку **Умови сполучення (Mates)** .

Під час створення збірок використовуються сполучення, які розташовані в розділах: **Стандартні сполучення**, **Додаткові сполучення** та **Механічні сполучення**.

4.2 Види сполучень

Стандартні сполучення:

- **Сполучення Збіг**  – елементи деталей збігаються на нескінченності (осі, кромки, поверхні, грані).

- **Сполучення Паралельність**  – задає паралельне розташування елементів деталей – граней, поверхонь, кромок або осей деталей.

- **Сполучення Перпендикулярність**  – певні елементи розміщені під кутом 90°.

- **Сполучення Дотичність**  – задає дотичність відзначених поверхонь; використовується якщо мінімум одна поверхня є неплоскою, а саме – сферичною, циліндричною, конічною.

- **Сполучення Концентричність**  – задає концентричне розташування циліндричних, сферичних, конічних, поверхонь та кромок.

- **Сполучення Заблокувати**  – прив'язує два компоненти збірки один до одного, зберігаючи водночас їх взаємні орієнтацію та розташування.

- **Сполучення Відстань**  – виділені елементи деталей розміщуються на зазначеній відстані.

- **Сполучення Кут**  – виділені елементи розміщуються під певним кутом.

Додаткові сполучення:

- Сполучення **Центр профілів**  – автоматичне з'єднання центрів профілів розташовує геометричні профілі, вирівнюючи їх один відносно одного по центру, і повністю визначає компоненти.

- Сполучення **Симетричність**  – дозволяє розмістити два аналогічні елементи симетрично відносно площини або плоскої грані. Це поєднання можна використовувати для таких об'єктів: точок (вершини), ліній (краї, осі), площин, плоских граней, сфер з однаковими радіусами, циліндричних поверхонь з однаковими радіусами.

- Сполучення **Ширина**  – надає можливість для сполучуваних деталей центрувати виступ однієї деталі по ширині канавки іншої.

- Сполучення **Сполучення шляху**  – задає обмеження для вибраної точки на компоненті (зазвичай це буде вершина) щодо траєкторії. Іншими словами, певна точка об'єкта може переміщатися в межах збірки лише вздовж певного шляху, який формується з країв, кривих або елементів ескіза.

- Сполучення **Лінійний/Муфта**  – встановлює зв'язок між переміщенням одного компонента та переміщенням іншого компонента.

- Сполучення **Межова відстань**  – Надає можливість встановити таке з'єднання, за якого конкретний компонент збірки може здійснювати переміщення в межах певного діапазону відстаней від іншого компонента. Мінімальна та максимальна відстань вказуються в спеціальних областях: **Максимальне значення і Мінімальне значення.**

- Сполучення **Межевий Кут**  – надає можливість встановити таке з'єднання, за якого потрібно визначити, як компонент збірки може здійснювати переміщення в певному діапазоні кутів від іншого компонента. Мінімальне та максимальне значення кута задаються в спеціальних областях.

Останні два сполучення надають можливість закріплювати відстань та кут між компонентами збірки у певних межах під час їхнього відносного переміщення.

Механічні сполучення:

- Сполучення **Кулачок**  – дозволяє задати дотичне розташування або збіг поверхні деякої деталі з поверхнею кулачка.

- Сполучення **Проріз**  – надає можливість задавати сполучення болтів з прямими або криволінійними прорізами, а також створювати сполучення між прорізами. Для створення цих сполучень можна вибрати вісь, циліндричну грань або проріз.

- Сполучення **Шарнір**  – задає обертання одного із компонентів збірки навколо осі іншого обраного компонента, тобто моделює роботу шарнірного з'єднання. Сполучення **Шарнір** фактично задає умови двох

сполучень — **Концентричність і Збіг** (але в такому випадку усувається переміщення уздовж осі).

- Сполучення **Редуктор**  – надає можливість в збірці реалізовувати відносне обертання двох компонентів навколо вибраної осі (наприклад, зубчастих коліс). Для встановлення такого сполучення потрібно вказати осі обертання та передавальне відношення у розділі **Пропорція**.

- Сполучення **Шестерня-Рейка**  – встановлює такий зв'язок між елементами, де поступальний рух одного (рейки) зумовлює ротаційний рух іншого (шестерні) і навпаки.

- Сполучення **Гвинт**  – встановлює з'єднання двох компонентів збірки, розташованих по концентричній осі, подібно до різьбового з'єднання, де обертання однієї деталі приводить до лінійного переміщення іншої, з урахуванням заданого кроку.

- Сполучення **Універсальний шарнір**  – задає обертання від одного компонента збірки (вхідного вала) до іншого (вихідного вала) за допомогою обертання їх навколо власних осей.

Збірка досягає кінцевого етапу після успішного встановлення всіх необхідних сполучень між елементами. Правильність виконання збірки виключає виникнення проблем з конфліктними сполученнями у **Дереві конструювання** та забезпечує можливість вільного переміщення деталей ідентичного руху в реальному об'єкті.

4.3 Створення збірки

Для прикладу можна розглянути створення збірки задньої стійки автомобіля.

1. Для створення нової **Збірки** необхідно зайти у меню **Файл** «SolidWorks» і обрати пункт **Новий**. У вікні, яке з'явилося, вибрати **Збірка** та натиснути **ОК**:

2. Одразу після створення нової збірки з лівого боку екрана з'явиться вікно **Почати збірку**. У пункті **Деталь/збірка** для **вставки** необхідно активувати кнопку **Огляд**.

3. Для початку складання та вставки першої деталі необхідно перейти у папку, де розміщені усі необхідні для збірки деталі, та обрати потрібну деталь (в прикладі – вал-шестерня), виділити її і натиснути клавішу **Відкрити**.

4. Початок координат першої деталі зв'язується із центром координат збірки (рис. 4.1).

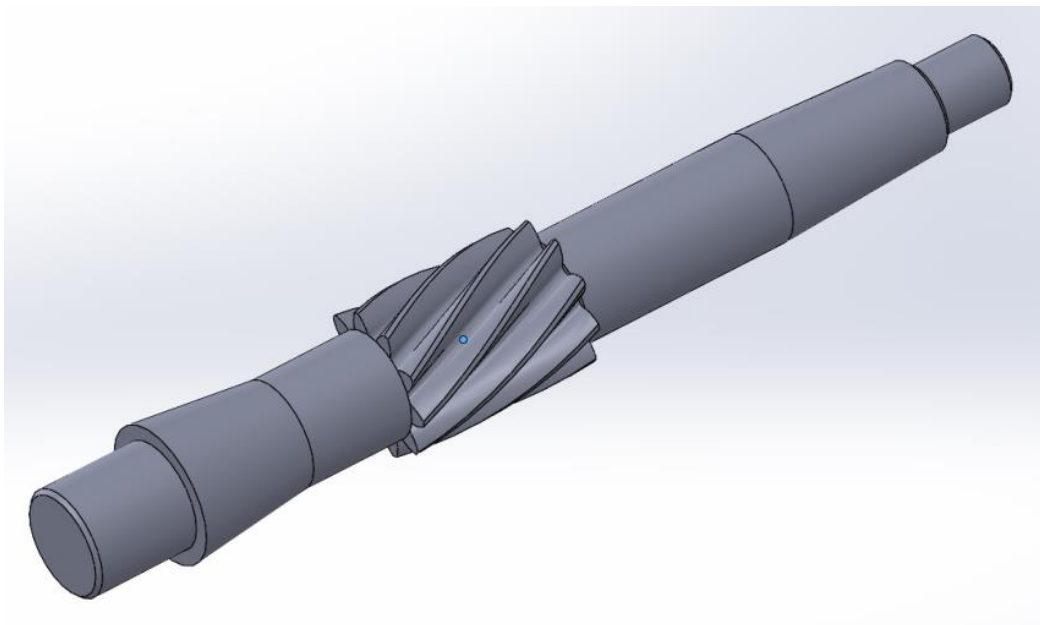


Рисунок 4.1– Перша деталь збірки

Фіксація деталі в просторі буде позначена символом **(Ф)** біля її назви в дереві конструювання.

5. Для додавання наступних деталей на панелі інструментів **Збірка**



використовується команда **Вставити компоненти**, яка активується натисканням на неї лівою кнопкою миші.

6. Далі потрібно за допомогою кнопки **Огляд** через провідник відкрити і файл наступної деталі (в прикладі – це підшипник 30305).

7. Підшипник вставляється у вільній частині робочої зони. За допомогою інструменту **Обертати компонент** або навівши вказівник та затиснувши праву кнопку миші на деталі можна розвернути її в положення, необхідне для зручного виконання збірки. Потім, навівши вказівник миші на підшипник та натиснувши кнопку **Ctrl** і ліву клавішу миші, продублювати підшипник (рис. 4.2).

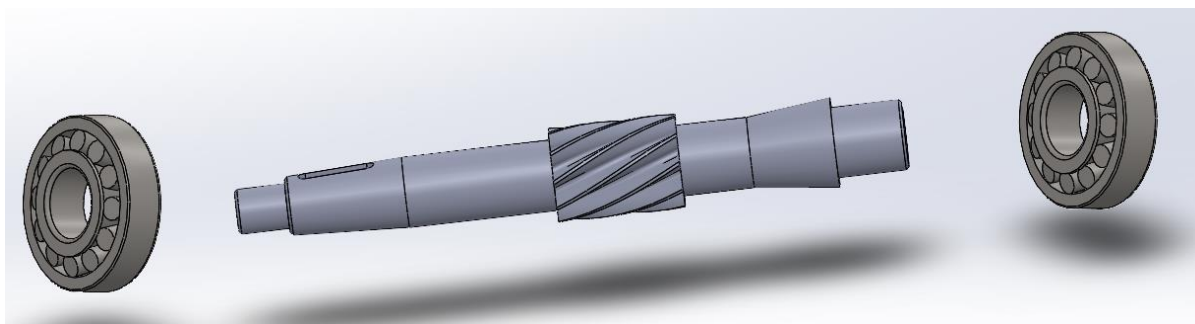


Рисунок 4.2 – Додавання підшипників

8. За тим самим принципом додається третя і четверта деталі – прокладка мала 1 та прокладка мала 2 (рис. 4.3).

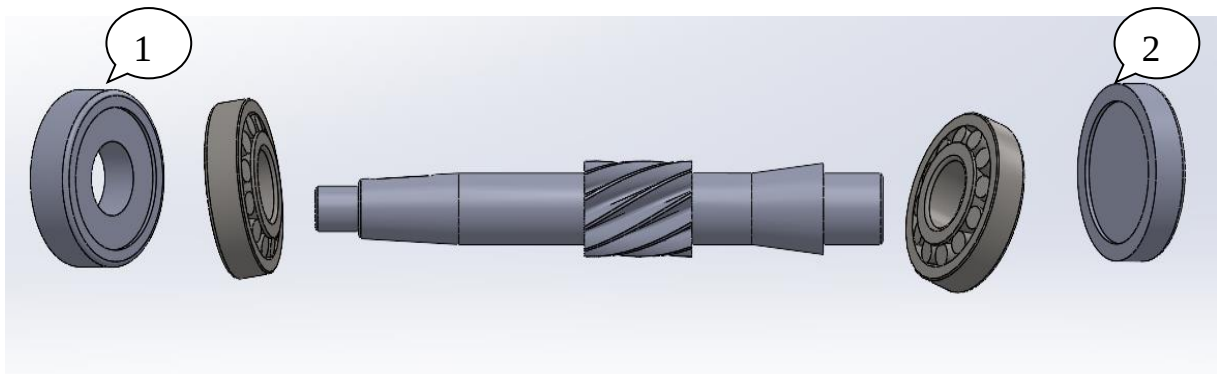


Рисунок 4.3 – Додавання прокладок

9. Далі на панелі інструментів **Розташування** за допомогою інструменту **Умови спряження** та за допомогою сполучень **Збіг** та **Концентричність** можна скласти збірку з вибраних компонентів (рис. 4.4).

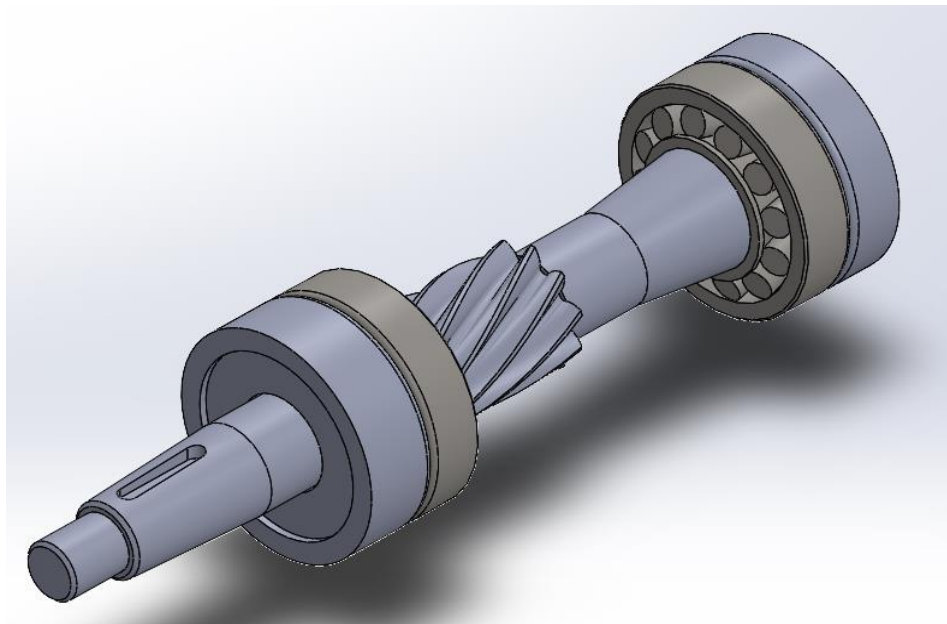


Рисунок 4.4 – Застосування спряжень у збірці

10. Аналогічно додаються решта деталей збірки та вказуються необхідні з'єднання. Готова збірка матиме вигляд, показаний на рисунку 4.5 (за умови додавання усіх компонентів збірки).

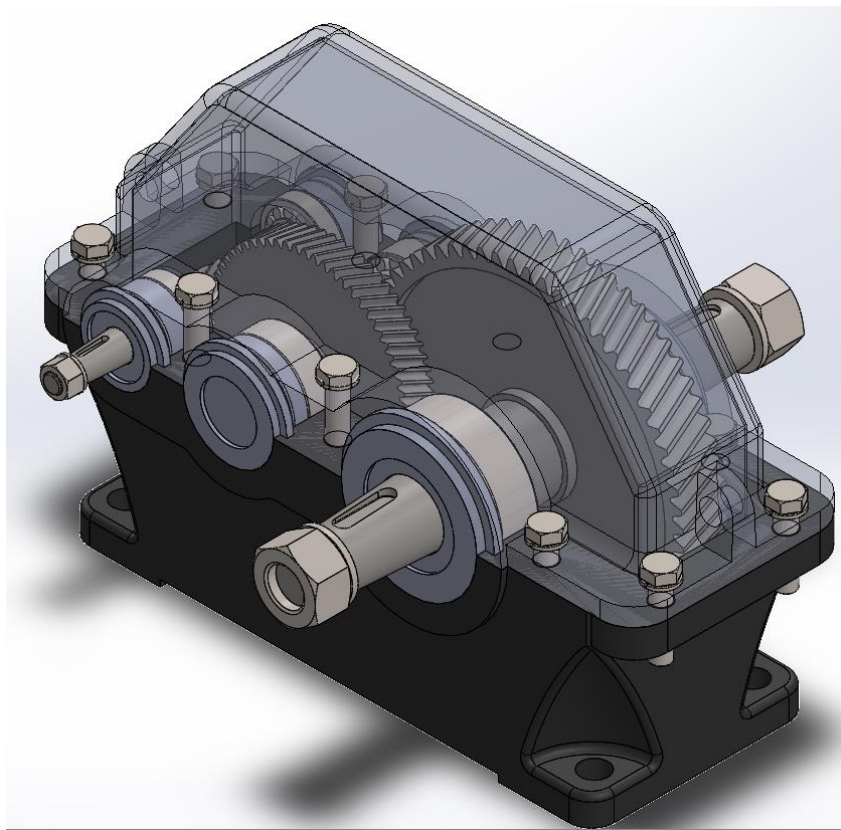
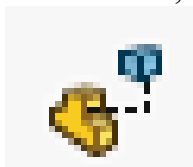


Рисунок 4.5 – Редуктор 1-Ц2У-160

4.5 Вид із рознесеними частинами збірки

Вид з рознесеними частинами складається з одного чи декількох кроків рознесення.

1. Для того, щоб створити перший крок виду з рознесеними частинами, потрібно вибрати **Вставка, Вид з рознесеними частинами**



2. Відкриється діалогове вікно **Рознести**. Необхідно натиснути на деталь, яку необхідно перемістити. В графічному полі з'являться стрілки, які вказують на доступний напрямок переміщення деталі (рис. 4.6). Також у цьому діалоговому вікні можна задати параметри переміщення деталі.

3. Далі потрібно натиснути кнопку **Додати крок**.

4. Вікно **Рознести** необхідно залишити відкритим для можливості подальшого додавання кроків.

5. Вихід із діалогового вікна варто здійснювати лише після того, як будуть задані і виконані всі кроки.

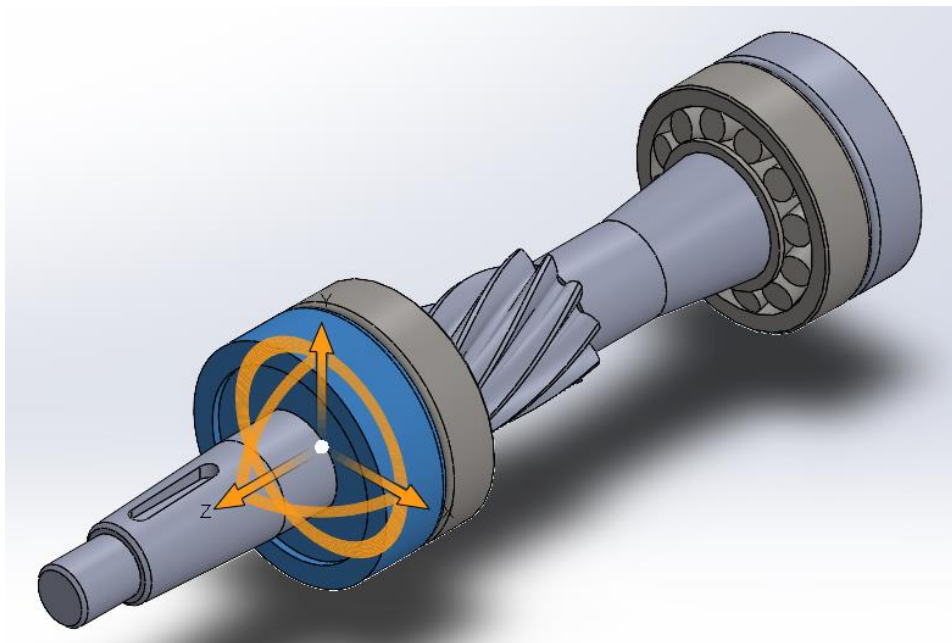


Рисунок 4.6 – Доступний напрямок переміщення деталі

Для додавання кроків рознесення для інших компонентів необхідно.

1. Натиснути кнопку **Додати крок**.
2. Виділити наступну деталь збірки, яку необхідно перенести.
3. Виконати кроки, за аналогічним алгоритмом розглянутим вище.
4. Щоб зберегти вид із рознесеними частинами (рис. 4.7) потрібно натиснути .

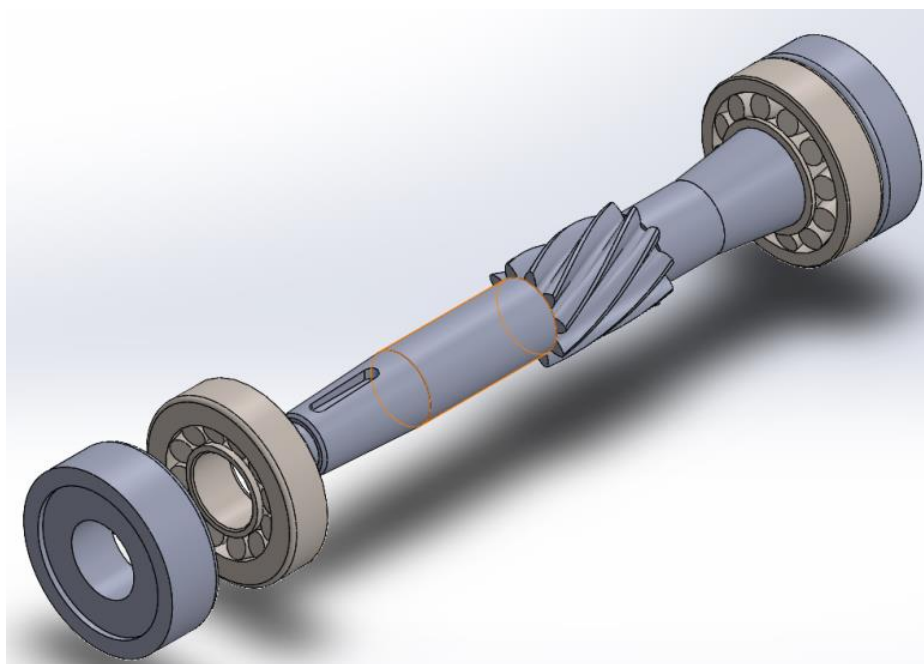


Рисунок 4.7 – Збірка із частково рознесеними частинами

5. Для того щоб згорнути збірку та відновити її первісний стан, необхідно натиснути правою кнопкою миші в довільному місці графічної області та вибрати **Скласти**.

4.6 Редагування виду з рознесеними частинами

За необхідності кроки рознесення можна змінити або ж додати нові. Готовий вид із рознесеними частинами можна вибрати в дереві **Менеджер конфігурації**. Для цього необхідно натиснути на відповідний ярлик та перейти у вікно конфігурації, а далі:

1. Необхідно двічі натиснути на **Вид з рознесеними частинами** для того, щоб повторно рознести збірку (або ж натиснути правою кнопкою миші на **Вид з рознесеними частинами** та вибрати **Рознести**).

2. Далі правою кнопкою миші потрібно натиснути на **Вид з рознесеними частинами** та вибрати **Редагувати означення**.

3. Після того з'явиться діалогове вікно, у якому можна здійснити редагування рознесення елементів збірки. Тут можна переглядати, редагувати існуючі та додавати нові кроки рознесення.

4. Після завершення редагування, коли весь вид з рознесеними частинами набуде належного вигляду (рис. 4.8), потрібно натиснути .

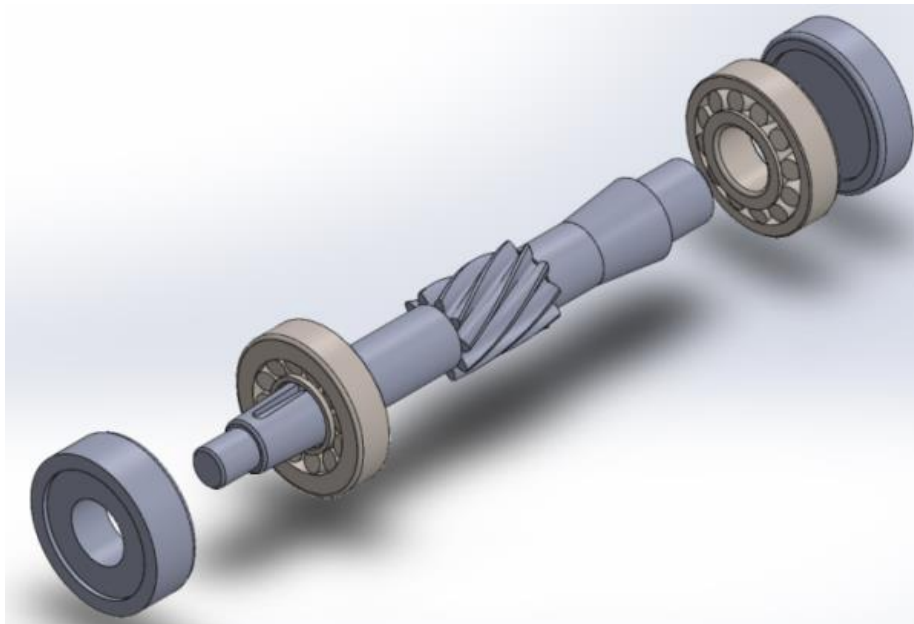


Рисунок 4.8 – Збірка із повністю рознесеними частинами

4.7 Додавання в кресленик специфікації і позицій збірки

***Зауваження.** Щоб здійснити вставку специфікації в кресленик, на робочому комп'ютері має бути встановлена програма Microsoft Office Excel 2003 або більш пізньої версії.*

Для роботи зі специфікацією буде використано збірку, створення якої описувалося вище. Далі необхідно створити новий кресленик та вставити ізометричний вид збірки **Вал шестерня із підшипниками**.

Кресленик може містити різні деталі та збірки, тому необхідно вибрати вид, для якого слід створити специфікацію.

1. Необхідно вибрати потрібний креслярський вид.
2. Далі потрібно натиснути **Вставка, Таблиці, Специфікація**. За замовчуванням вибирається шаблон специфікації **bom-standard.xls**.
3. Далі необхідно натиснути  для закриття діалогового вікна **Властивості специфікації**. На кресленику з'явиться специфікація. Вона міститиме всі деталі і вузли збірки **Вал шестерня із підшипниками**.



Рисунок 4.9 – Вставка специфікації

Створена специфікація за потреби може бути відредагована. Натискання на специфікацію лівою кнопкою миші відкриє діалогове вікно, яке дозволить розміщувати і редагувати таблицю специфікації необхідним способом. Подвійне натискання на рядку специфікації дозволить ввести або змінити опис елементів специфікації.

Позиції деталей розставляються на кресленику збірки і заносяться в специфікацію автоматично. Для цього необхідно:

1. Натиснути кнопку **Позиція** або **Авто-позиція** на панелі інструментів **Примітки** або вибрати **Вставка, Примітки, Позиція/Авто-позиція**.
2. У випадку використання команди **Позиція** необхідно натиснути на компонент у виді на кресленика. Після цього позиція буде закріплена за компонентом (рис. 4.10).

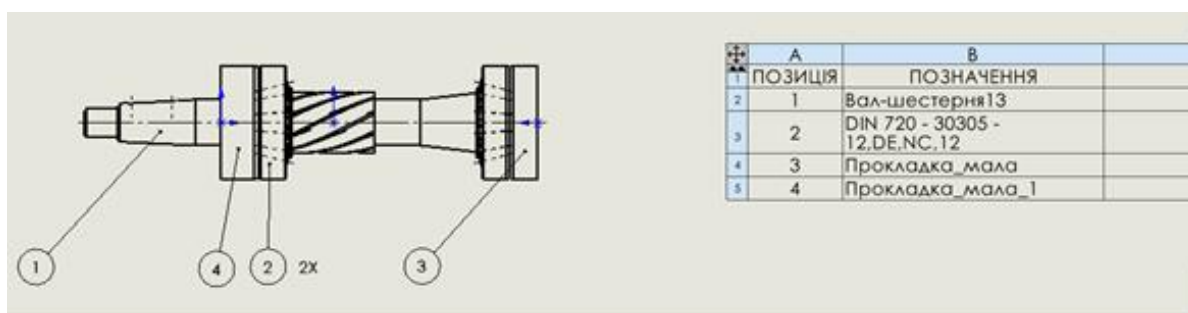


Рисунок 4.10 – Розставлення позицій

Сформовану специфікацію можна зберегти як окремий файл Excel з метою використання в інших додатках. Для цього необхідно:

- 1 Натиснути на специфікацію на кресленику.
- 2 Вибрати **Файл, Зберегти як**. В параметрі **Тип файлу** за замовчуванням встановлено значення шаблону. Для збереження варто вибрати формат **Файли Excel (*.xls або *.xlsx)**.
- 3 Далі необхідно ввести ім'я специфікації в поле **Ім'я файлу** та натиснути **Зберегти**.

Розширення **.xls** або **.xlsx** додається до імені файлу та файл буде збережено у поточному або обраному каталозі.

***Примітка.** Створений файл Excel не пов'язаний зі специфікацією на кресленику. У випадку зміни компонентів збірки специфікація оновлюється автоматично, а файл Excel – ні.*

4.8 Завдання до практичної роботи

За варіантом із додатка А або за завданням викладача спроектувати 3D-модель складальної одиниці та скласти для неї специфікацію.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 ПРОЄКТУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ. СТВОРЕННЯ РОЗГОРТКИ

Мета та задачі роботи:

1. Отримати навички створення деталей з листового матеріалу.
2. Навчитись створювати розгортку деталі та її кресленик.

5.1 Підготовка та початок роботи

Для початку виконання роботи необхідно:

1. Запустити **SolidWorks** та у діалоговому вікні (див. рис. 3.1), що відкривається одразу, або через меню **Файл, Новий** створити **Деталь**.
2. Для роботи із листовим металом необхідно додати панель інструментів **Листовий метал**. Для цього потрібно перейти у меню **Налаштування, Панель інструментів** та активувати панель інструментів

Листовий метал



5.2 Створення базового фланця

Створення виробу із листового металу починається із створення базового фланця. Для цього необхідно:

1. На панелі інструментів **Листовий метал** активувати команду **Базова кромка/виступ**.
2. Обрати площину **Спереду** та створити ескіз, як, наприклад, на рисунку 5.1.

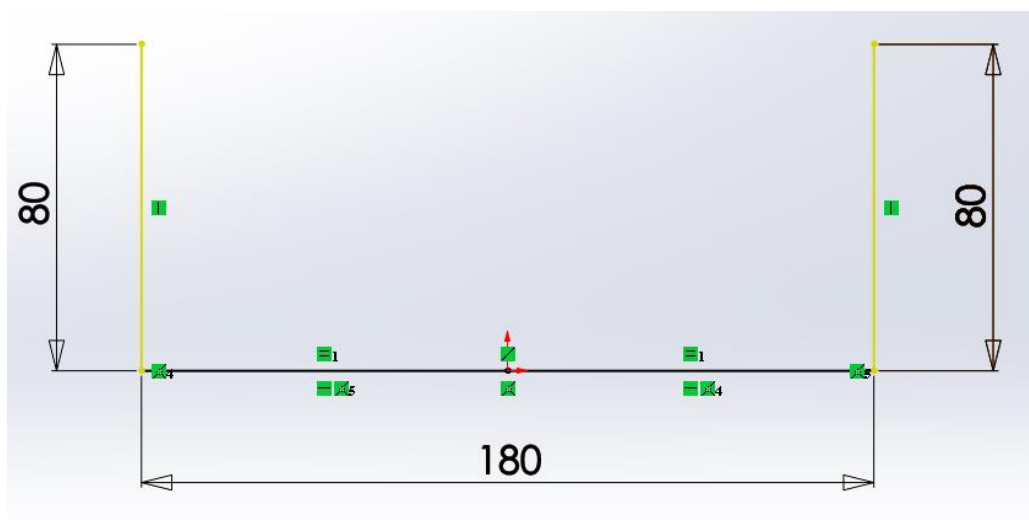


Рисунок 5.1 – Ескіз виробу із листового металу

3. Вийти з ескіза та зберегти файл.
 4. Для створення із ескіза деталі необхідно у меню налаштувань команди **Базова кромка/виступ** у пункті **Напрямок1** задаємо глибину **150 мм**. У пункті **Налаштування листового металу** необхідно задати такі параметри:
 - **Товщина** – 3мм;
 - **Радіус згину** – 3 мм.
 5. Далі потрібно завершити роботу команди натиснувши – .
- Отримана деталь матиме вигляд як на рисунку 5.2.

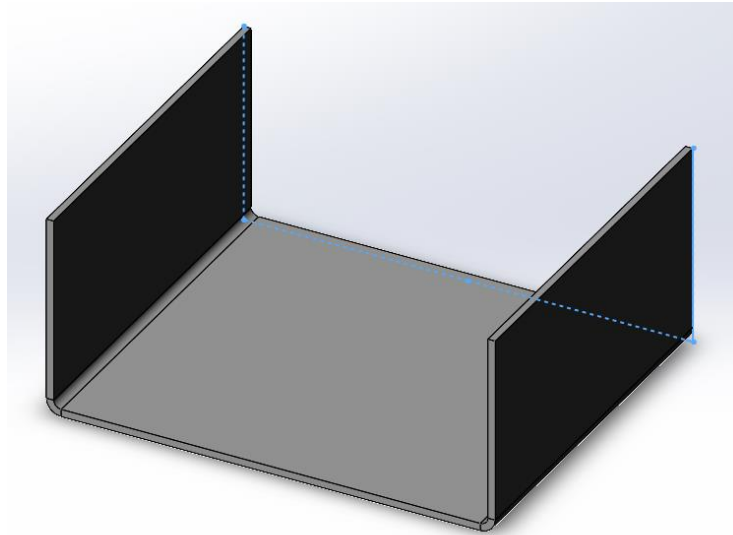


Рисунок 5.2 – Проміжний результат проектування деталі із листового металу

5.3 Побудова ребер-кромки

Для того, щоб продовжити побудову та додати нові елементи, наприклад задню стінку(фланець), необхідно:

1. На панелі інструментів **Листовий метал** вибрати команду **Ребро-кромка**  і вибрати кромку на площині **Спереду**.
2. Далі необхідно перемістити вказівник миші вгору (в напрямку побудови) та один раз натиснути ліву кнопку мишки.
3. Коли напрям побудови буде вибрано, необхідно у меню **Налаштування фланця** зліва задати налаштування:
 - **Кут** – 90°;
 - **Віртуальна різкість зовні** .
 - **Довжина фланця** – 80 мм;
 - **Розміщення кромки** – **Матеріалом зовні**  (рис. 5.3).

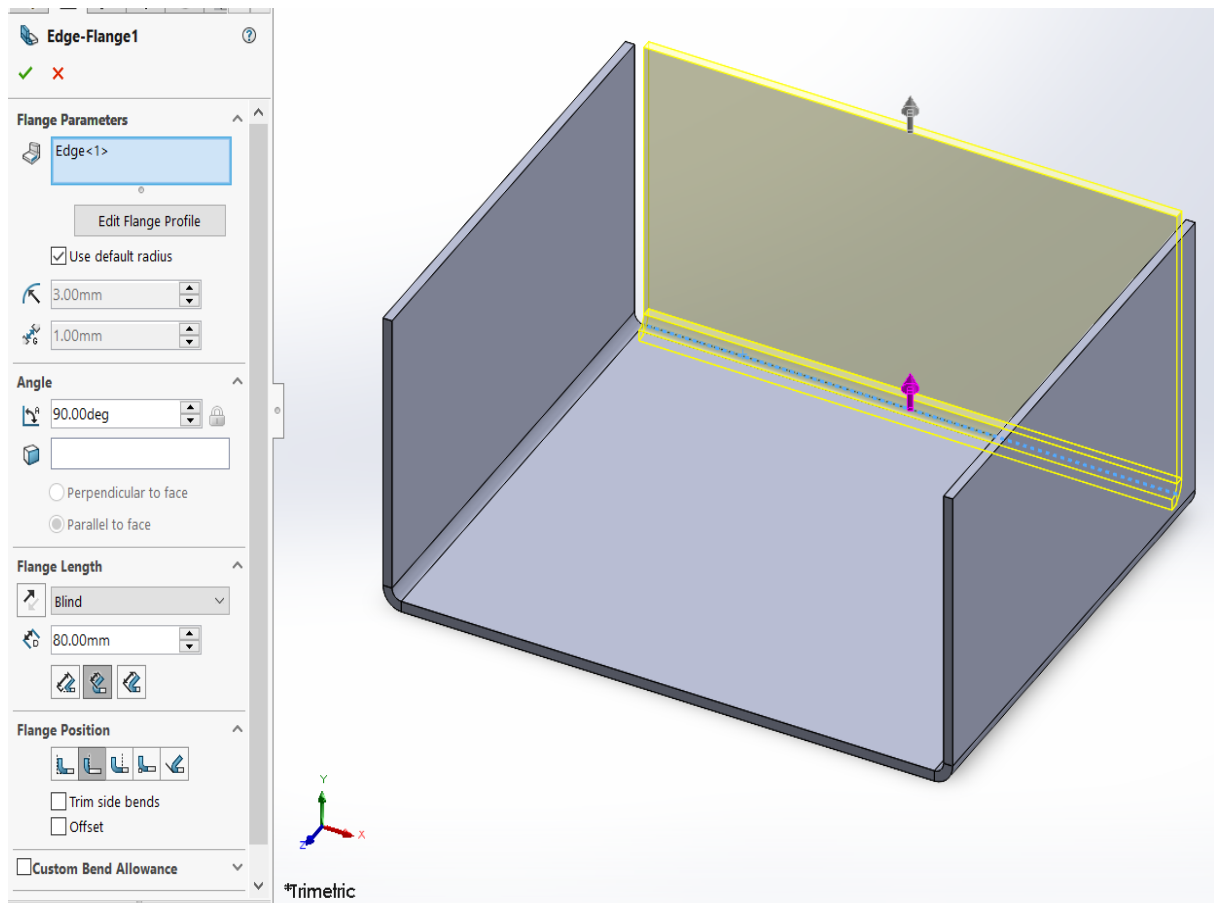


Рисунок 5.3 – Побудова задньої стінки

4. Для завершення операції необхідно натиснути .

*Примітка. Під час використання команди **Ребро-кромка** є можливість редагувати ескіз фланця. Для цього необхідно у меню активувати команду **Редагувати профіль фланця**.*

5.4 Створення кромки під кутом

Для того, щоб створити кромку під кутом необхідно:

1. Натисніть команду **Кромка під кутом**  і вибрати кромку, від якої здійснюватиметься побудова, в нашому випадку це – верхній внутрішній край лівої кромки.
2. Створити ескіз за прикладом на рисунку 5.4.

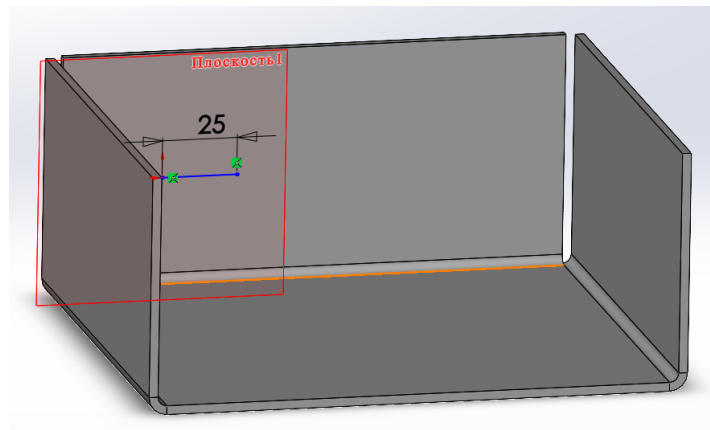


Рисунок 5.4 – Приклад ескізу

3. Далі вийти з ескізу.

4. Далі в меню команди **Кромка під кутом** необхідно налаштувати такі параметри:

- **Матеріалом всередину** ;
- **Зазор** – 1,25 мм;
- У вкладці **Почати/Закінчити** зміщення у пункті **Відстань зміщення почати** потрібно встановити значення 0 мм та **Відстань зміщення закінчити** встановити значення 10 мм (рис. 4).

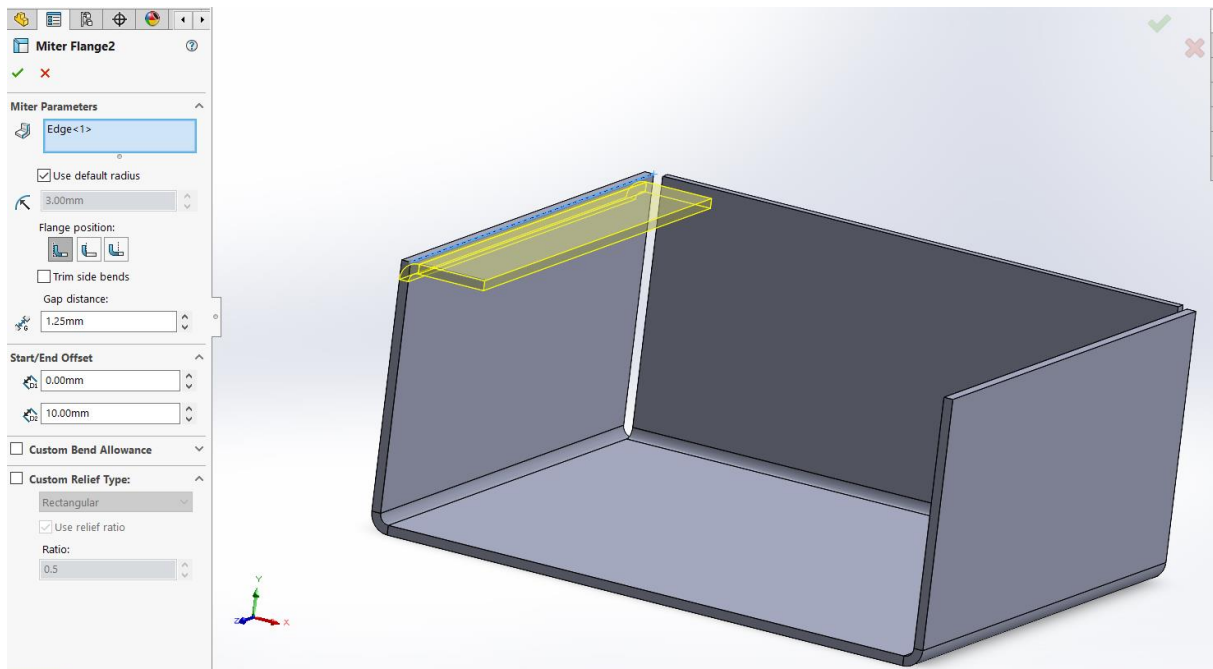


Рисунок 5.5 – Використання команди **Кромка під кутом**

5. Для завершення команди необхідно натиснути .

6. За допомогою тієї самої команди потрібно додати кромку на передній частині лівої стінки деталі (рис. 5.6)

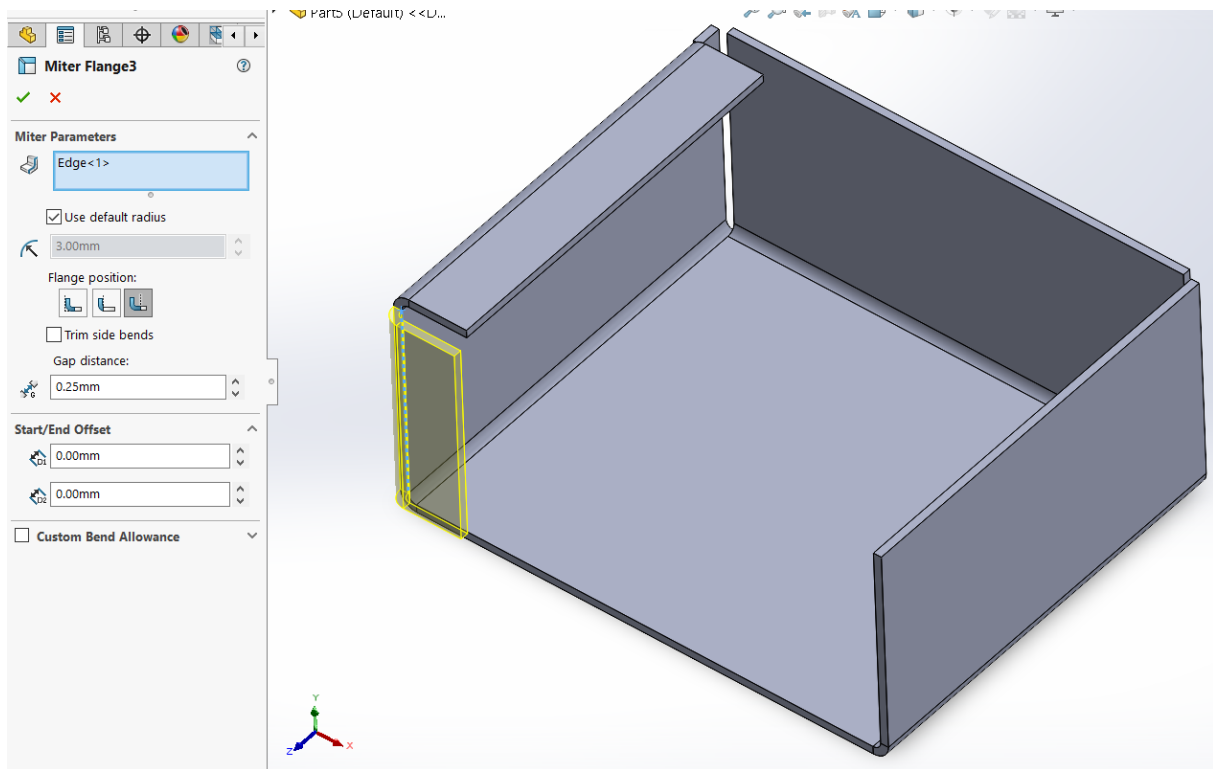


Рисунок 5.6 – Додавання кромки

5.4 Використання команди Кут

1. Для того, щоб закрити кути листової деталі потрібно використати команду **Кути, Кут** .
2. Для цього необхідно вибрати торці кутових фланців, які були створені раніше (див. рис. 5.3, 5.5, 5.6).
3. У вкладці **Тип кута** необхідно вибрати тип **Стикове з'єднання**  (рис. 5.7).

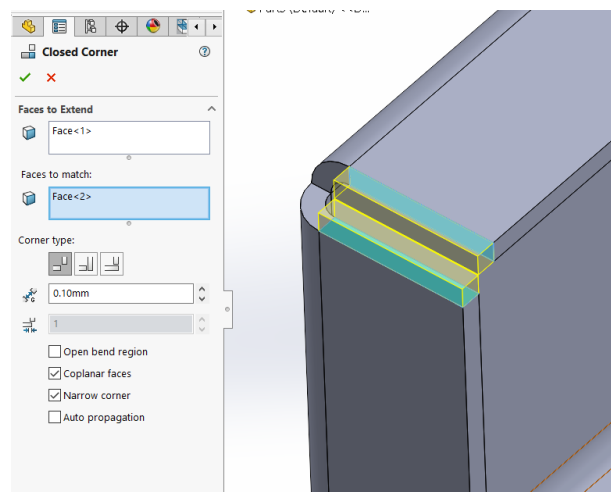


Рисунок 5.7 – Використання команди Кут

4. Після того потрібно повернути деталь та за тим самим алгоритмом, аналогічно додати закриті кути для задньої та бічних стінок моделі (рис. 5.8).

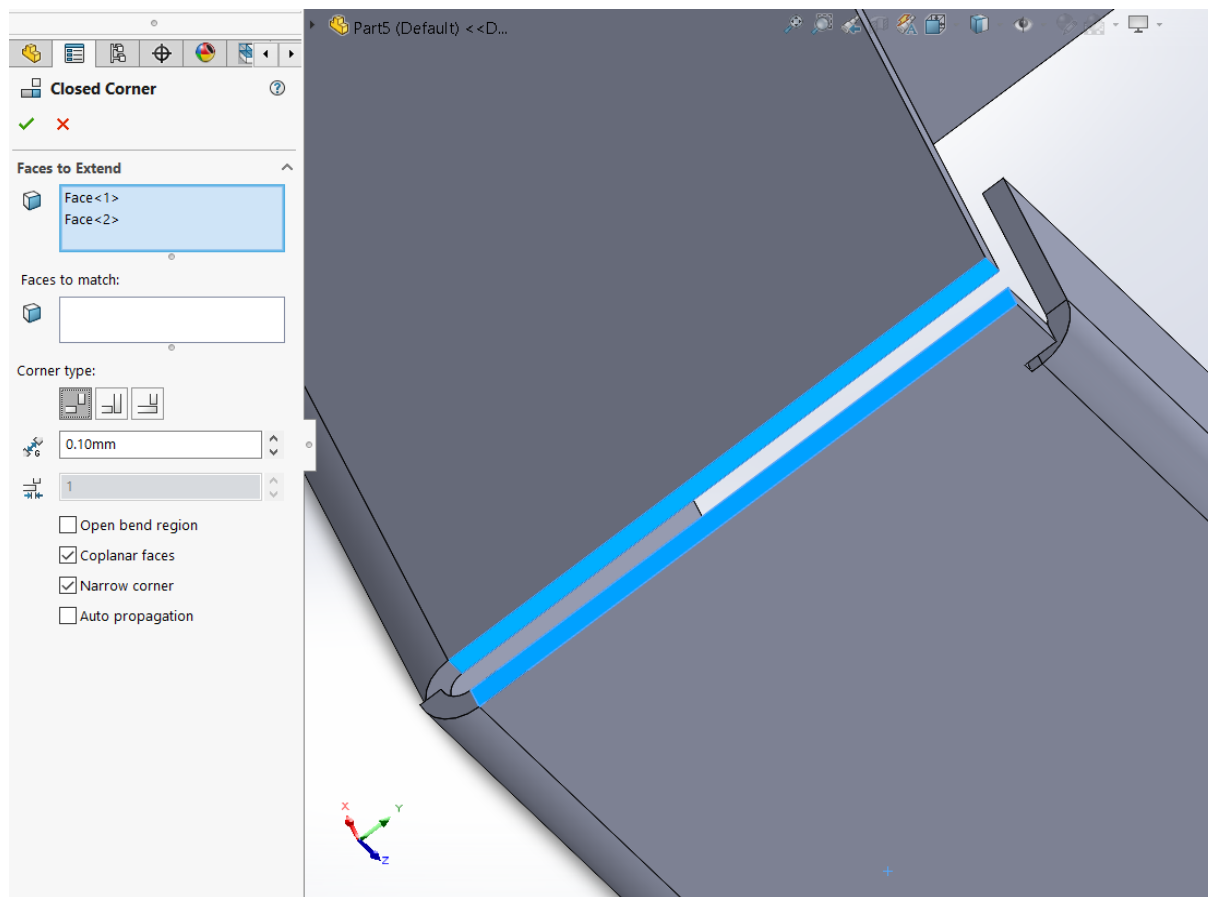


Рисунок 5.8 – Використання команди **Кут** для задньої стінки

5.5 Додавання Рельєфу Кута

1. Для того, щоб додати рельєф кута, необхідно натиснути кнопку

Зняття напруження кута  на панелі **Листовий Метал, Кути**.

2. У вкладці **Кути** необхідно вибрати опцію **Знайти усі кути**.

3. У пункті **Параметри зняття напружень** необхідно вибрати варіант **Коловий**.

4. У пункті **Ширина прорізу** потрібно встановити значення 3 (рис. 5.9).

5. Для завершення команди необхідно натиснути .

5.6 Додавання виступу

1. Для додавання виступу необхідно натиснути на праву частину базового фланця.

2. Далі потрібно вибрати команду **Базова кромка/виступ**.

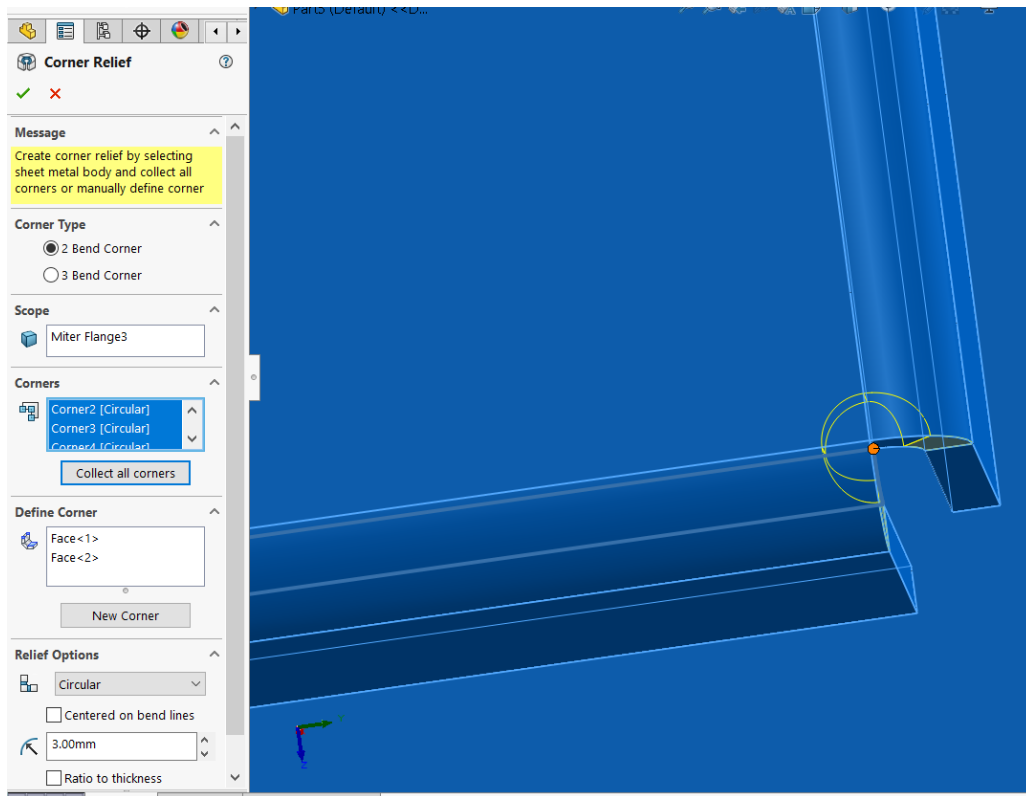


Рисунок 5.9 – Визначення параметрів додавання рельєфу кута

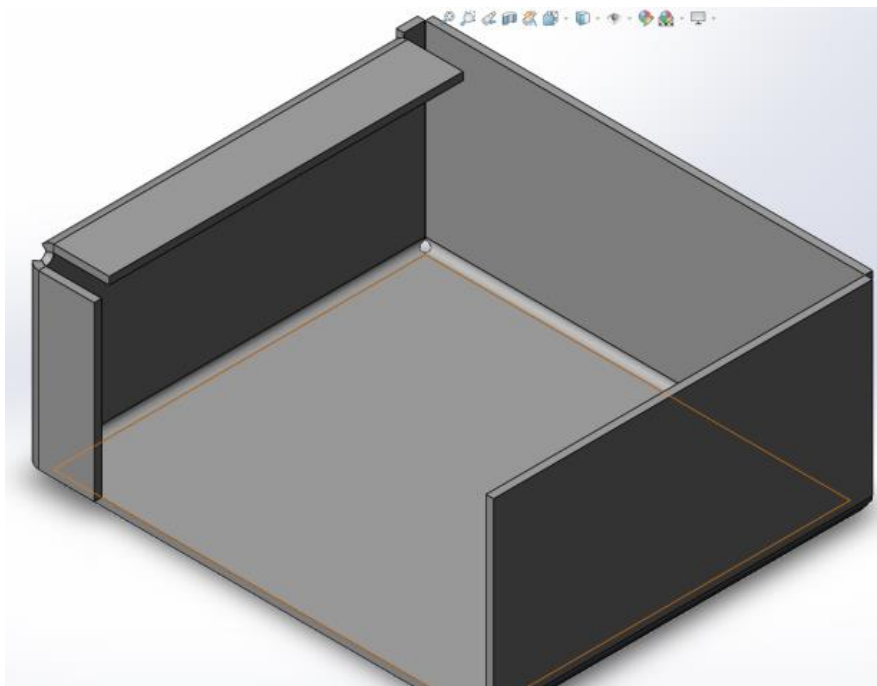


Рисунок 5.10 – Результат додавання рельєфу кута

3. Після цього необхідно накреслити ескіз, як зображено на рис. 5.11:

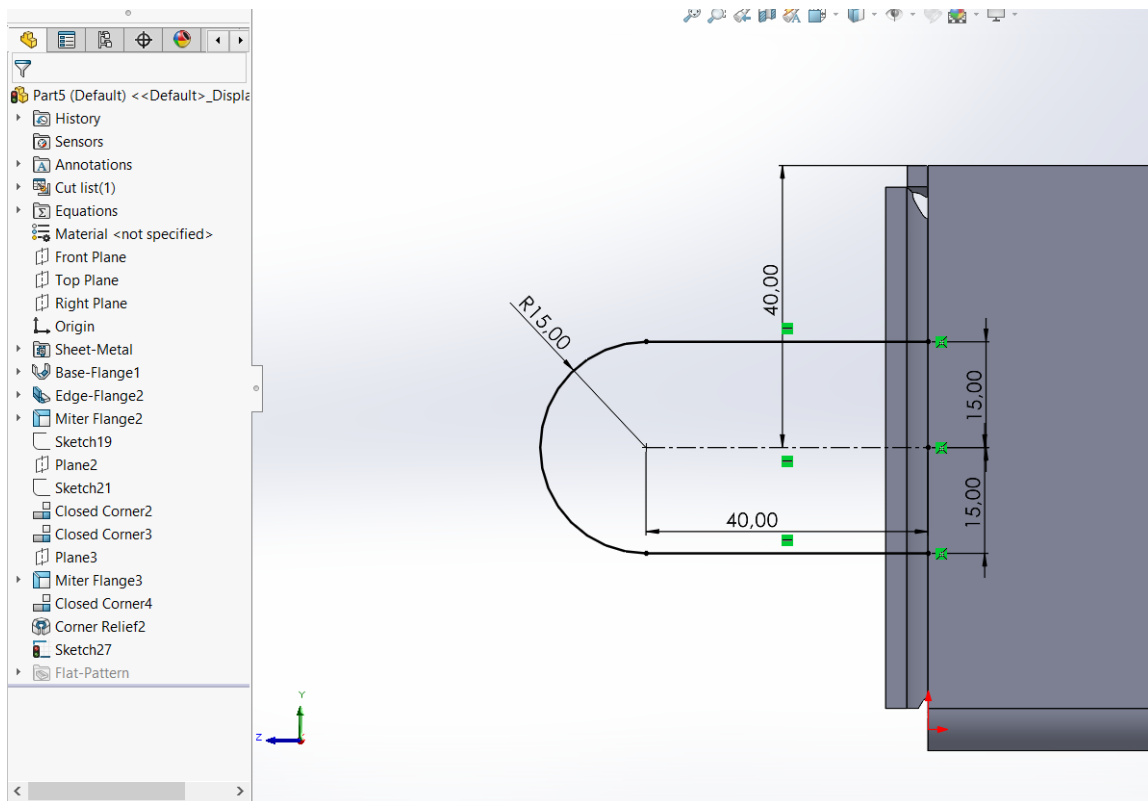


Рисунок 5.11 – Ескіз

4. Для виходу з ескізу та завершення побудови виступу необхідно натиснути .

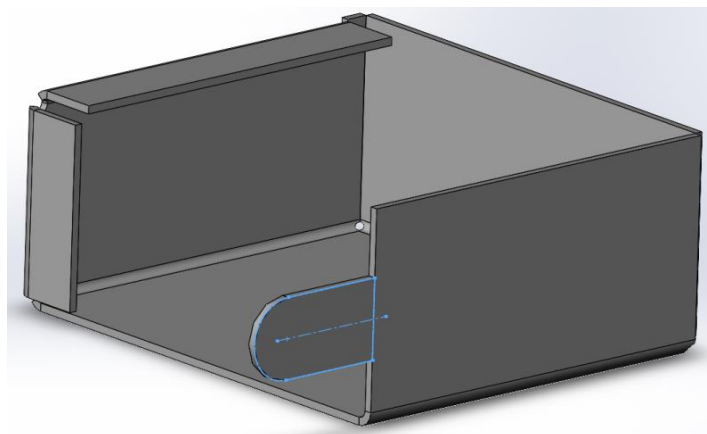


Рисунок 5.12 – Результати використання команди **Додавання виступу**

5.7 Додавання згину

Для виконання цієї операції необхідно:

1. Вибрати поверхню виступу та натиснути команду **Згин** .
2. Далі потрібно нарисувати ескіз як показано на рисунку 5.13.

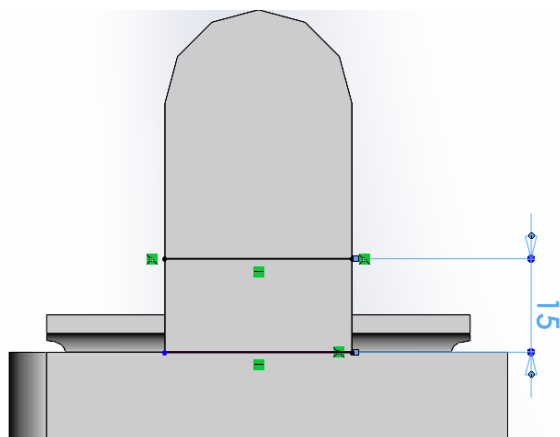


Рисунок 5.13 – Ескіз згину

3. Далі потрібно вийти з ескіза.
4. Для визначення фіксованої грані необхідно натиснути на поверхню грані, від якої було створено.
5. У пункті **Зміщення Згину** необхідно встановити **Відстань зміщення**, що дорівнює 10 мм.
6. Для завершення побудови згину необхідно натиснути .

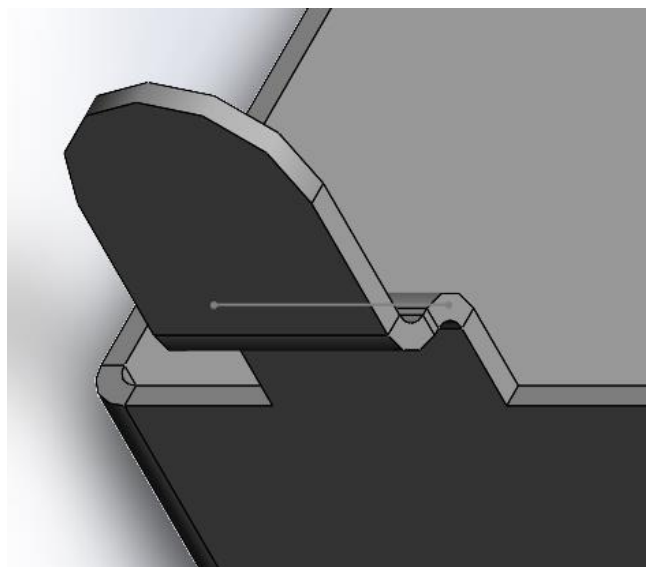


Рисунок 5.14 – Результат побудови згину

За потреби розгортання згину потрібно натиснути на команду

Розгорнути .

5.8 Використання інструментів форми під час роботи з деталями із листового металу

1. Щоб використати команду **Інструменти форми** необхідно натиснути на кнопку **Бібліотека проектування** , що розміщена з правого боку робочого поля програми.

2. Далі потрібно вибрати команду **Інструменти форми**.

3. Для вставки **Вентиляційних отворів** на деталь з листового металу необхідно перетягнути вентиляційний отвір із відповідної папки на задній фланець.

4. Далі потрібно задати розміщення вентиляційного отвору шляхом додавання взаємозв'язків та розмірів.

5. Для завершення операції необхідно натиснути  (рис. 5.15).

6. За допомогою команди **Лінійний масив** додаються інші вентиляційні отвори (рис. 5.16).

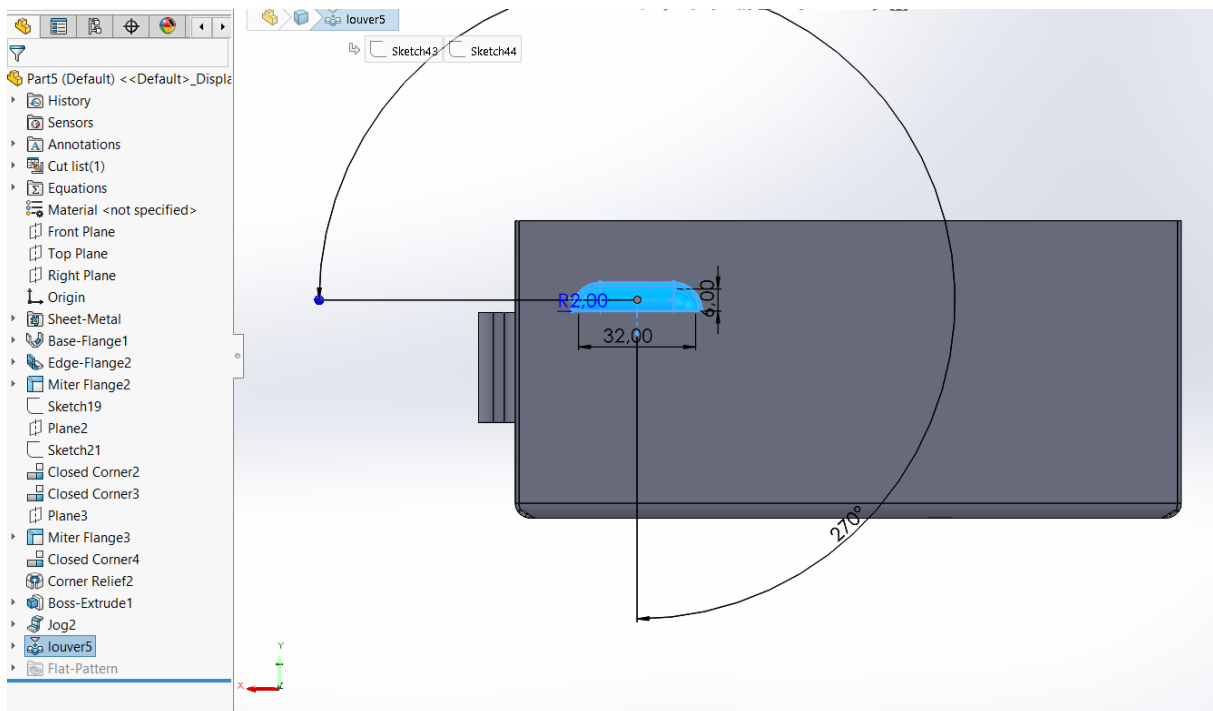


Рисунок 5.15 – Додавання вентиляційного отвору

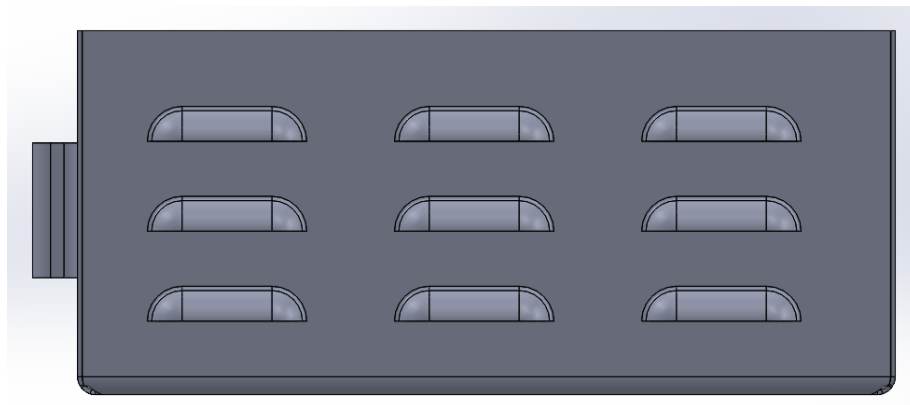


Рисунок 5.16 – Результати використання команди **Лінійний масив**

5.9 Створення кайми

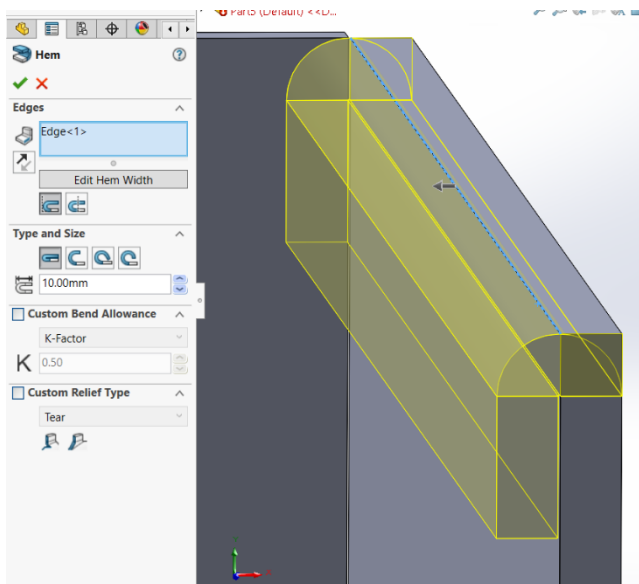
Для створення кайми необхідно:

1. На панелі **Листовий метал** вибрати команду **Кайма** .
2. Далі потрібно натиснути на внутрішній край правого фланця.
3. У пункті **Тип та розмір** необхідно вибрати параметри: **Закритий**

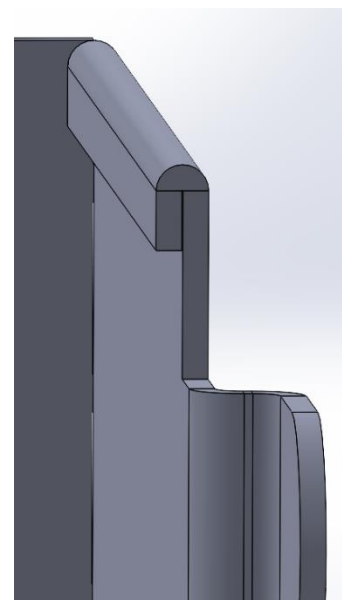


, **довжина** – 10 мм (рис. 5.17).

4. Для завершення операції необхідно натиснути .



а) – активація команди



б) – результат

Рисунок 5.17 – Створення кайми

5.10 Додавання вентиляційного отвору *круглої форми*

Для створення вентиляційного отвору необхідно:

1. Створити ескіз на правому фланці як показано на рисунку 5.18.

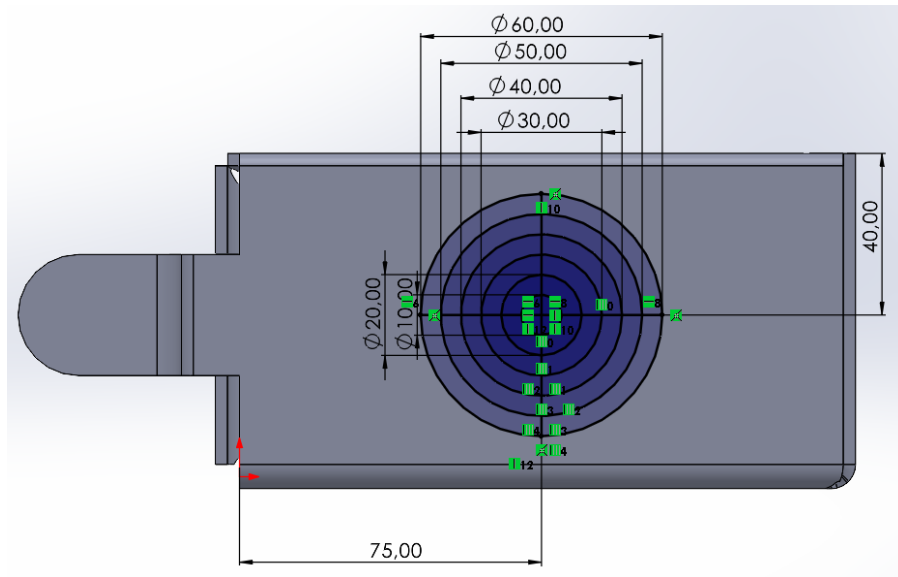


Рисунок 5.18 – Ескіз для створення вентиляційного отвору

2. Далі необхідно вибрати команду **Вхідний отвір** .
3. У вкладці **Границя** необхідно натиснути на зовнішнє найбільше кільце.
4. У вкладці **Ребра** необхідно вибрати горизонтальне та вертикальне ребро.
5. У вкладці **Перекладини** потрібно вибрати 2, 3, 4 і 5 кола.
6. У вкладці **Границя заповнення** вибрати найменше коло.
7. Товщини усіх ребер необхідно вказати такими, що дорівнюють 2 мм.
8. Для завершення операції необхідно натиснути  (рис. 5.19).

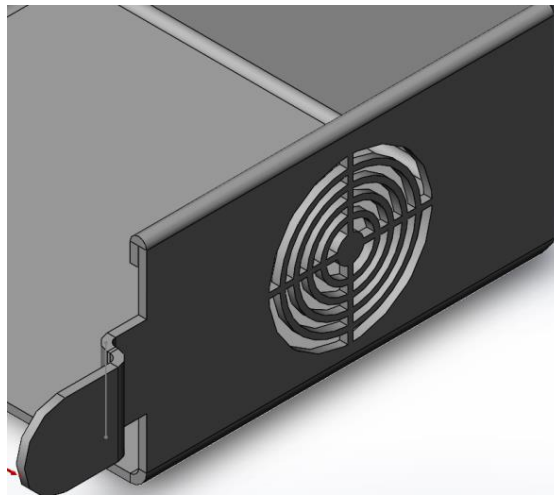


Рисунок 5.19 – Вентиляційний отвір

5.11 Створення дренажних отворів за допомогою заповненого масиву

Для цього необхідно:

1. На основі деталі накреслити ескіз, як показано на рисунку 5.20.
2. Вибрати команду **Елементи, Лінійний масив, Зразок заповнення**.
3. У діалоговому вікні, що з'явилося, необхідно задати такі властивості (рис. 5.21).

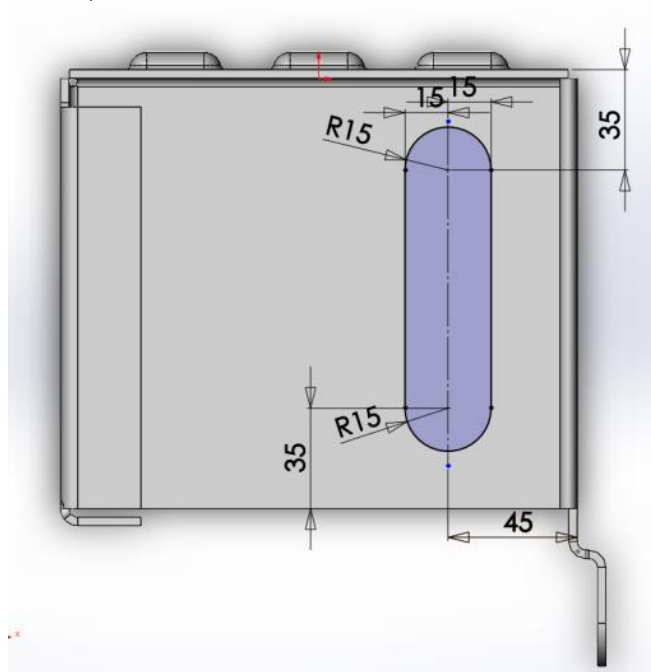


Рисунок 5.20 – Ескіз

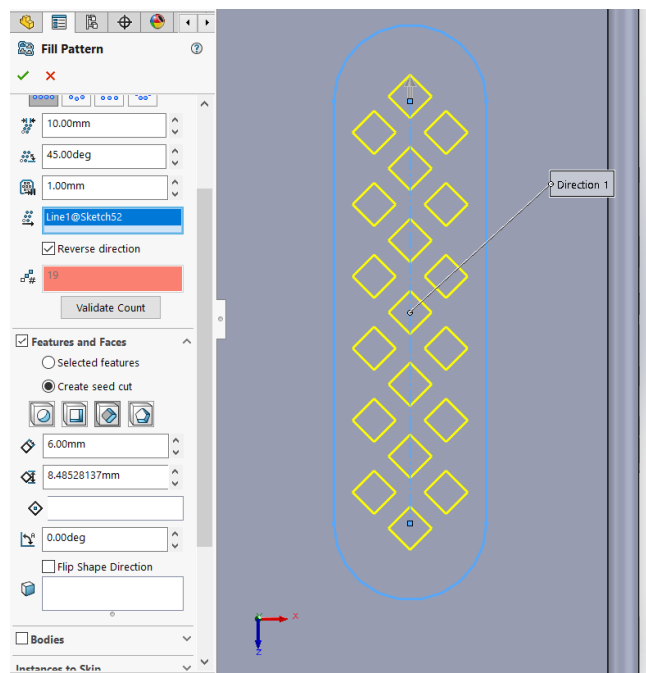


Рисунок 5.21 – Налаштування заповненого масиву

4. Для завершення операції необхідно натиснути 

5. За допомогою функцій **Довідкова геометрія**, **Площина** та **Дзеркальне відображення** потрібно створити ще один такий масив (рис. 5.22).

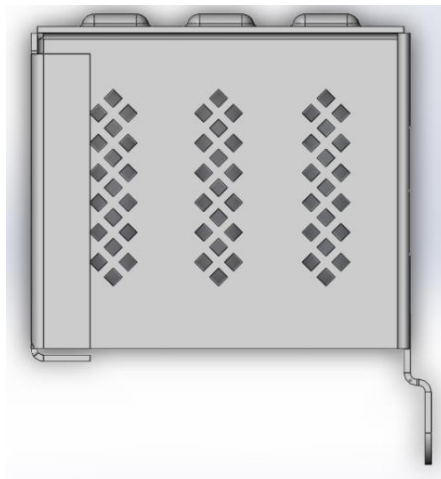


Рисунок 5.22 – Результат використання команди **Зразок заповнення**

5.12 Створення розгортки деталі з листового металу

1. Для того, щоб створити розгортку спроектованої деталі, необхідно вибрати команду **Розгортка**  на панелі **Листовий метал** (рис. 5.23).

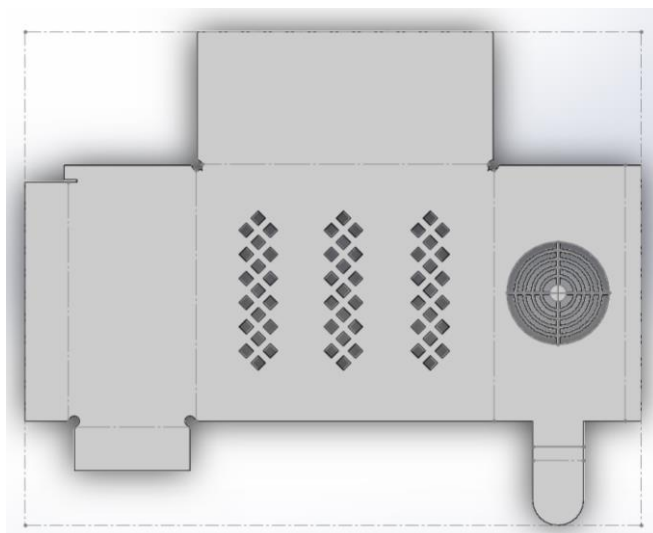


Рисунок 5.23 – Розгортка деталі

5.13 Завдання до практичної роботи

Спроектувати 3D-моделі та зробити розгортку кришки корпусу та лицьової панелі вашого системного блока або деталі за завданням, отриманим у викладача.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТАЛІ НА МЕЖУ МІЦНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS SIMULATION

Мета та задачі роботи

1. Ознайомитись та отримати навички використання додатка Solidworks Simulation.
2. Провести дослідження деталі на межу міцності.

6.1 Визначення межі міцності

Дослідження на межу міцності буде проведено для заздалегідь підготовленої деталі типу консольної балки в вигляді профільної труби $50 \times 50 \times 3$, закріпленої в стіні.

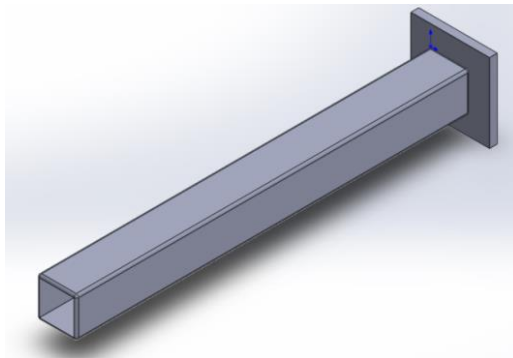


Рисунок 6.1 – Вихідна деталь

Для початку потрібно створити деталь або відкрити файл із заздалегідь підготовленою деталлю в Solidworks CAD. Після того необхідно перейти до вкладки **Додатки Solidworks** (рис. 6.2).

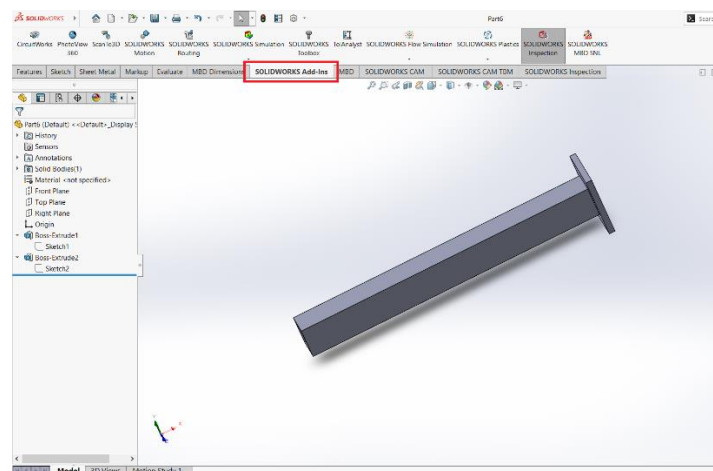


Рисунок 6.2 – Вкладка **Додатки**

Далі потрібно увімкнути додаток **Solidworks Simulation** (рис 6.3), після чого в панелі інструментів стане доступним інструмент **Симуляції**.

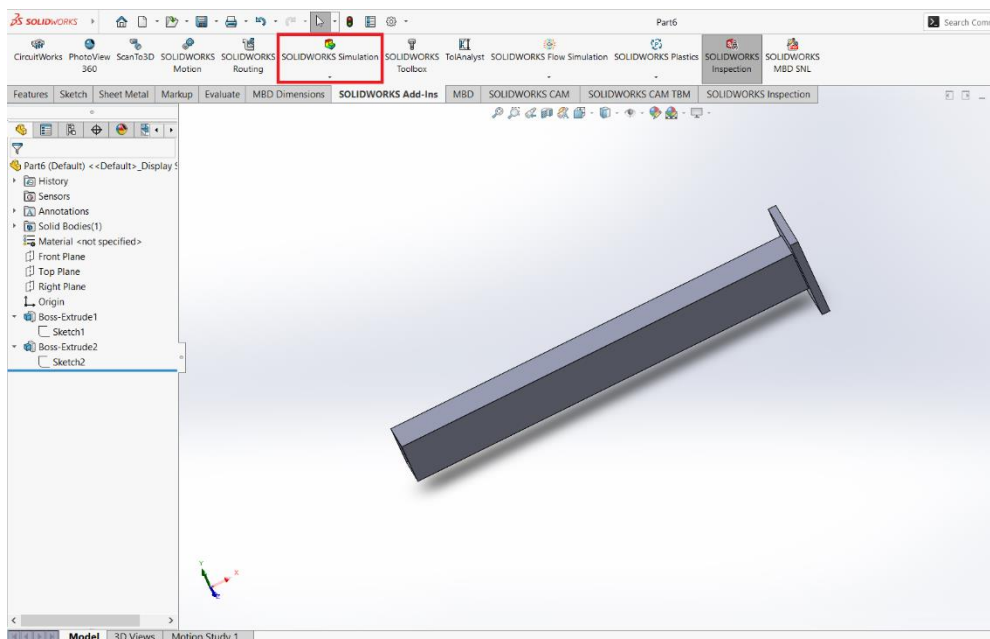


Рисунок 6.3 – Додаток Solidworks Simulation

Для створення нового дослідження необхідно вибрати відповідну вкладку (рис. 6.4).

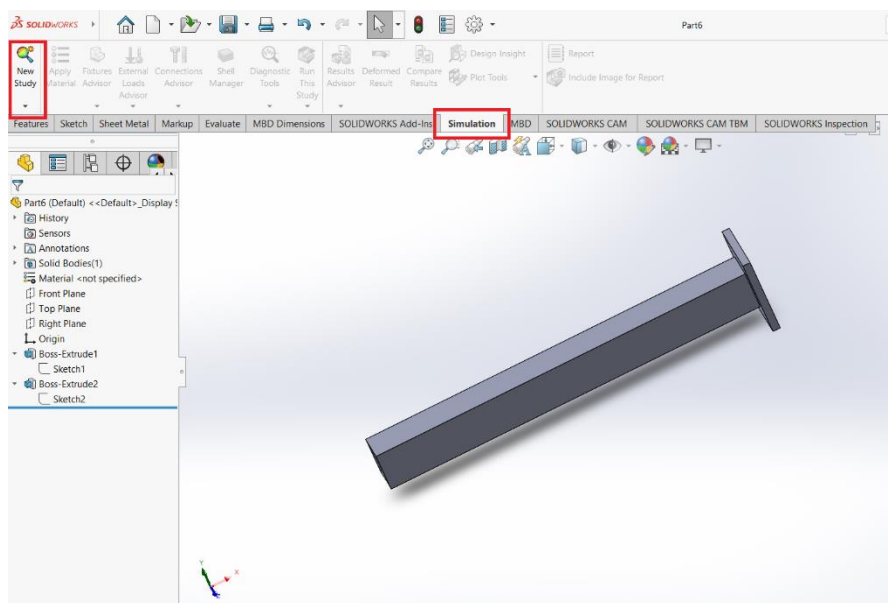


Рисунок 6.4 – Створення нового дослідження в Solidworks Simulation

В діалоговому вікні, що з'явилося, можна вказати назву дослідження та здійснити вибір схеми навантаження.

Для прикладу поточне дослідження названо «Балка». А для розрахунків використовується статична схема навантаження (рис. 6.5).

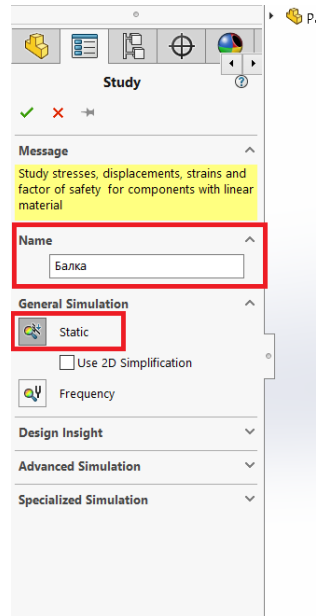


Рисунок 6.5 – Назва дослідження та схема навантаження

Для завершення роботи з діалоговим вікном необхідно натиснути . Після створення дослідження, в будівельному дереві з'являється новий предмет дослідження фізичних характеристик з назвою, згаданою раніше (рис. 6.6). Це діалогове вікно має кілька вкладок.

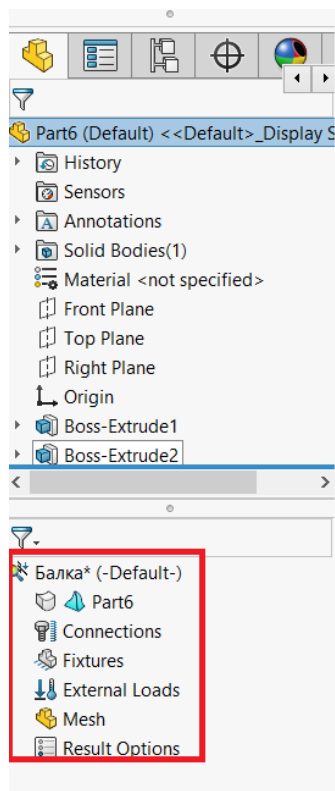


Рисунок 6.6 – Меню дослідження Solidworks Simulation

Натисненням правою кнопкою миші на вкладці деталей викликається діалогове вікно, де для проведення дослідження можна вказати матеріал, з якого виготовлена деталь. Якщо дослідження проводиться для збірки, необхідно вказати матеріал для кожної деталі збірки.

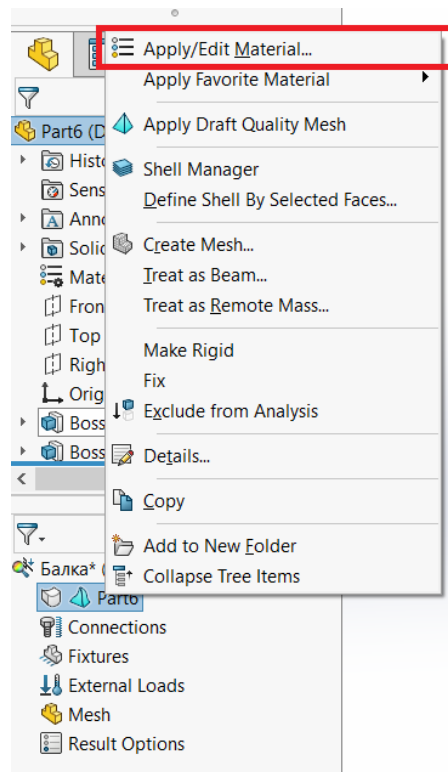


Рисунок 6.7 – Меню вибору матеріалу деталі

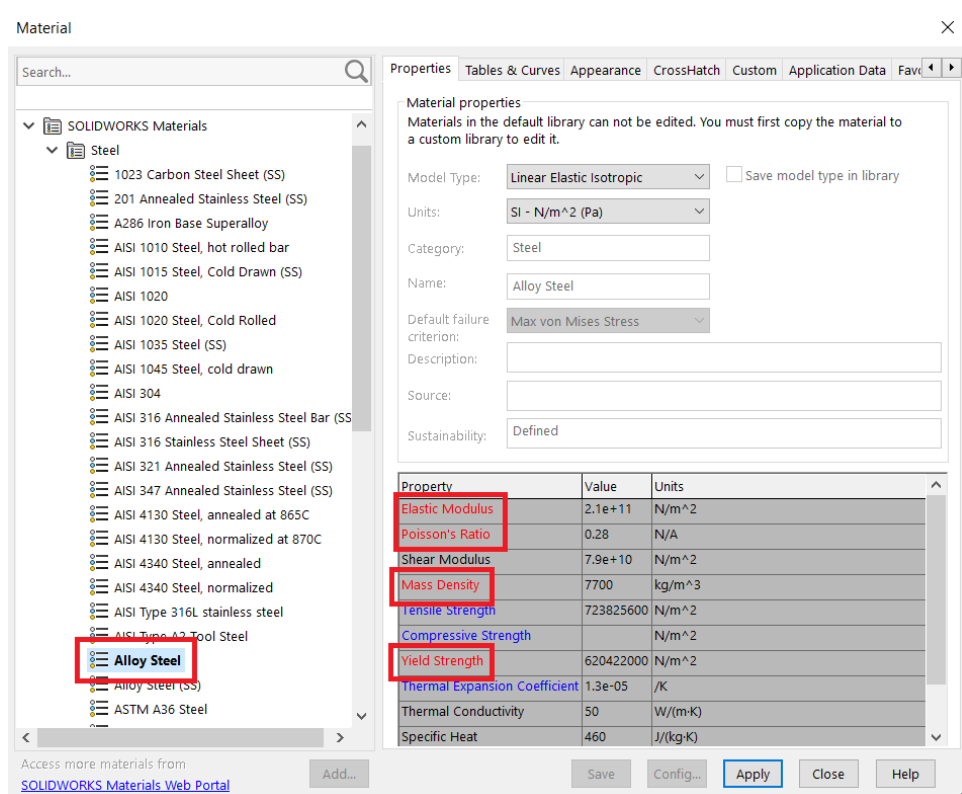


Рисунок 6.8 – База матеріалів та ключові параметри розрахунку

Програма Solidworks має вбудовану базу матеріалів, проте є можливість внести свій матеріал, для цього необхідно вказати ключові характеристики матеріалу (виділені червоним на рис. 6.8), оскільки додаток Solidworks Simulation проводить дослідження на основі цих даних.

Для прикладу, що розглядається, задається легована сталь. Процес вибору завершується натисканням клавіші **Застосувати**.

Вкладка **З'єднання** дозволяє вказати тип з'єднань деталей в збірці. Натисненням правою кнопкою миші на цю вкладку відкривається діалогове вікно, де можна вибрати тип з'єднання із запропонованих чи вказати власний (рис. 6.9).

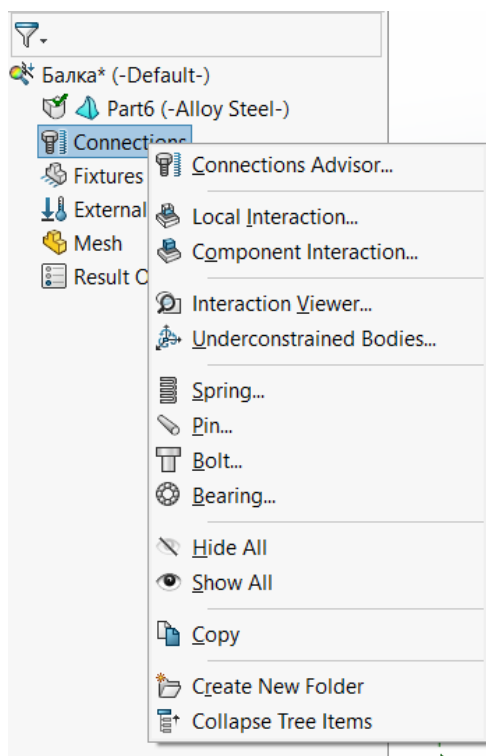


Рисунок 6.9 – Вкладка з'єднання

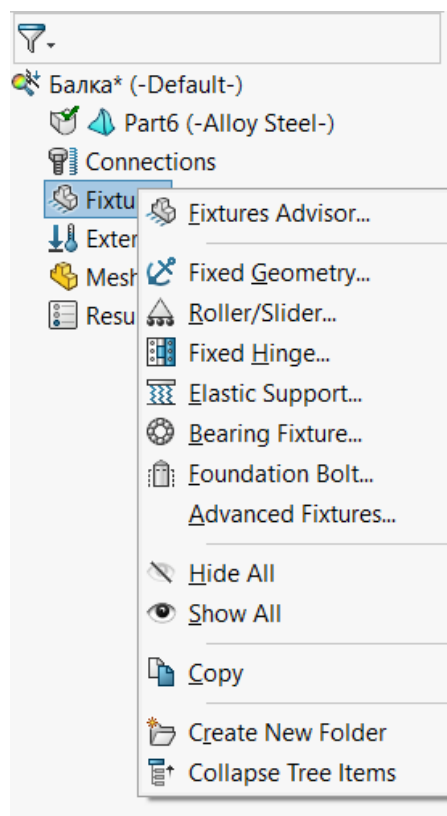


Рисунок 6.10 – Меню кріплення

Оскільки деталь «Балка» є цільною деталлю, ця вкладка пропускається.

Вибрати тип кріплення деталі чи збірки, а також вказати поверхні кріплення можна у вкладці **Кріплення**. Натисненням на вкладку правою кнопкою миші викликається діалогове вікно, в якому можна вибрати тип кріплення із запропонованого переліку, а також вказати, до яких поверхонь вони відносяться (рис. 6.10).

Для прикладу, що розглядається, вибрано тип кріплення **Зафіксована геометрія**. Для встановлення поверхні фіксації вибирається торець умовної стіни. Вибір завершується натисканням галочки  (рис. 6.11).

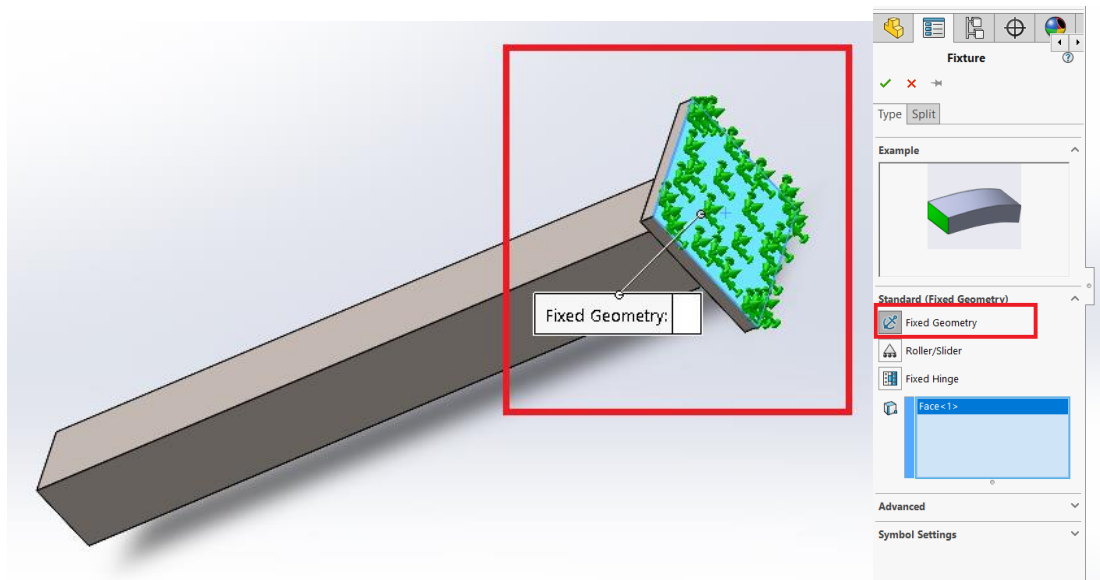


Рисунок 6.11 – Місце фіксації деталі

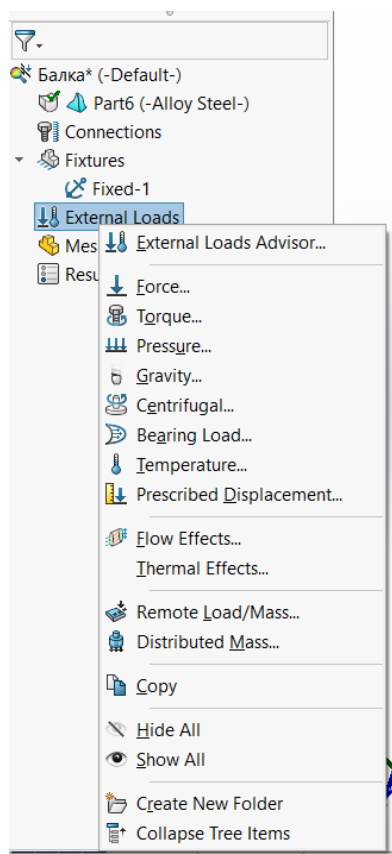
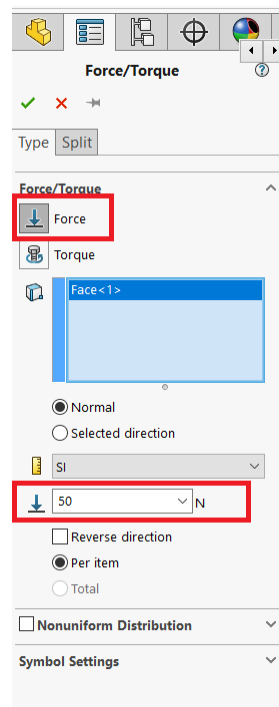


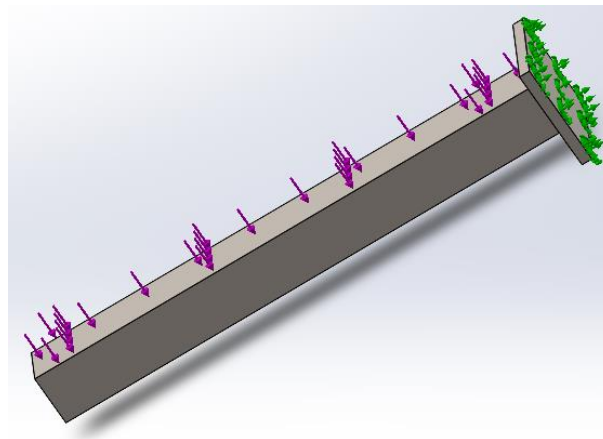
Рисунок 6.12 – Меню зовнішні навантаження

Наступна вкладка під назвою **Зовнішні навантаження** призначена для визначення типу зовнішнього навантаження та дає можливість вказувати місце його прикладання. Необхідне діалогове вікно також відкривається натисненням правої кнопки миші (рис. 6.12).

Для прикладу, що розглядається, вибирається тип навантаження в вигляді сили. Для цього необхідно натиснути на відповідну іконку, викликавши діалогове вікно, де можна вказати величину сили, вибрати поверхню, до якої вона прикладається, а також вказати напрямок дії сили. Для розрахунку приймається, що на одну з граней балки діє розподілена сила 50Н в перпендикулярному напрямку до цієї грані (рис. 6.13).



а)



б)

Рисунок 6.13 – Величина (а) та область прикладання (б) сили

Додаток Solidworks Simulation здійснює дослідження на міцність методом скінченних елементів, тому необхідно умовно «розбити» модель на елементи. Для цього потрібно натиснути на вкладку **Сітка** й вибрати команду **Створити сітку** (рис. 6.14). В новому діалоговому вікні є всього кілька налаштувань, основне з яких – це щільність сітки. Рухаючи повзунок в сторону високої щільності можна збільшити точність

дослідження, проте так значно збільшується час побудови сітки та час проведення дослідження (рис. 6.15).

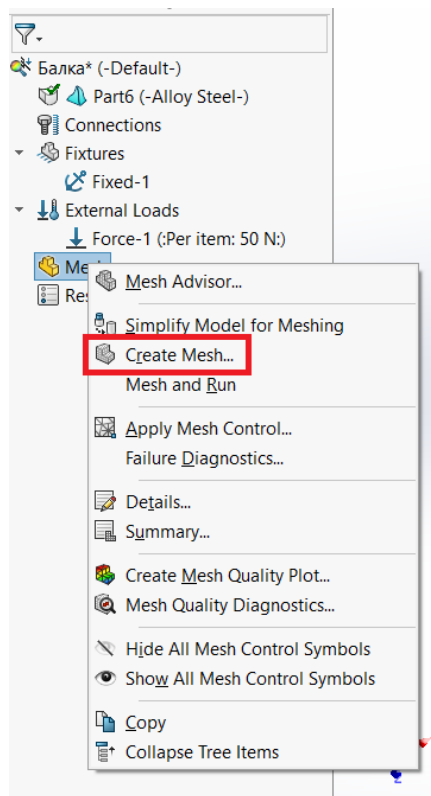


Рисунок 6.14 – Вкладка створення сітки

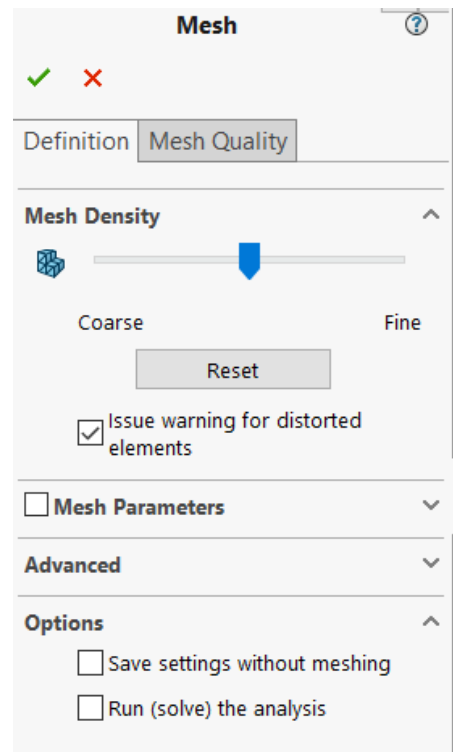


Рисунок 6.15 – Налаштування параметрів сітки

Після підтвердження команди **Створення сітки** деталь набуває вигляду як на рисунку 6.16 («розбита» на елементи).

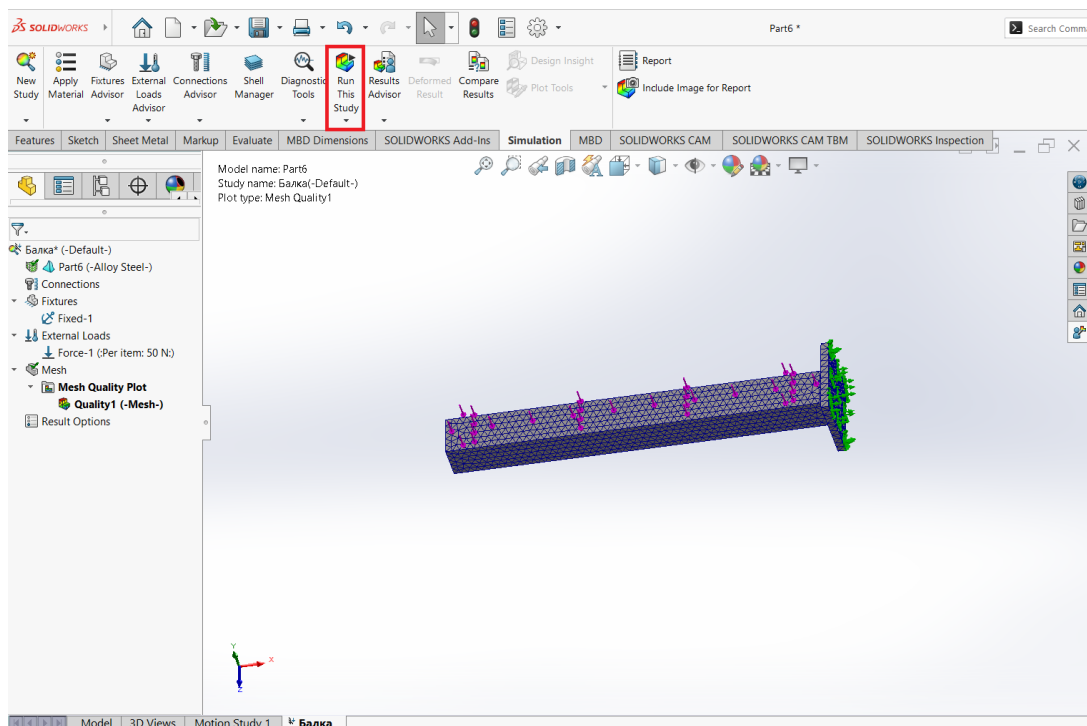


Рисунок 6.16 – Структурна сітка

Тепер підготовку до проведення дослідження завершено.

Дослідження запускається натисненням на іконку **Запустити це дослідження** (див. рис. 6.16).

Додаток Solidworks Simulation відображає деталь в напружно-деформованому стані, що дозволяє попередньо оцінити місця концентрації напружень та напрямки деформації деталі. Величина деформації значно перебільшена візуально для більшої наочності (числові значення відображають реальну деформацію).

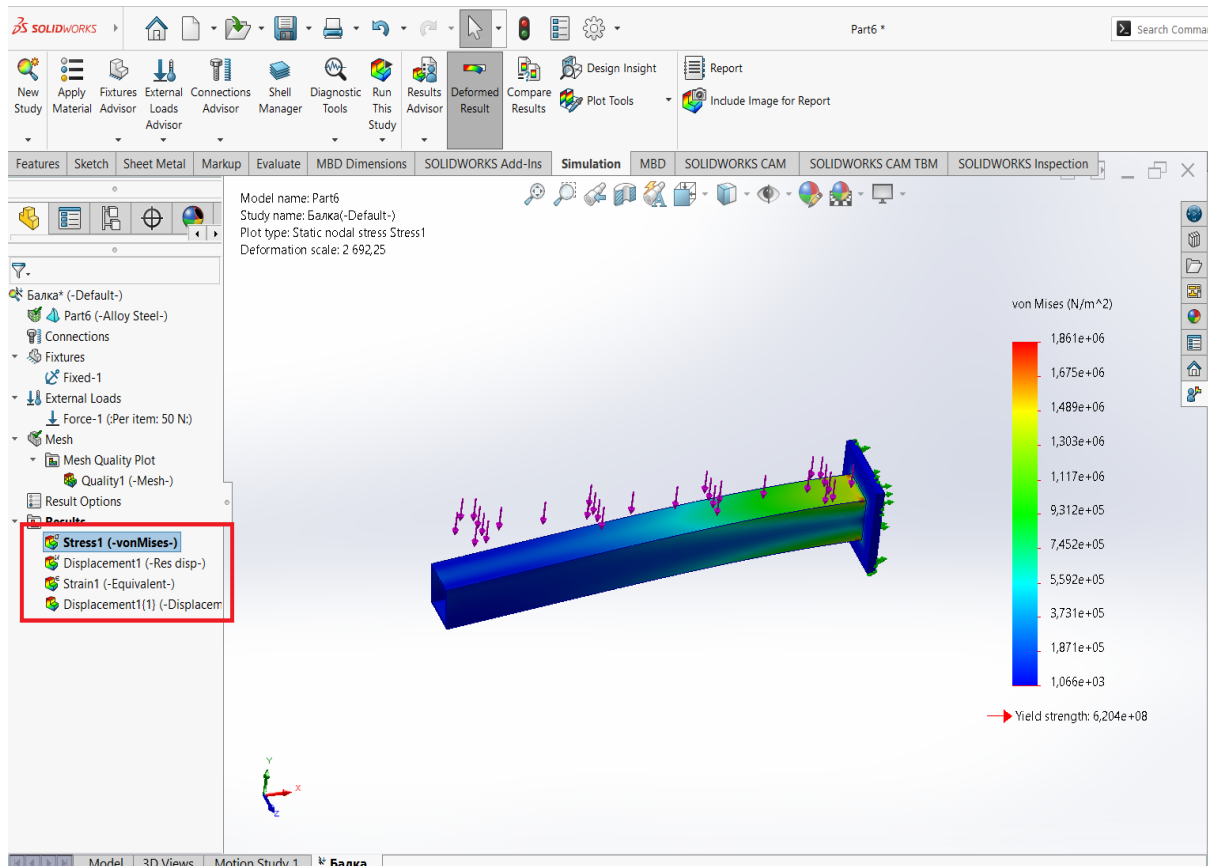


Рисунок 6.17 – Результати дослідження

Після завершення дослідження у вкладці **Результати** з'являється 3 графи: **Напруження**, **Переміщення** та **Деформація**.

Вибір, наприклад, вкладки **Напруження** дає можливість оцінити, в яких місцях деталі виникають найбільші концентрації напружень. Це можна зробити, оцінюючи зміни кольору деталі порівнявши колір ділянки, яку необхідно дослідити, з графіком, який з'явився з правого боку «легенда» (рис. 6.17).

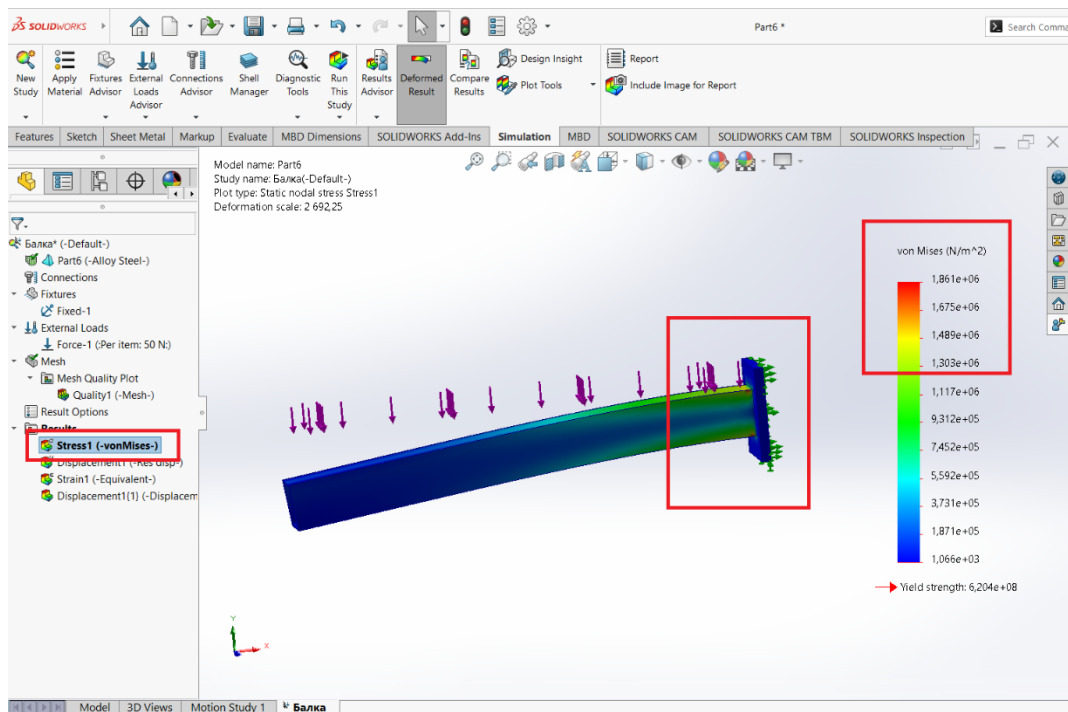


Рисунок 6.18 – Аналіз напруження

У графі **Переміщення** можна подивитись, на яку відстань перемістились ті чи інші елементи досліджуваної деталі. З рисунка 6.19 видно, що найбільше переміщення відбулось на кінці балки (червоний колір), оскільки кінець знаходиться в найбільшому віддаленні від опори (стіни).

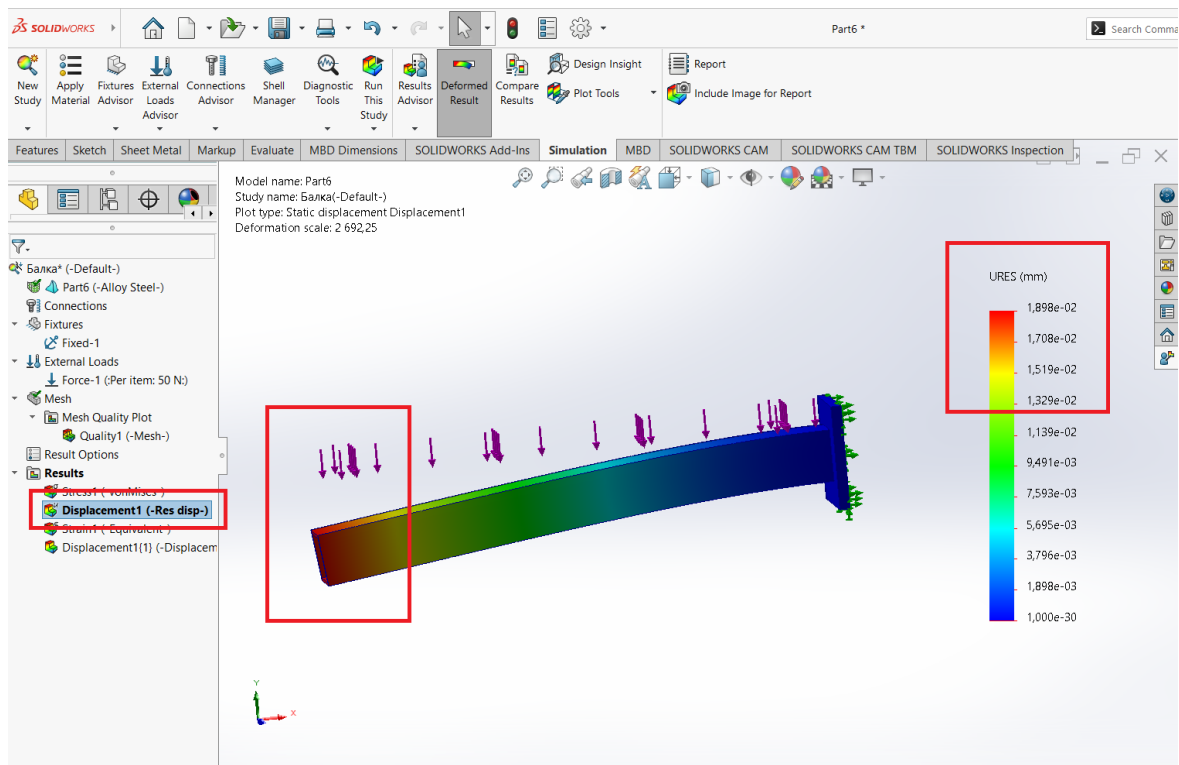


Рисунок 6.19 – Аналіз переміщення

Графа **Деформація** демонструє, в якому місці деталі відбулась найбільша деформація (рис. 6.20).

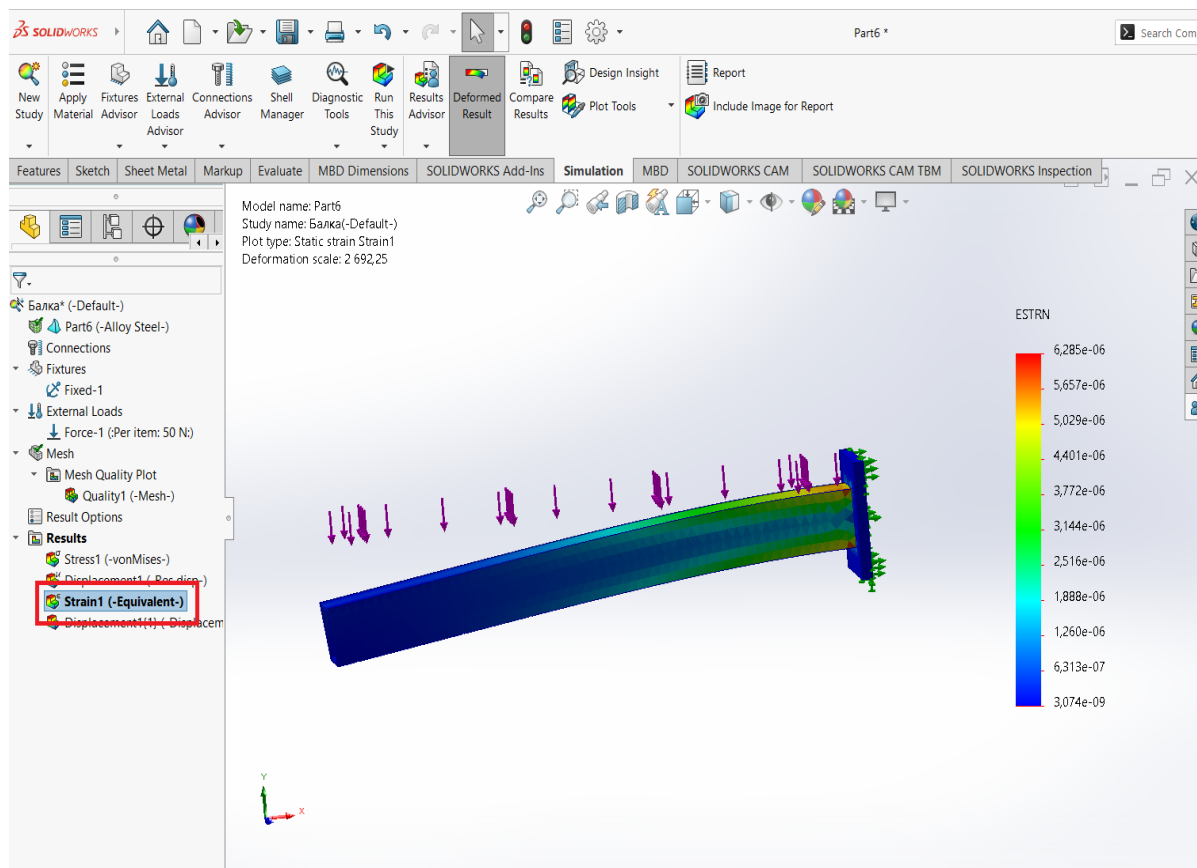


Рисунок 6.20 – Аналіз деформації деталі

6.2 Визначення запасу міцності

Доволі часто в інженерних розрахунках необхідно визначити запас міцності конструкції чи деталі за заданого навантаження. Для того щоб виконати цю операцію в Solidworks Simulation необхідно натиснути правою кнопкою миші на вкладку **Результати** й вибрати команду **Визначити епюру перевірки запасу міцності** (рис. 6.21).

У відкритому після цього діалоговому вікні з налаштуваннями (рис. 6.22) потрібно натиснути галочку.

В розділі **Результати** з'являється ще одна вкладка **Запас міцності** (рис. 6.23).

Ця вкладка і демонструватиме запас міцності деталі на розрив.

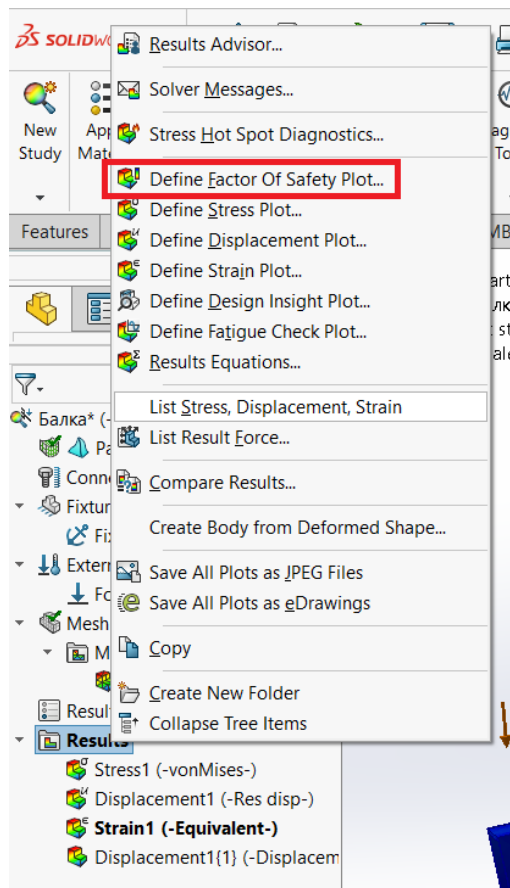


Рисунок 6.21 – Додавання вкладки **Запас міцності**

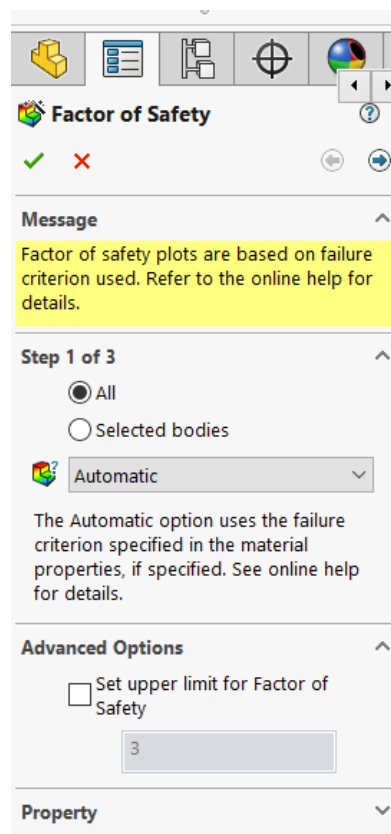


Рисунок 6.22 – Діалогове вікно **Запас міцності**

З рис. 6.23 видно, що запас міцності деталі за таких умов прямує до нескінченності. Це пов'язано з величиною прикладеного навантаження в 50 Н, що є надто малим для будь-якої значущої деформації нашої деталі.

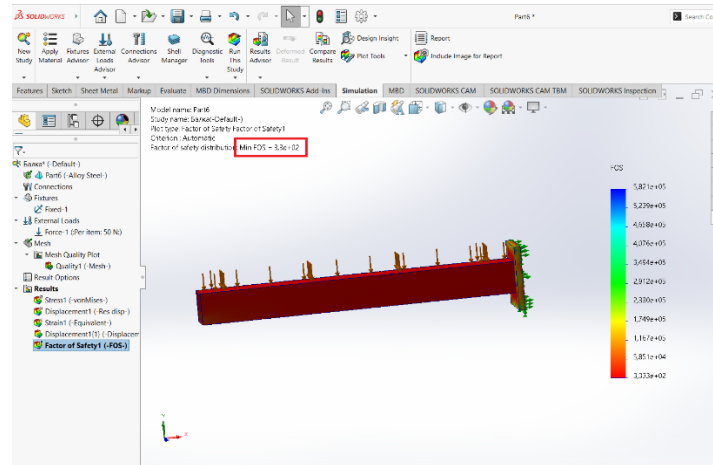


Рисунок 6.23 – Визначення запасу міцності деталі

6.3 Завдання до практичної роботи

Здійснити перевірку міцності та визначення її запасу для деталі за заданих умов. Завдання отримати у викладача.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ ЗА ДОПОМОГОЮ SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Мета та задачі роботи

1. Ознайомитись із можливостями додатку Solidworks Flow Simulation
2. Навчитись проводити симуляції потоків рідин та газів.
3. Провести симуляцію конвективної теплопередачі в додатку Solidworks Flow Simulation.

SOLIDWORKS Flow Simulation – це інтегрований у SOLIDWORKS 3D CAD CFD-модуль, призначений для аналізу течії рідин та газів методом кінцевих об'ємів. Flow Simulation пропонує широкий спектр математичних моделей текучих та твердих середовищ, матеріалів, взаємодій та обладнання. Модуль дозволяє моделювати течії з урахуванням теплообміну, турбулентності, гравітаційних ефектів, кавітації, областей, що обертаються, а також проводити аналіз оптимізації виробу, EFD-масштабування, аналіз акустичної потужності та ін.

7.1 Проведення дослідження

Розглянемо приклад визначення теплового потоку, який виходить від сушарки для рушників, що знаходиться в повітряному середовищі з постійною температурою 20 °С. Для цього завчасно підготуємо 3D модель сушарки (рис 7.1).

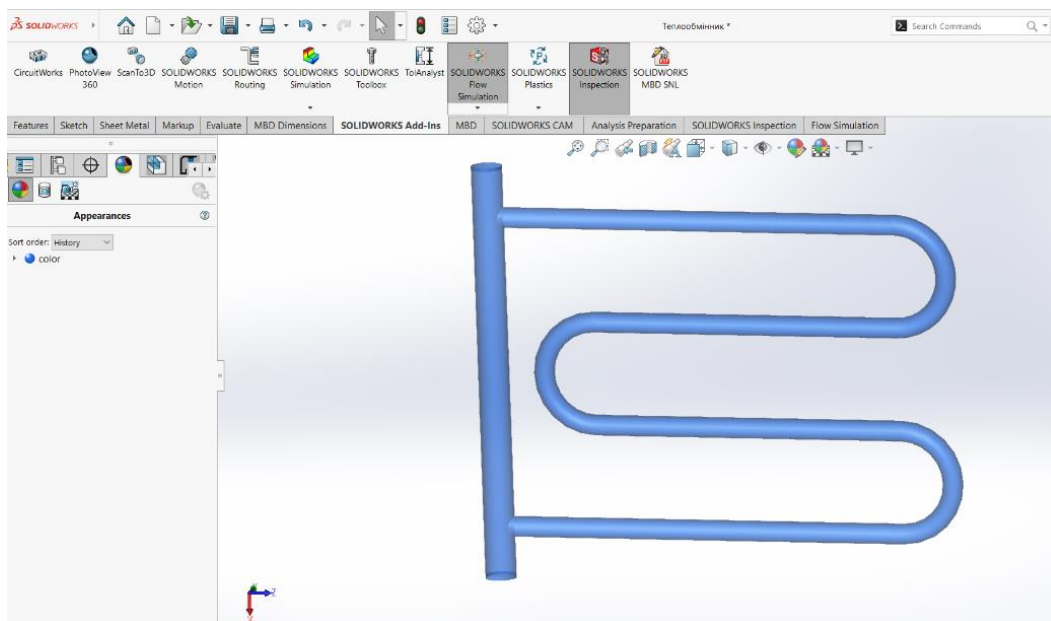


Рисунок 7.1 – Модель сушарки

Для початку роботи з SOLIDWORKS Flow Simulation переходимо до вкладки **Додатки** й запускаємо додаток **Flow Simulation** (рис. 7.2)

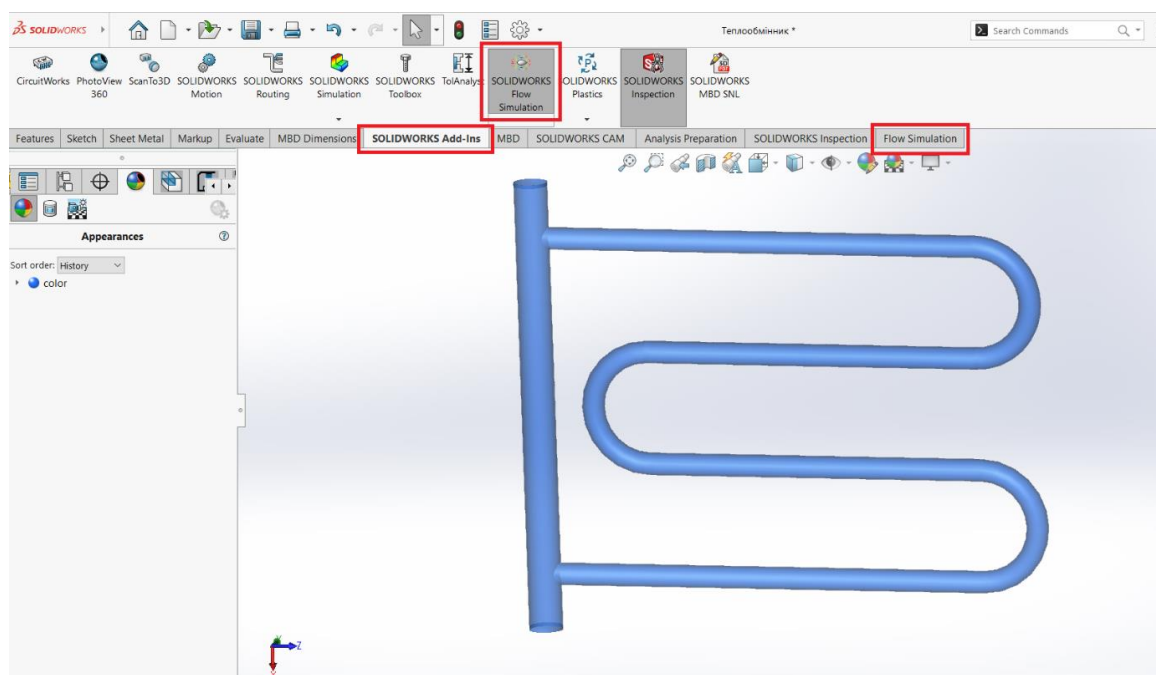


Рисунок 7.2 – Додаток **Flow Simulation**

Після активації додатка в рядку команд з'явиться вкладка **Flow Simulation** (рис. 7.2). Переходимо до неї й запускаємо **Майстер проєкту** натискаючи на відповідну іконку (рис. 7.3).

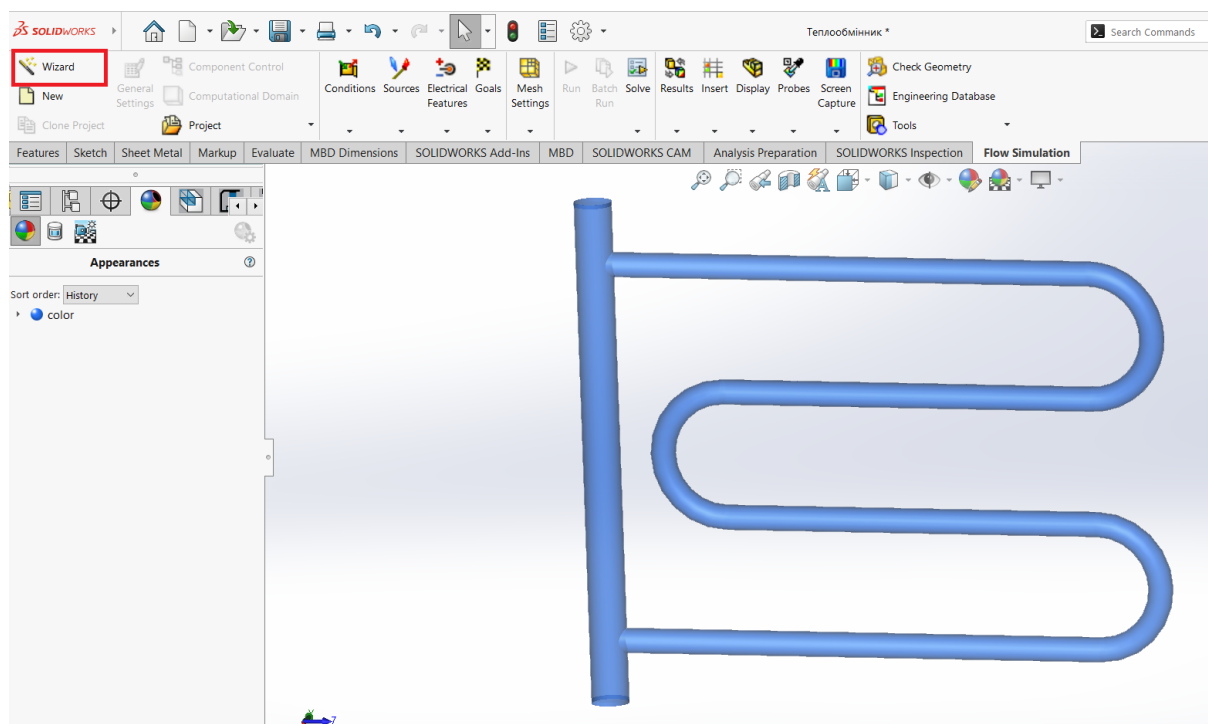


Рисунок 7.3 – Команда **Майстер проєкту**

У відкритому після цього діалоговому вікні нового проєкту (рис 7.4) можна вказати його назву, підібрати відповідну конфігурацію або створити власну (рис. 7.4).

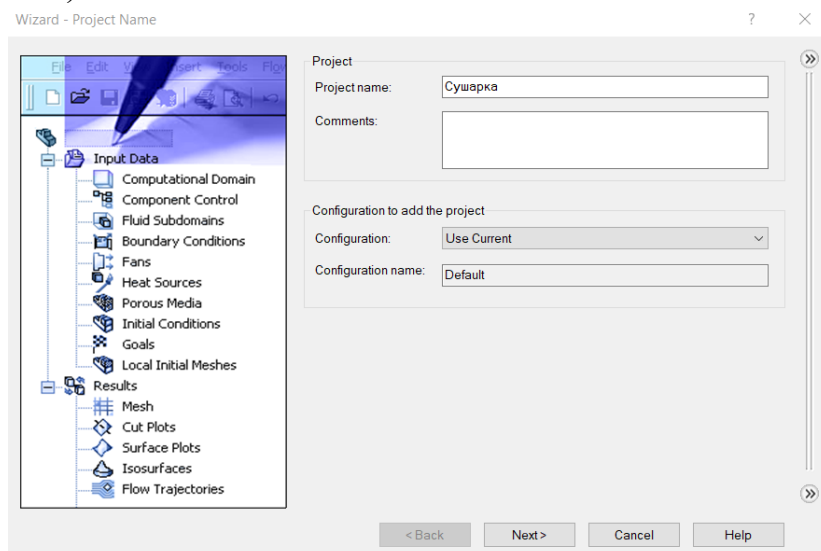


Рисунок 7.4 – Майстер проєкту

Даємо назву нашому проєкту «Сушарка» й натискаємо клавішу **Далі**, відкриваючи діалогове вікно, в якому ми можемо вибрати систему одиниць вимірювання, а також вибрати розмірність вимірювання тих чи інших параметрів (рис. 7.5).

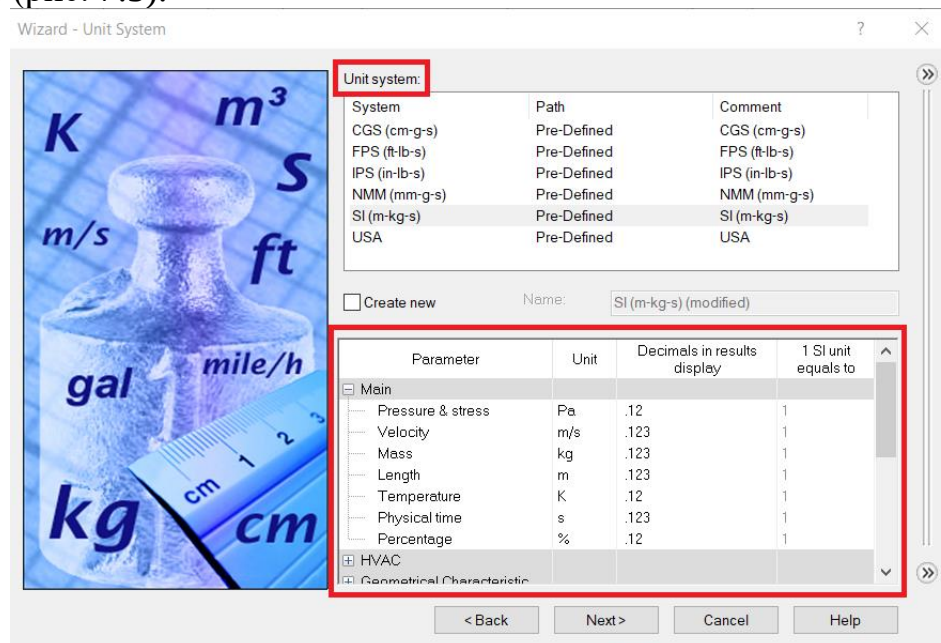


Рисунок 7.5 – Вибір системи одиниць вимірювання

Для нашого прикладу вибираємо систему вимірювання SI і змінюємо одиниці виміру температури на звичні нам градуси за шкалою Цельсія (рис. 7.6).

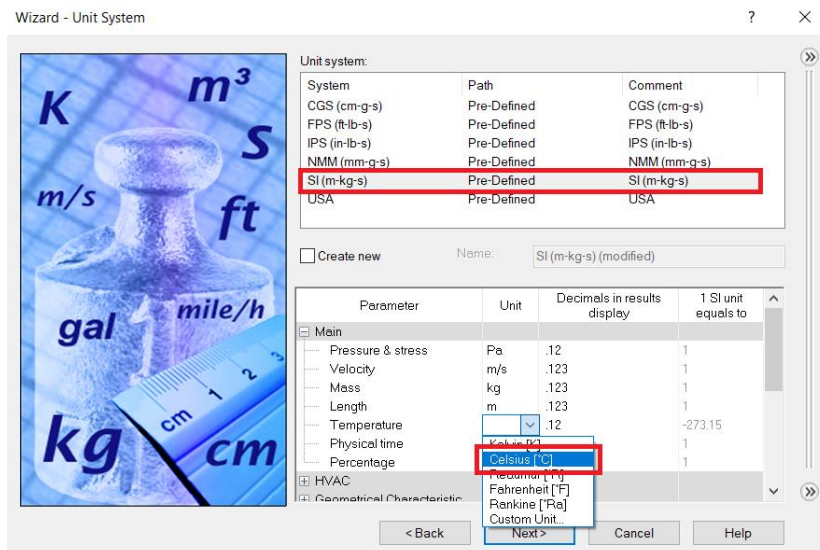


Рисунок 7.6 – Зміна одиниць вимірювання

Аналогічним способом змінимо одиниці вимірювання об'ємної витрати рідини на л/год. Для цього відкриваємо графу **Сили та моменти** й змінюємо параметр **Об'ємна витрата** (рис. 7.7).

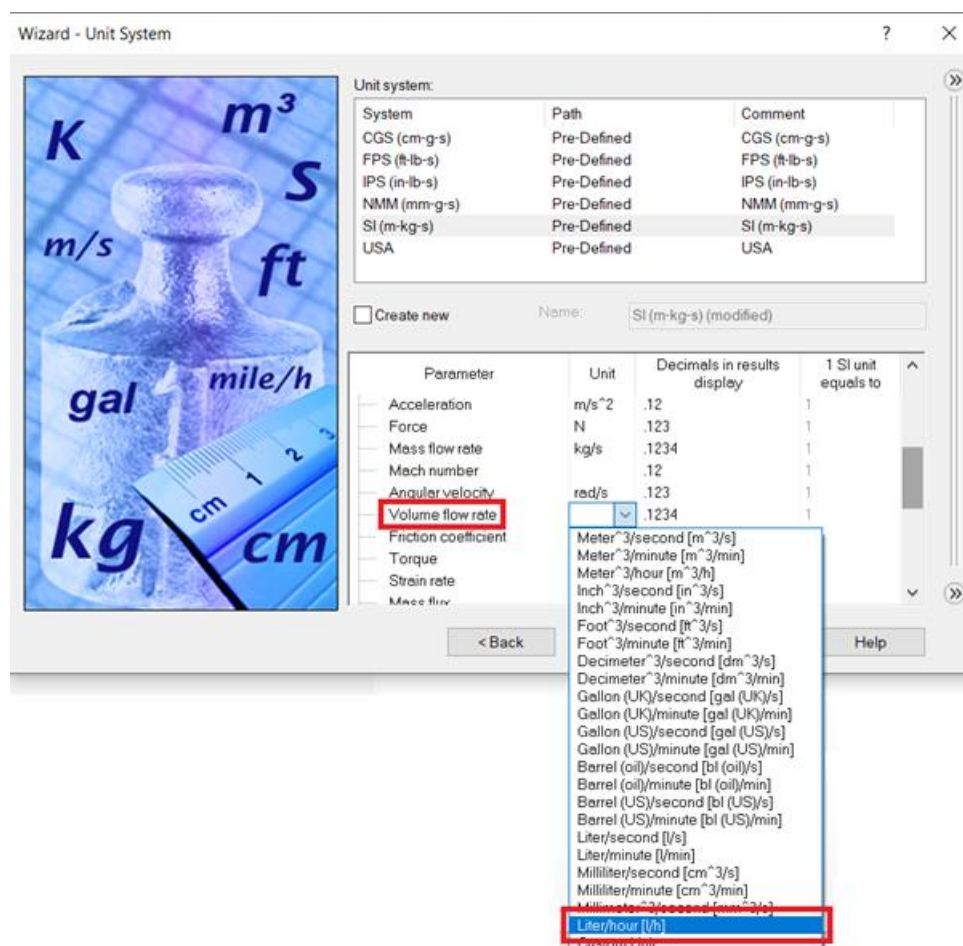


Рисунок 7.7 – Зміна одиниць вимірювання об'ємної витрати

Після чого переходимо до наступного етапу, натискаючи на клавішу **Далі**. Додаток пропонує вибрати тип задачі. Для нашого прикладу вибираємо **Зовнішня** й вмикаємо галочку напроти **Теплопровідність в твердих тілах**, також необхідно увімкнути гравітацію по відповідній осі (залежить від орієнтації деталі та напрямку потоку) для нашого випадку по осі X (рис. 7.8)

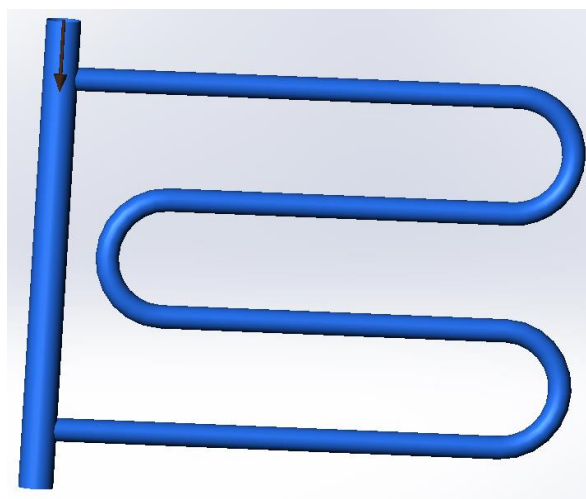
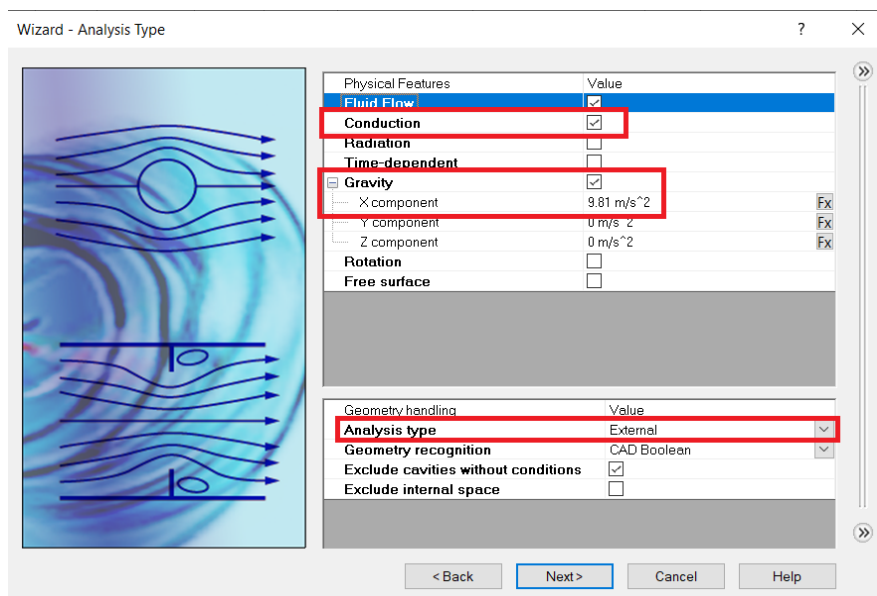


Рисунок 7.8 – Налаштування параметрів задачі

Натискаючи клавішу **Далі**, переходимо наступного вікна під назвою **Тип за замовчуванням** (рис. 7.9), в якому ми можемо обрати тип речовини, з якою буде проводитись дослід. У нашому випадку з вкладки **Гази** вибираємо повітря, а з вкладки **Рідини** – воду. Як середовище за замовчуванням вибираємо повітря.

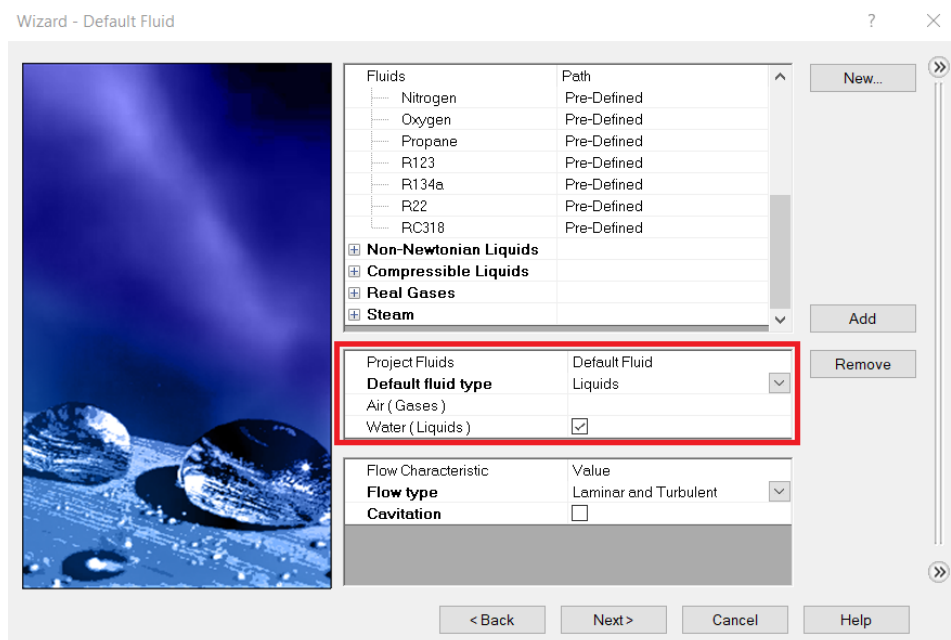


Рисунок 7.9 – Вибір середовища

Підтверджуючи наш вибір натисканням клавіші **Далі**, відкриваємо діалогове вікно вибору матеріалу (рис. 7.10), матеріал труб для нашої сушарки – сталь.

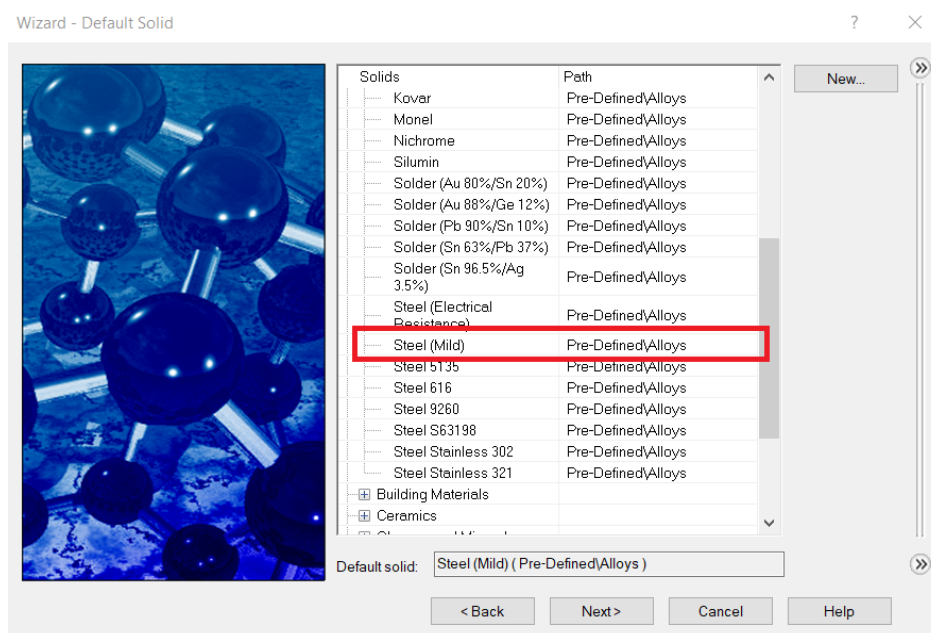


Рисунок 7.10 – Вибір матеріалу

Натискаючи **Далі**, переходимо до вікна **Умови на стінках**, тут ми можемо вказати параметри шорсткості стінки (рис. 7.11), у нашому випадку залишаємо все без змін.

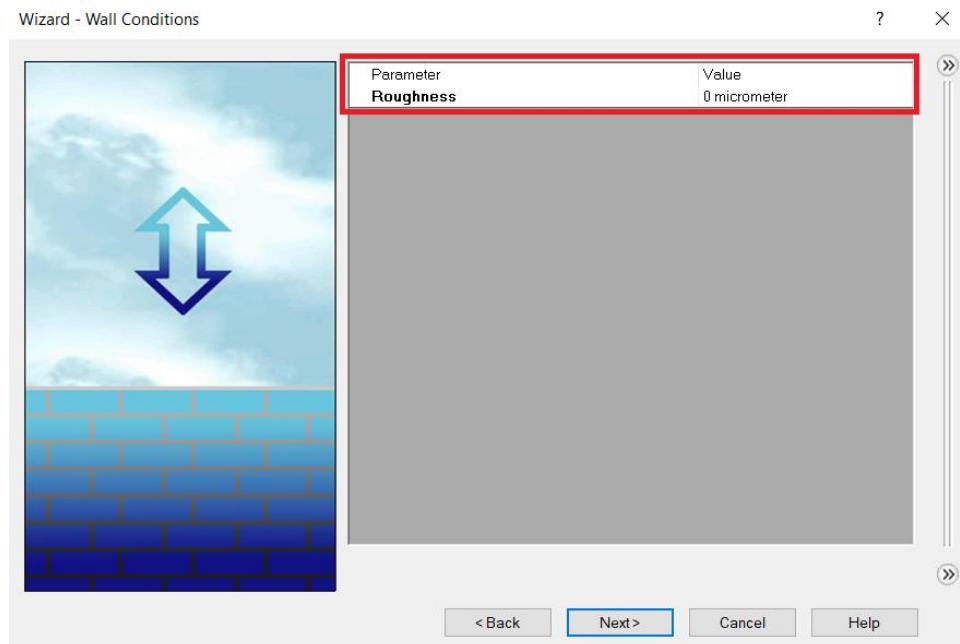


Рисунок 7.11 – Умови на стінках

Відкриваємо вікно **Початкові умови**, де подано налаштування певних початкових умов, ми ж змінюємо температуру навколишнього середовища на 20 °C (рис. 7.12), закриваємо майстер проєкту, натискаючи кнопку **Завершити**.

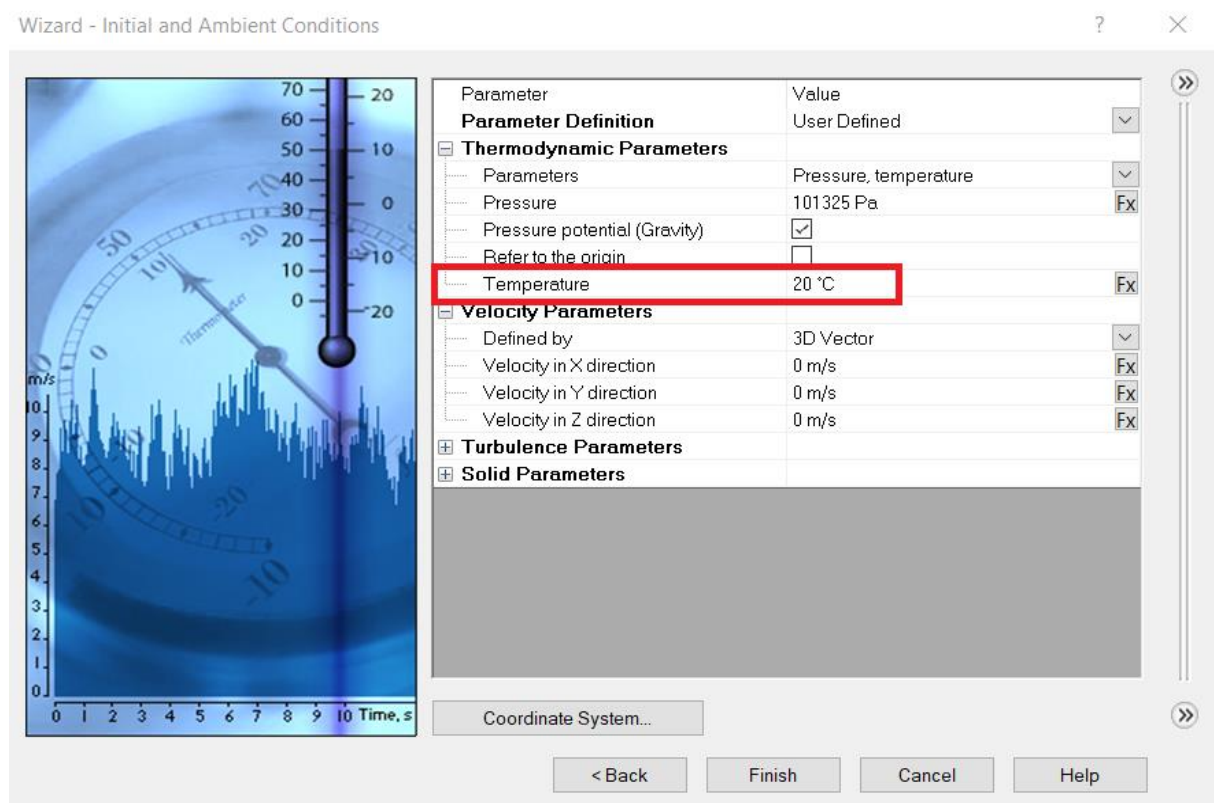


Рисунок 7.12 – Початкові умови

Для проведення симуляції додаток потребує, щоб контур був замкнений, якщо є розрив контуру (рис. 7.13), додаток **Flow Simulation** запропонує використати інструмент **Створення заглушки** (рис 7.14). Використовуємо цей інструмент й створюємо заглушки для отримання замкнутого контуру, вибираємо пласкі грані магістральної труби сушарки й інструмент автоматично створює в цих місцях заглушки, замикаючи контур (рис. 7.15).

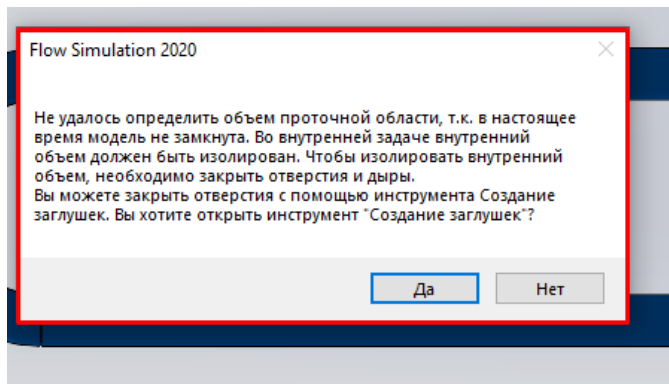


Рисунок 7.13 – Попередження про незамкнутый контур

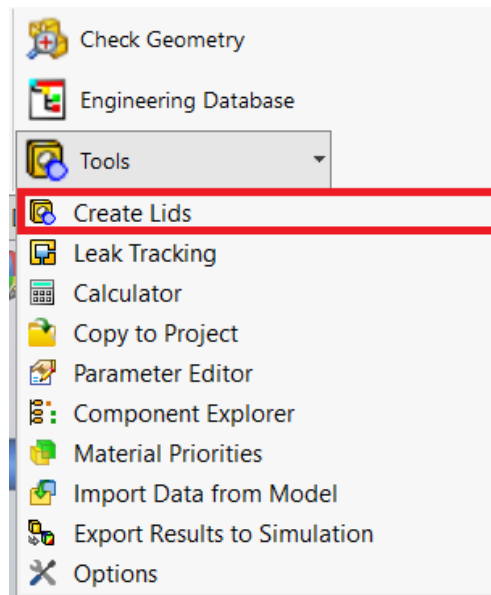


Рисунок 7.14 – Інструмент створення заглушок

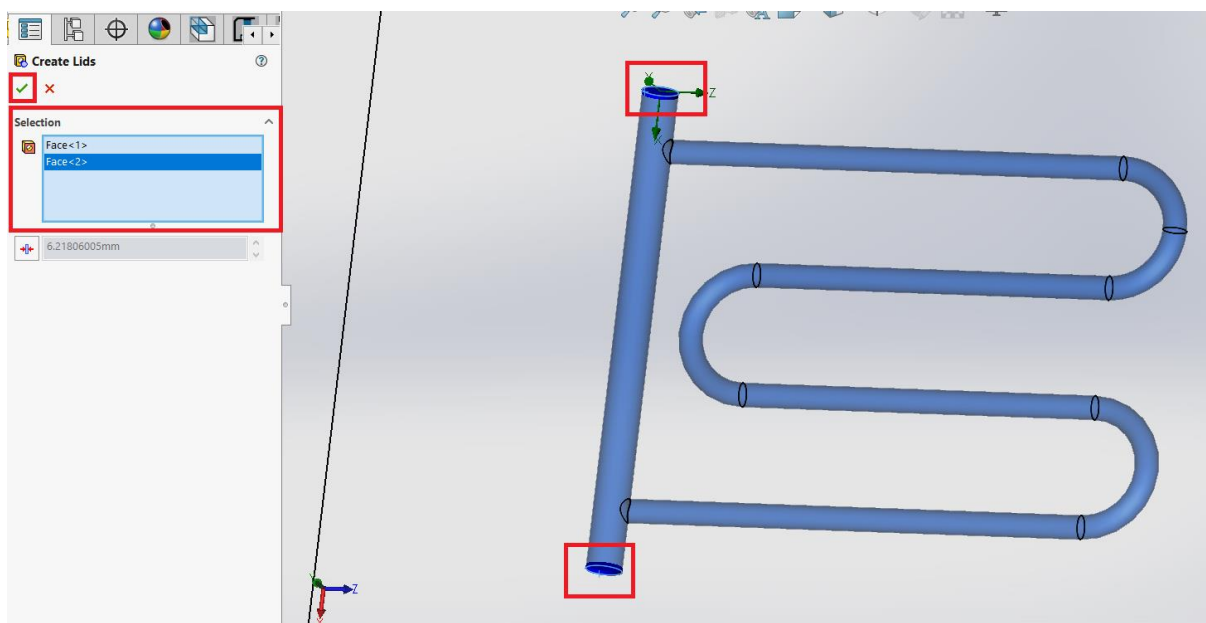


Рисунок 7.15 – Вибір місця заглушок

Для більшої демонстративності зробимо розріз нашої сушарки, використовуючи команду **Розріз**. Натискаючи на відповідну клавішу,

викликаємо діалогове вікно, де вказуємо площину розрізу, після чого закриваємо вікно і модель набуває такого вигляду (рис. 7.16)

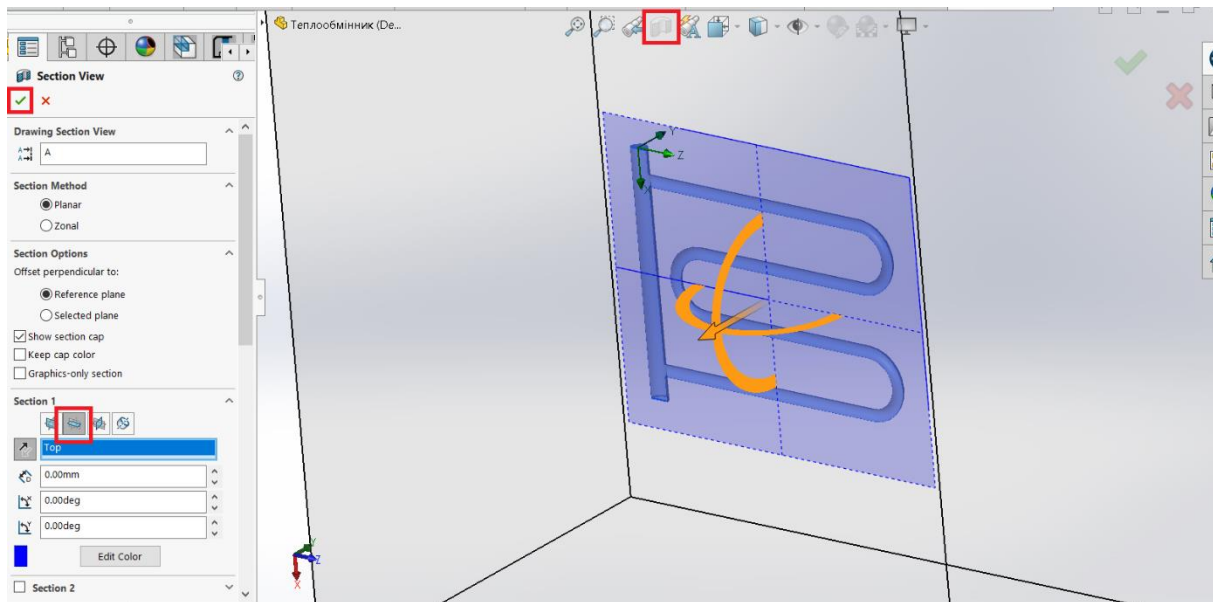


Рисунок 7.16 – Операція Розріз

Тепер нам необхідно вказати проточну область всередині труби. Для цього в дереві проекту вибираємо команду **Підобласті течії**, натисканням правої кнопки миші вибираємо **Додати підобласть течії** (рис. 7.17).

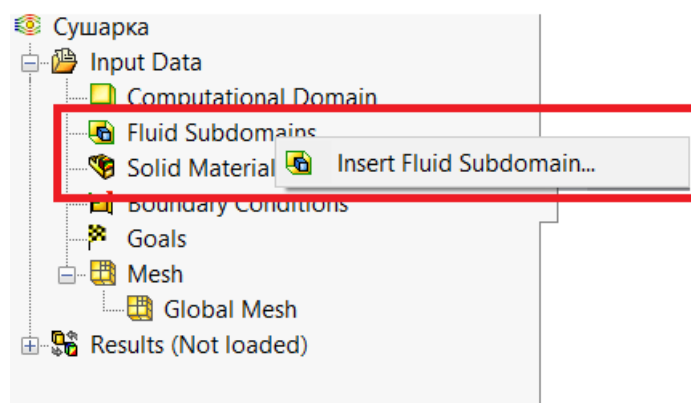


Рисунок 7.17 – Команда Додати підобласть течії

Після відкриття діалогового вікна нам необхідно вказати область течії, натискаючи на будь-яку внутрішню поверхню труби сушарки. програма автоматично створить контур (рис 7.18), в меню **Тип за замовчуванням** необхідно вказати тип середовища «Рідини», де ми побачимо єдиний варіант рідини для нашого проекту – Вода (Тип рідини вибирали раніше, див. рис. 7.9).

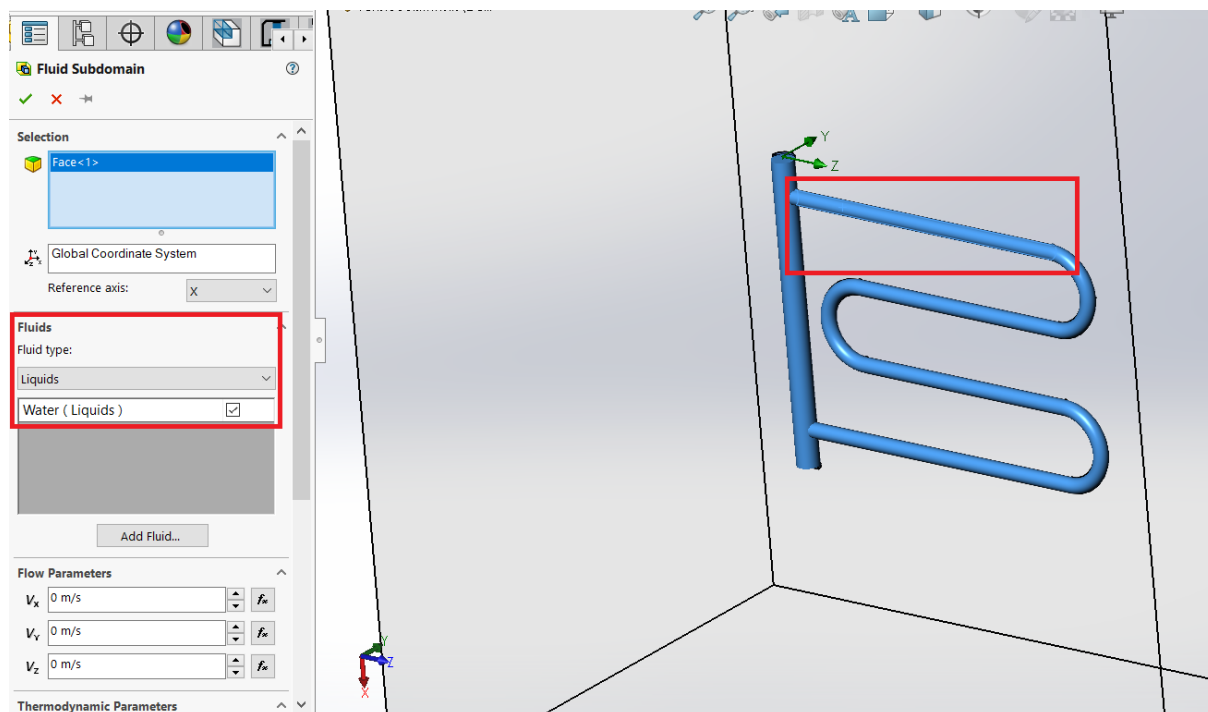


Рисунок 7.18 – Область течії

Тепер нам необхідно вказати певні межові умови, в дереві проєкту вибираємо відповідну команду **Додати межу умову**, натискаючи на неї правою кнопкою миші (рис 7. 19).

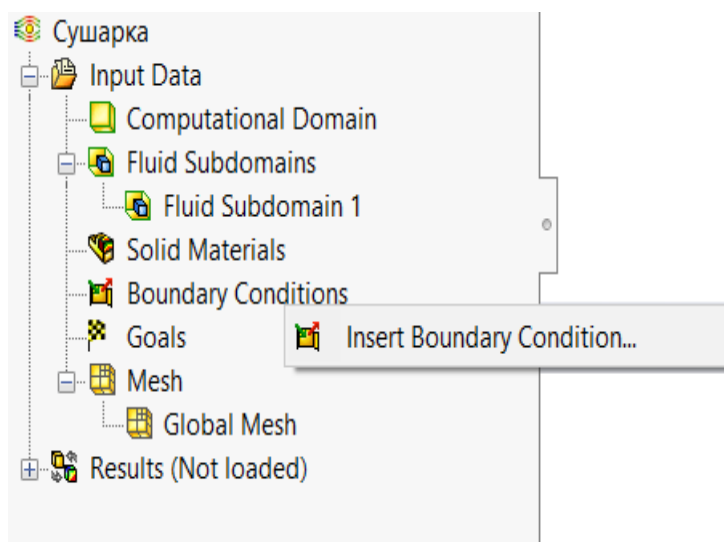


Рисунок 7.19 – Команда додати граничну умову

Задаємо **Об'ємну витрату на вході**, для нашого дослідження беремо 44 л/год й вказуємо поверхню заглушки, звідки надходить гаряча вода (рис. 7.20), далі вказуємо температуру води 80 °С, використовуючи вкладку **Термодинамічні параметри**.

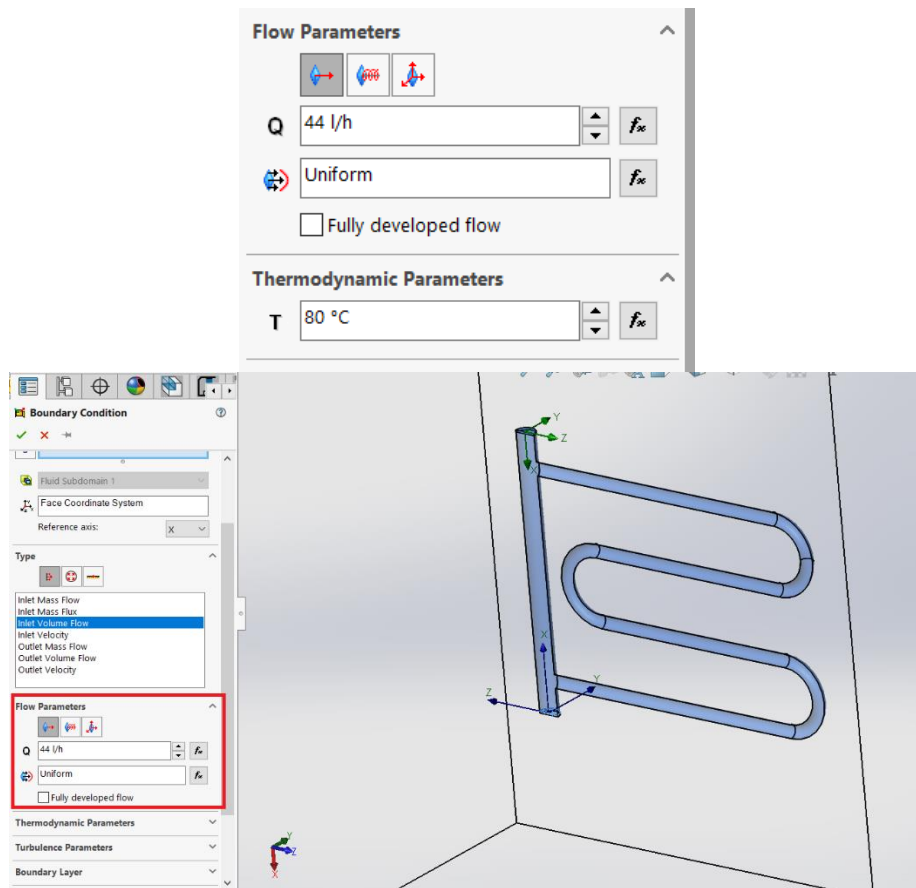


Рисунок 7.20 – Межові умови на вході

Далі необхідно задати межові умови на виході, повторно викликаємо команду **Додати межову умову**, натискаючи на неї правою кнопкою миші, далі вибираємо тип умови **Тиск** (рис. 7.21) і в меню вказуємо **Статичний тиск**, трохи нижче вказуємо величину – 3 атм.

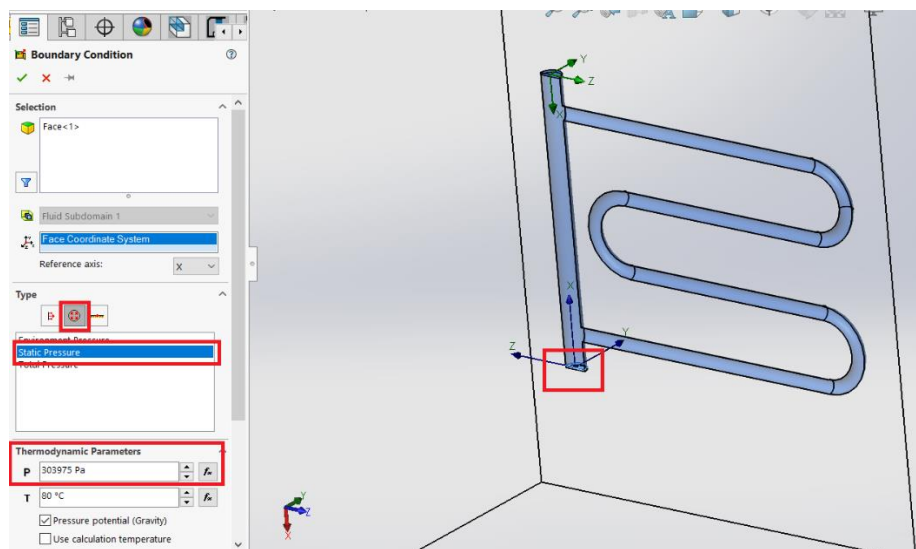


Рисунок 7.21 – Граничні умови на виході

Далі нам необхідно вказати цілі розрахунку, для цього в дереві дослідження відкриваємо відповідну графу, натискаючи на неї правою кнопкою мишки (рис. 7.22) й вибираємо **Додати глобальні цілі**.

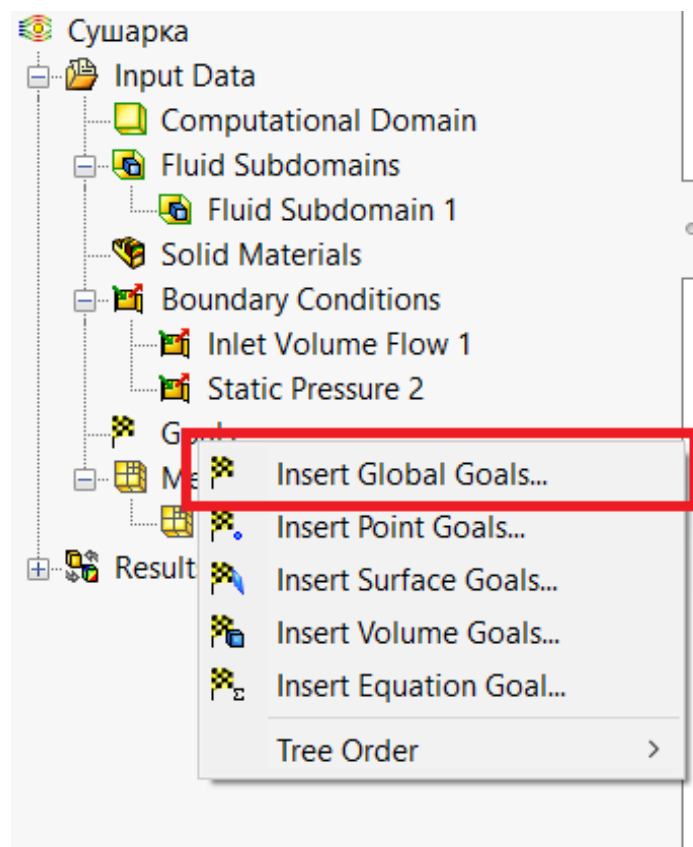


Рисунок 7.22 – Цілі дослідження

Після чого відкриється діалогове вікно, де ми можемо вибрати цілі дослідження із достатньо великого переліку.

Залежно від того, які значення ми хочемо отримати внаслідок дослідження, ми можемо вибрати той чи інший параметр, натиснувши на галочку у відповідному стовпці: Мінімальне значення – Min, середнє – Sp, максимальне – Max (рис. 7.23).

Для нашого дослідження вибираємо декілька параметрів, середнє значення **Температури текучого середовища**, **Тепловий потік** і середню **Температуру твердого тіла**.

Для підвищення точності дослідження збільшимо рівень початкової сітки, вибравши команду **Сітка** в дереві дослідження (рис. 7.24).

За допомогою повзунка виставляємо рівень початкової сітки на 5 (рис. 7.25).

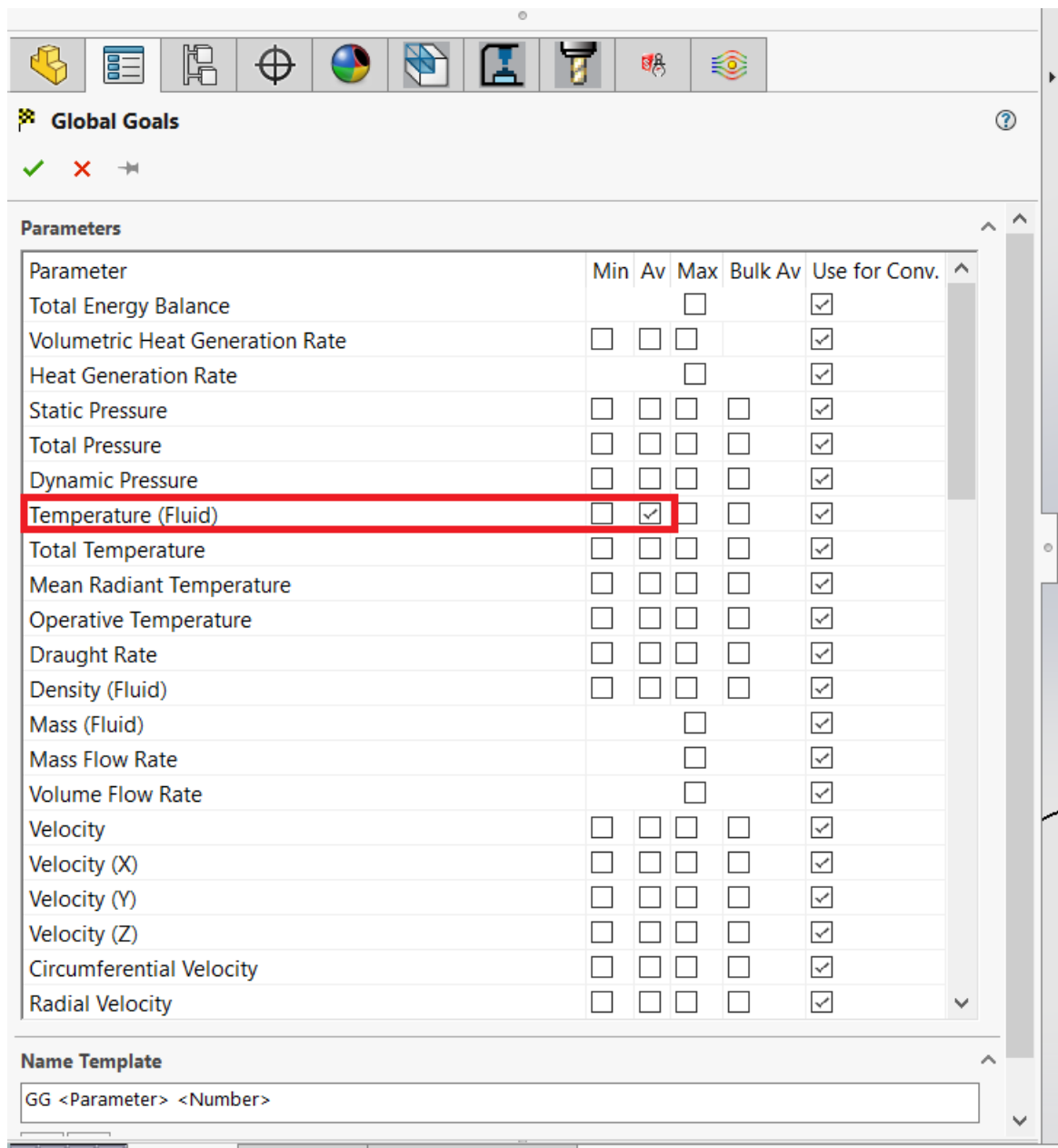


Рисунок 7.23 – Перелік цілей дослідження

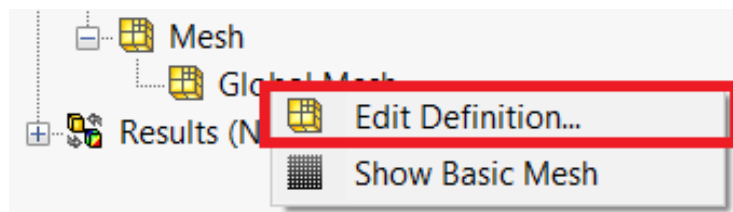


Рисунок 7.24 – Команда сітка

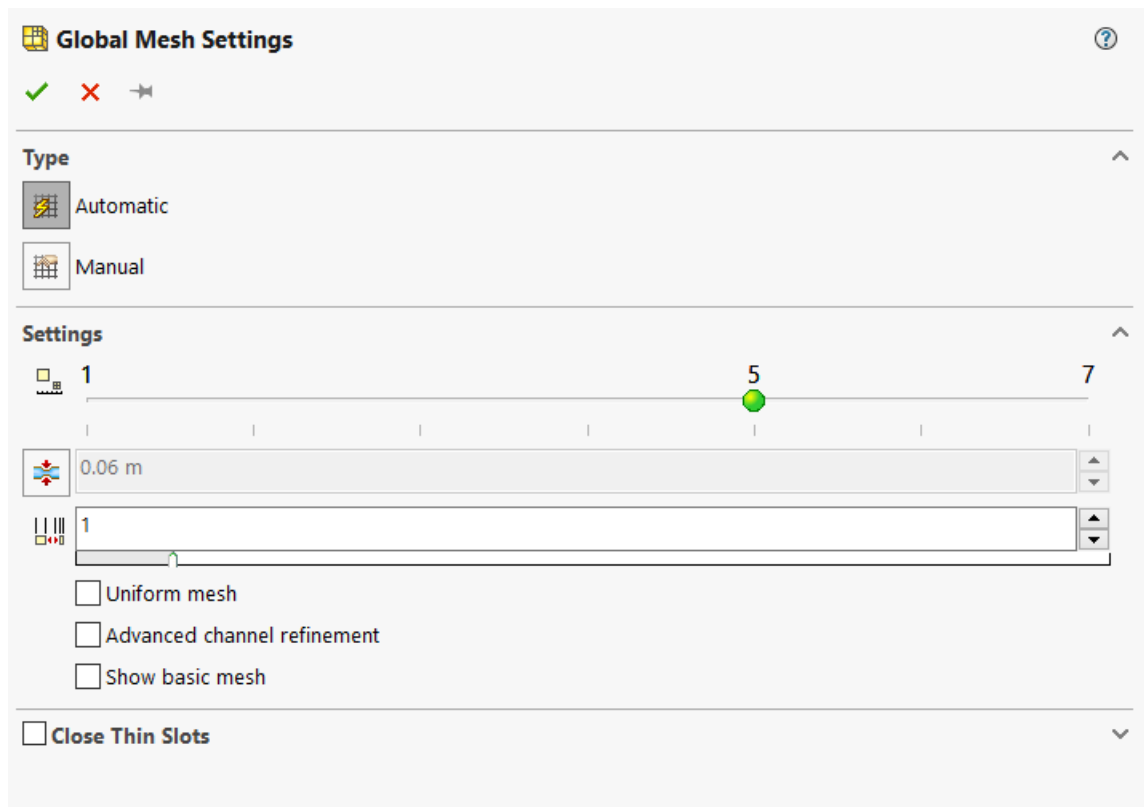


Рисунок 7.25 – Налаштування рівня початкової сітки

Попередні налаштування завершено, можемо запускати дослідження, натискаючи на відповідну кнопку (рис 7.26).

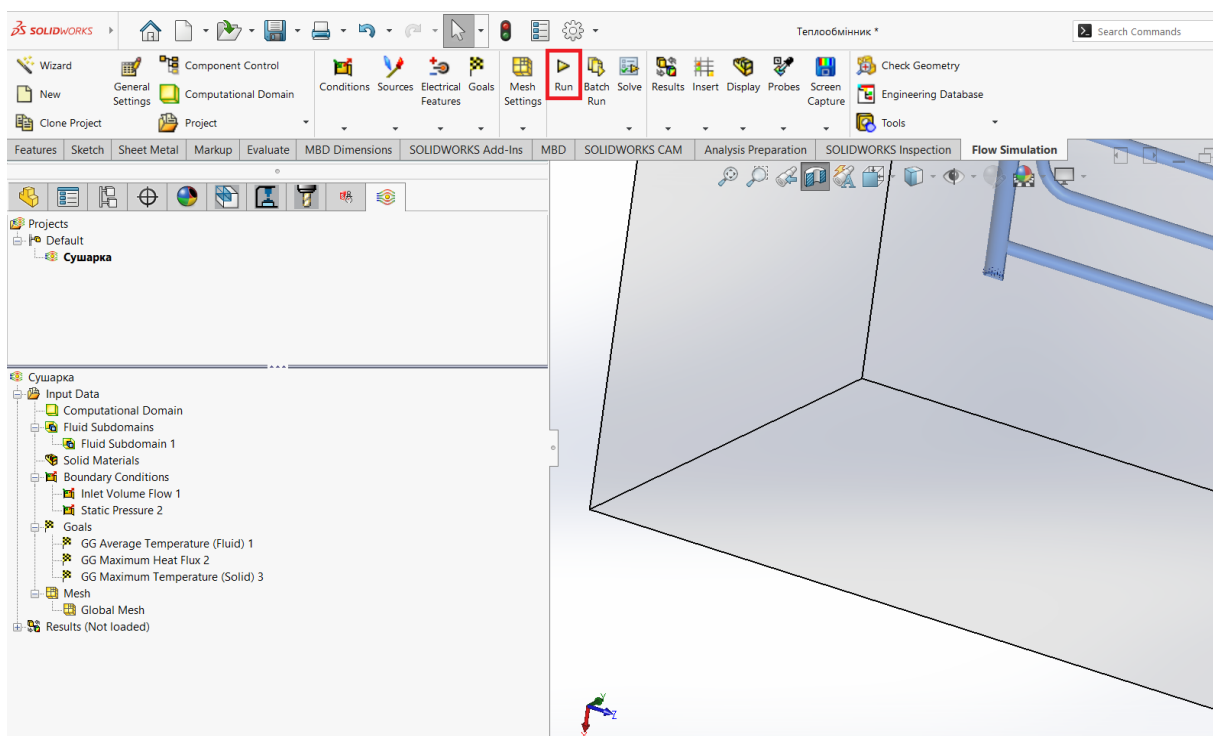


Рисунок 7.26 – Старт дослідження

Після чого відкриється окреме вікно додатка **Flow Simulation** і розпочнеться процес розрахунку (рис. 7.27), тут ми можемо для більшої наочності увімкнути **Попередній перегляд**. Також для контролю процесу досягнення цілей вмикаємо команду **Вставити графік цілей**.

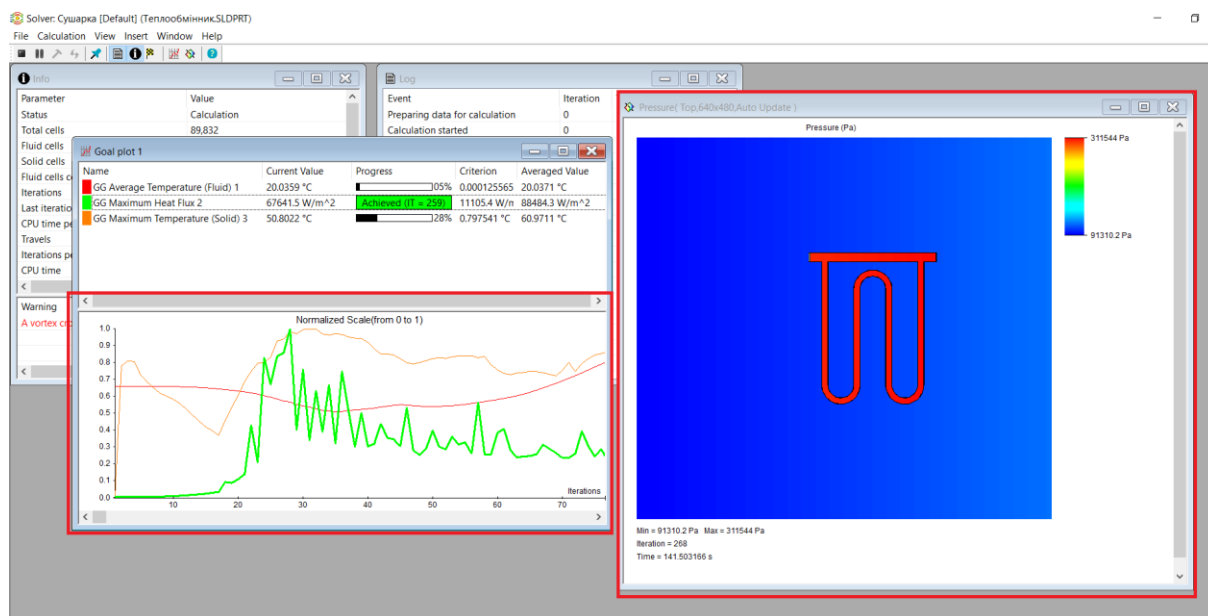


Рисунок 7.27 – Процес розрахунку

Може виникнути ситуація, коли після досягнення лише однієї цілі програма автоматично завершить розрахунок. Щоб додаток **Flow Simulation** продовжував розрахунки для досягнення всіх поставлених цілей необхідно перейти до вкладки **Опції керування розрахунком** (рис. 7.28), що знаходиться в дереві дослідження.

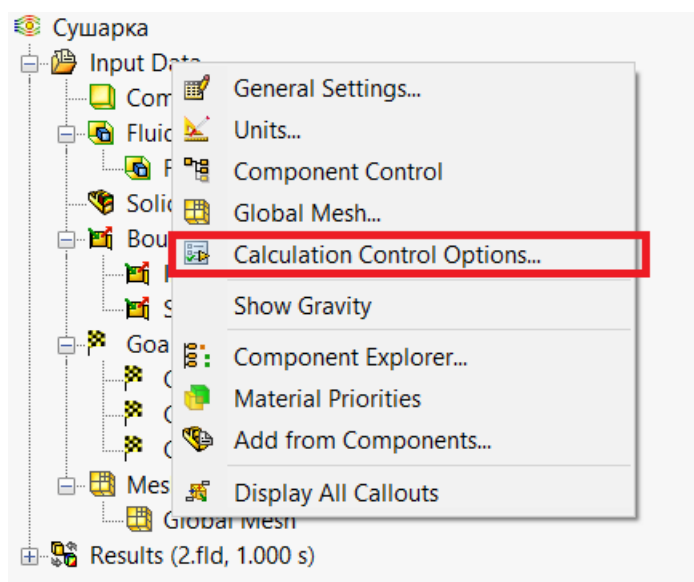


Рисунок 7.28 – Опції керування розрахунком

Після чого в графі **Критерії зупинки розрахунку** обрати **Всі критерії задоволені** (рис. 7.29), натискаємо ОК, і запускаємо симуляцію знову.

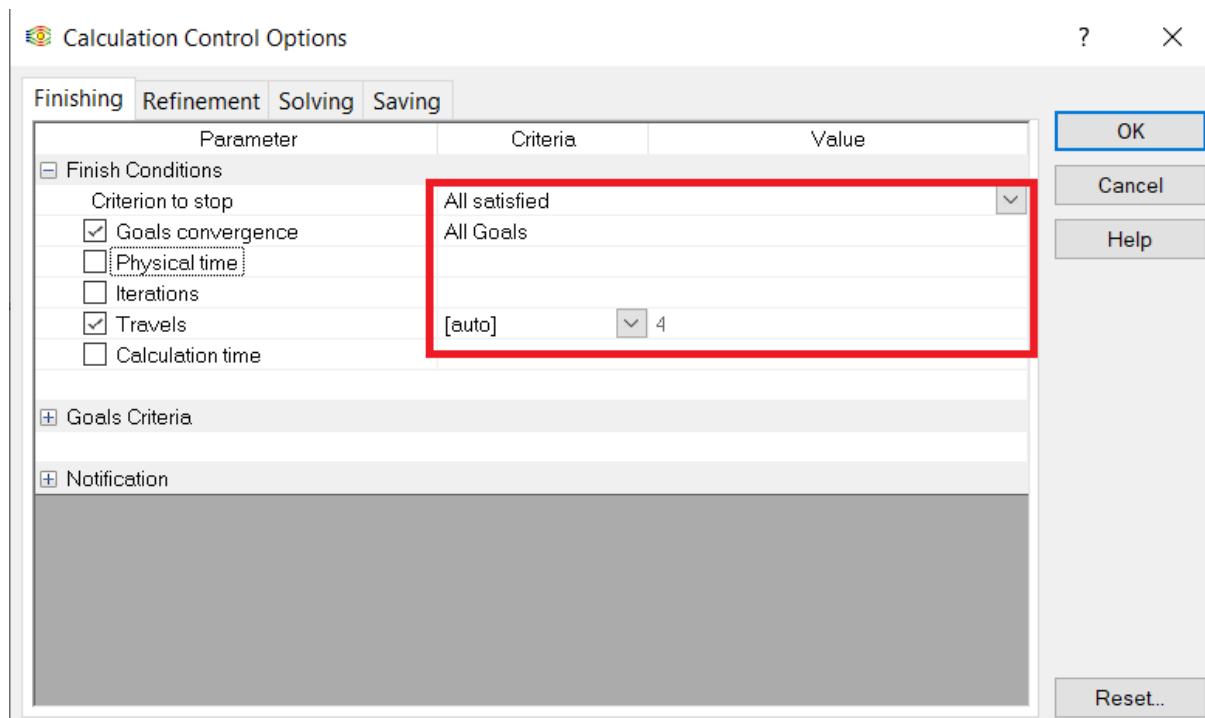


Рисунок 7.29 – Зміна критеріїв закінчення розрахунку

Тепер в дереві проекту в графі **Результати** з'явилися вкладки, використовуючи які ми можемо оцінити результати дослідження (рис. 7.30).

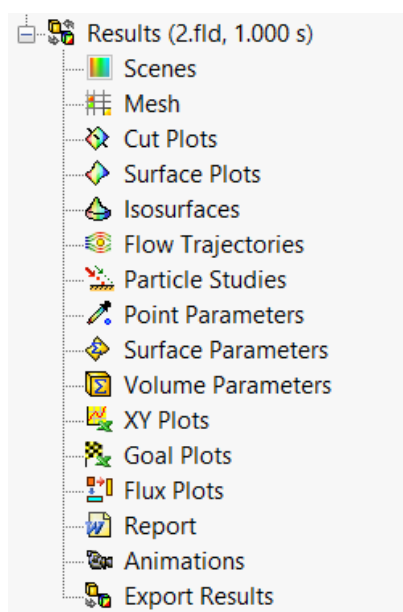


Рисунок 7.30 – Графа результати

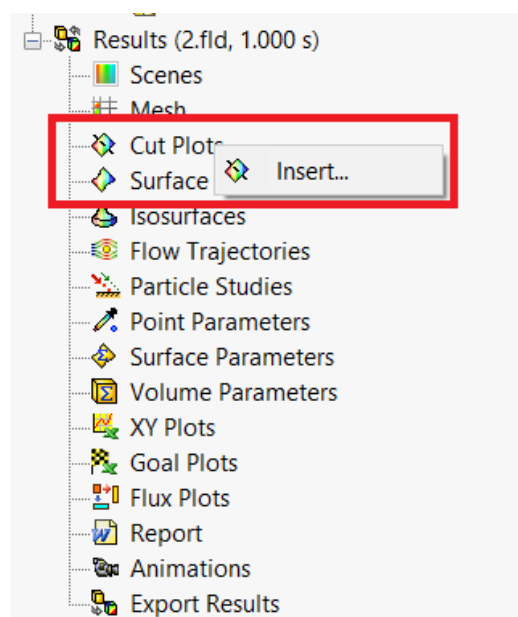


Рисунок 7.31 – Вкладка картина в перерізі

Наприклад, для того, щоб оцінити розподіл температури в кімнаті де встановлена сушарка додамо **Картину в перерізі**, скориставшись відповідною вкладкою (рис. 7.31).

Вказуємо площину перерізу та параметр, який хочемо відслідкувати (рис. 7.32).

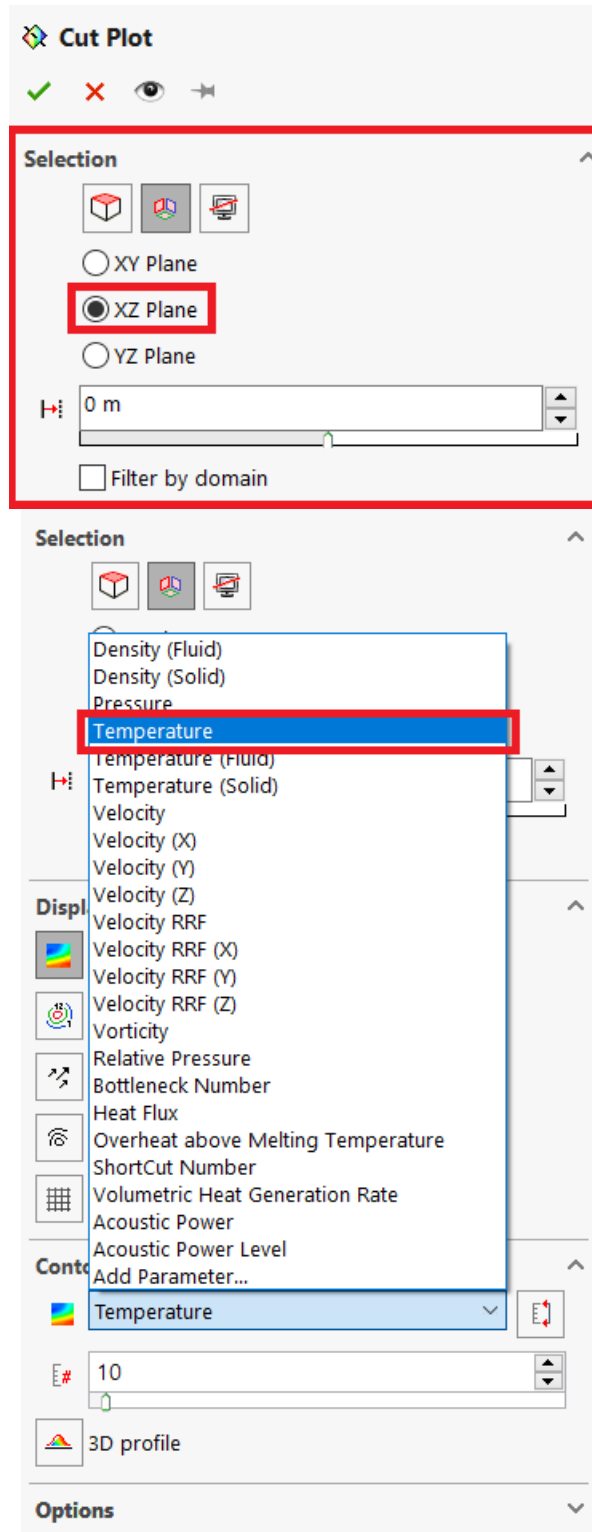


Рисунок 7.32 – Створення картини в перерізі

Після підтвердження створення картини в перерізі отримуємо таку епюру (рис. 7.33).

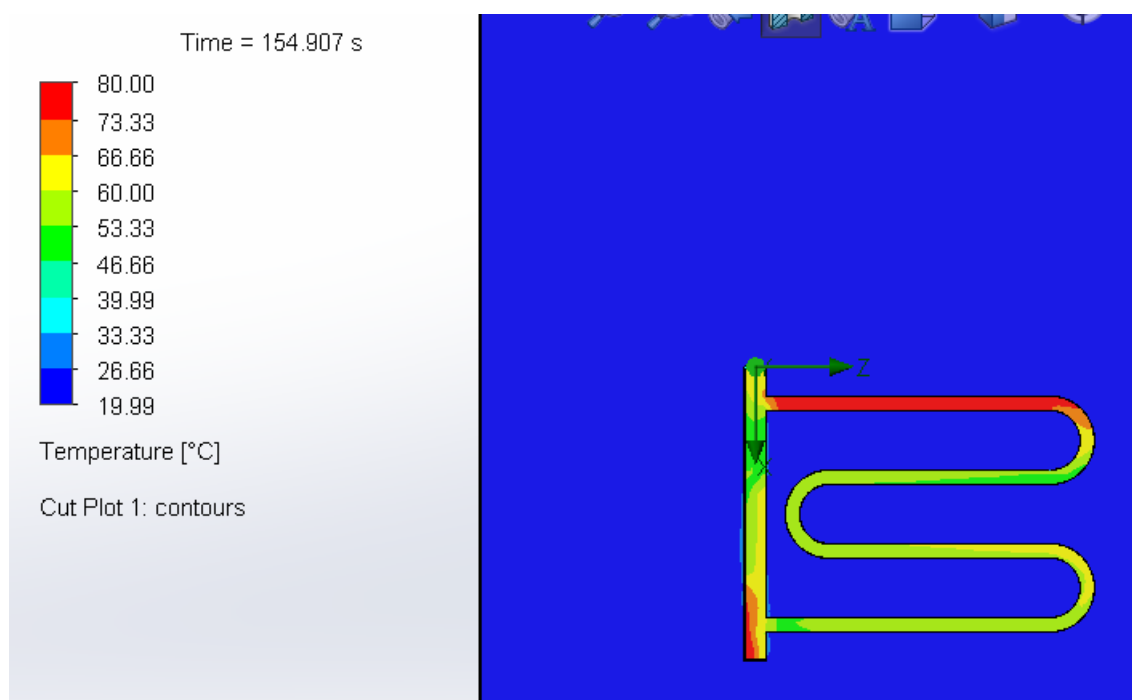


Рисунок 7.33 – Епюра температури

Для більшої демонстративності процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі, змінимо верхню межу температури на 40 °C натискаючи на верхнє значення графіка температури і змінюючи його значення (рис. 7.34).

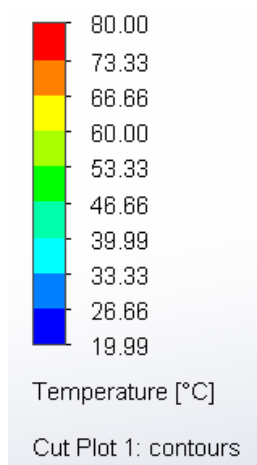


Рисунок 7.34 – Зміна верхнього значення температури

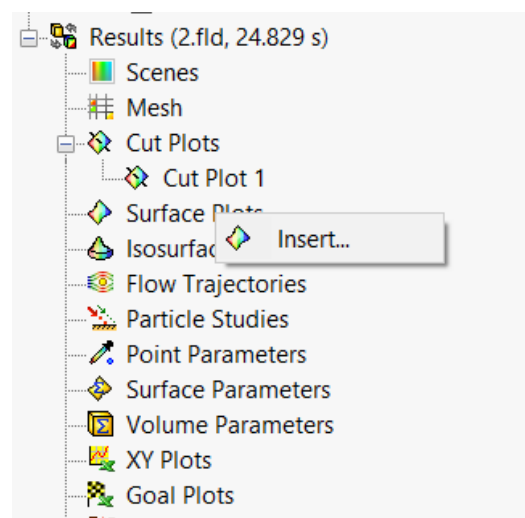


Рисунок 7.35 – Вкладка картина на поверхні

Після чого наша епюра набуває такого вигляду (рис. 7.36).

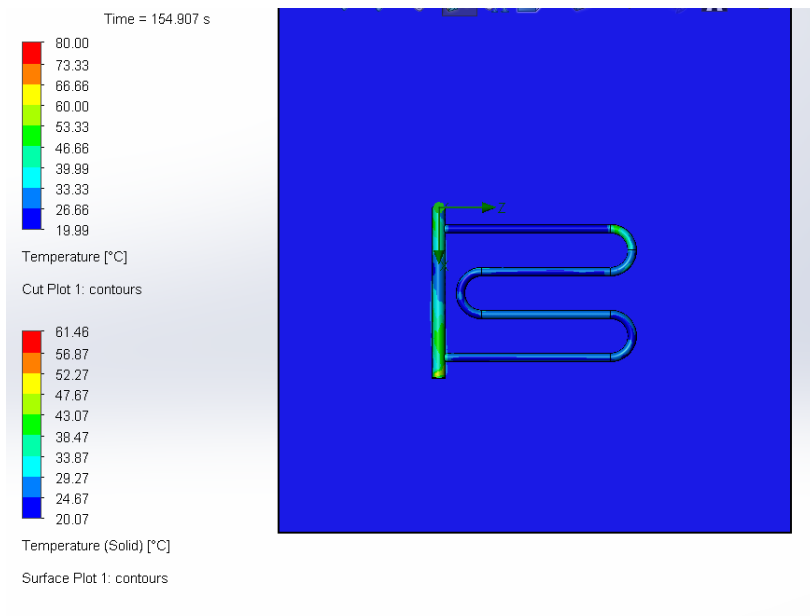


Рисунок 7.36 – Друга ітерація епюри температури

Для того щоб оцінити наскільки нагрілась труба сушарки додамо **Картину на поверхні**, натискаючи на відповідну вкладку в графі **Результати** (рис. 7.35).

У відкритому діалоговому вікні вмикаємо галочку **Використовувати всі поверхні** і вибираємо параметр **Температура твердого тіла** (рис.7.37).

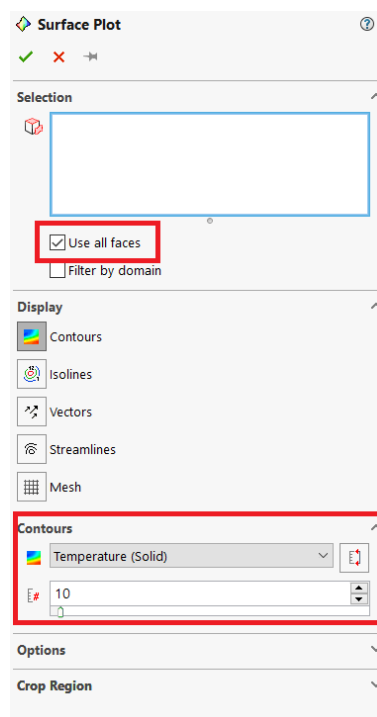


Рисунок 7.37 – Вибір параметрів додаткової епюри

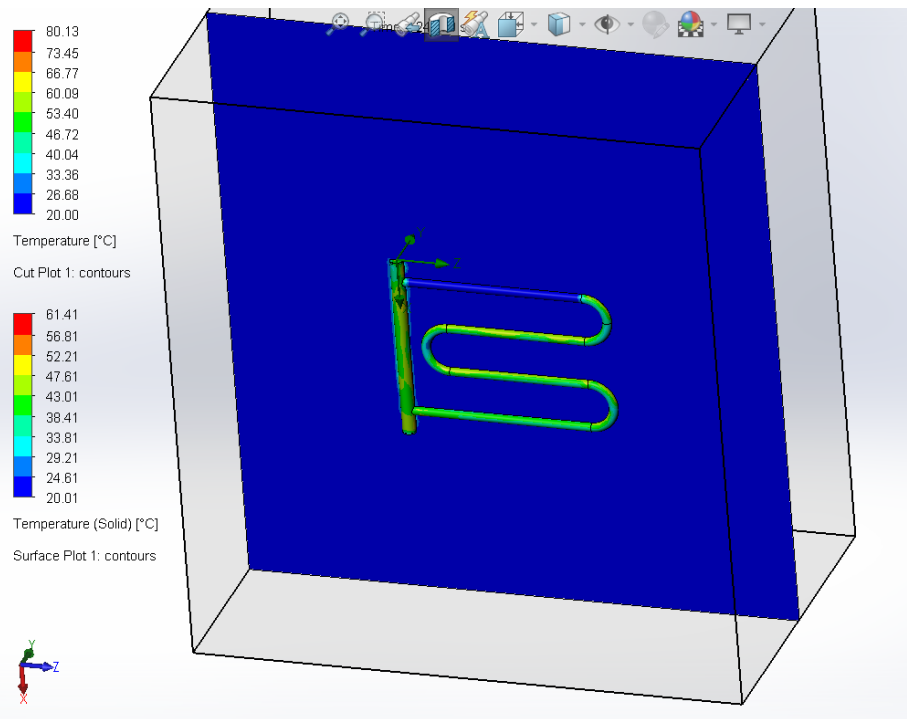


Рисунок 7.38 – Епюра нагрівання твердих тіл

Завершуємо дію, натискаючи на галочку, після чого програма буде додатково епюру нагрівання твердих тіл (труби) (рис. 7.38).

Щоб визначити скільки тепла віддає сушарка виконуємо такі операції. Вимикаємо режим **Розріз**, натискаючи на відповідну іконку (рис. 7.39), що необхідно для можливості виділення зовнішніх поверхонь сушарки.

Додаємо **Поверхневий параметр**, натискаючи на відповідну вкладку в дереві дослідження.

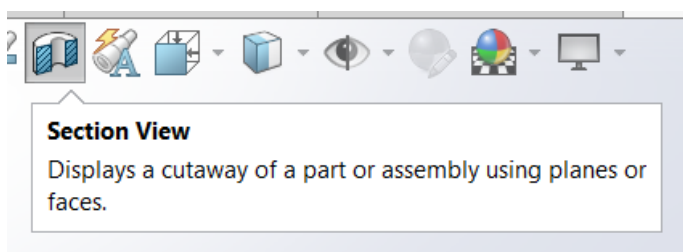


Рисунок 7.39 – Вимкнення режиму розрізу

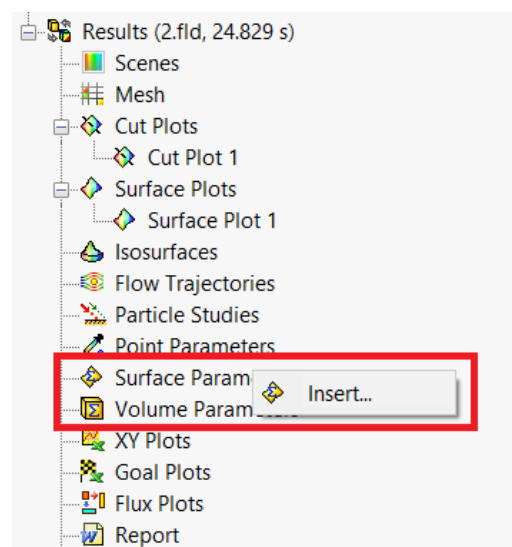


Рисунок 7.40 – Вкладка поверхневий параметр

Вказуємо поверхні, які контактують з навколишнім середовищем і вибираємо параметр **Тепловий потік** (рис. 7.41).

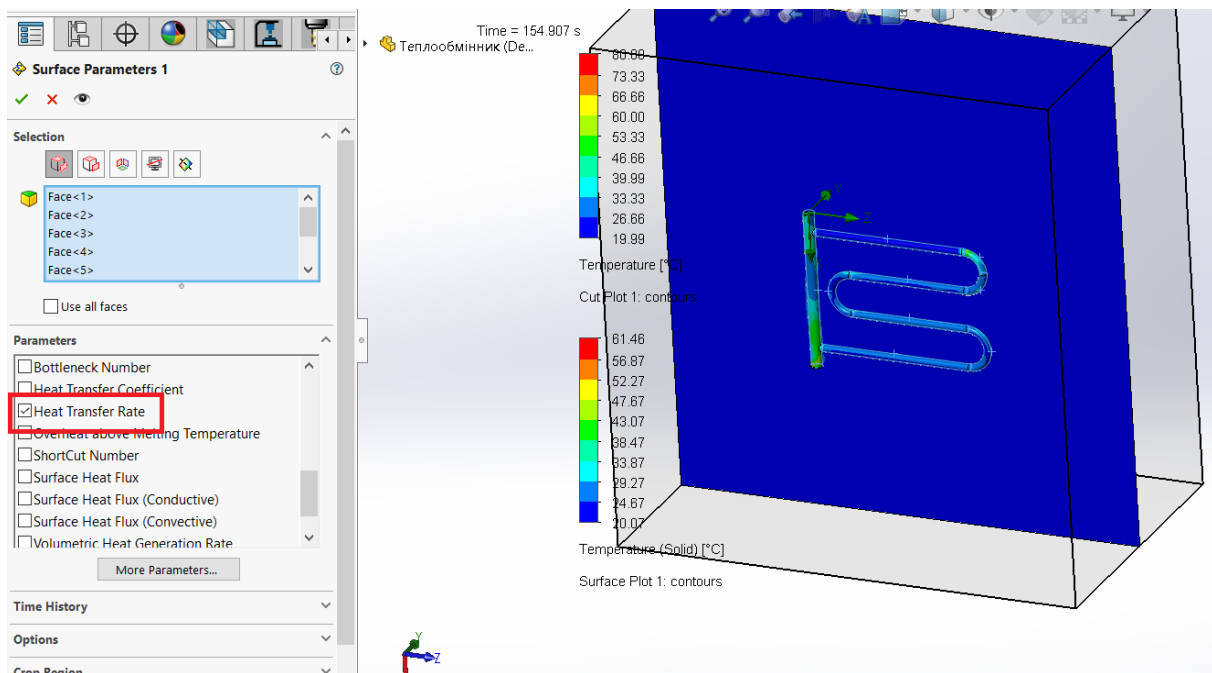


Рисунок 7.41 – Вибір досліджуваних поверхонь

Закриваємо вікно і повертаємось до дерева проєкту, де вибираємо щойно створений поверхневий параметр, натискаємо правою клавішею миші й тиснемо команду **Показати** (рис. 7.42).

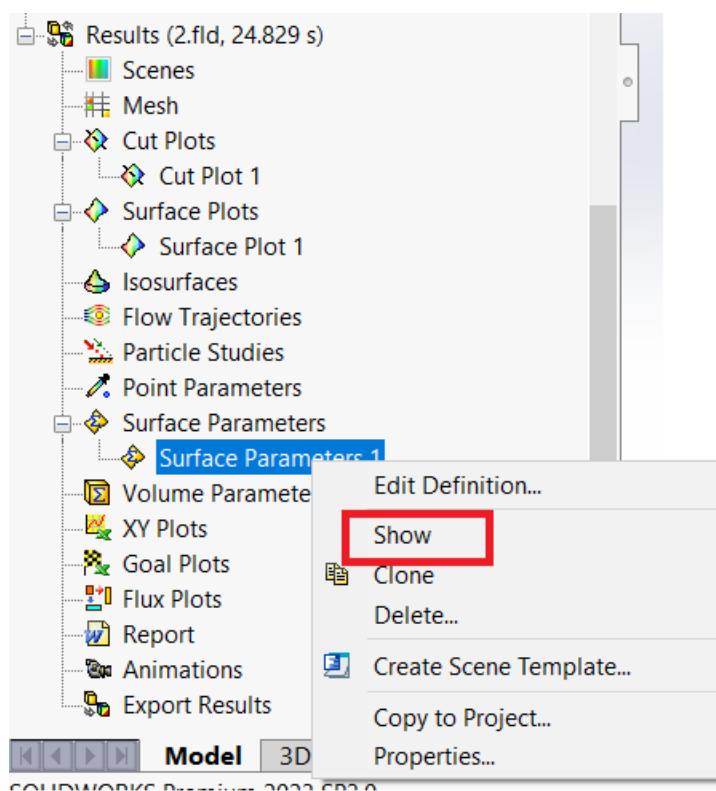


Рисунок 7.42 – Увімкнення відображення поверхневого параметра

Увімкнувши показ створеного параметра, можемо оцінити потужність конвективного теплового потоку нашої сушарки, який дорівнює 178 W (рис. 7.43).

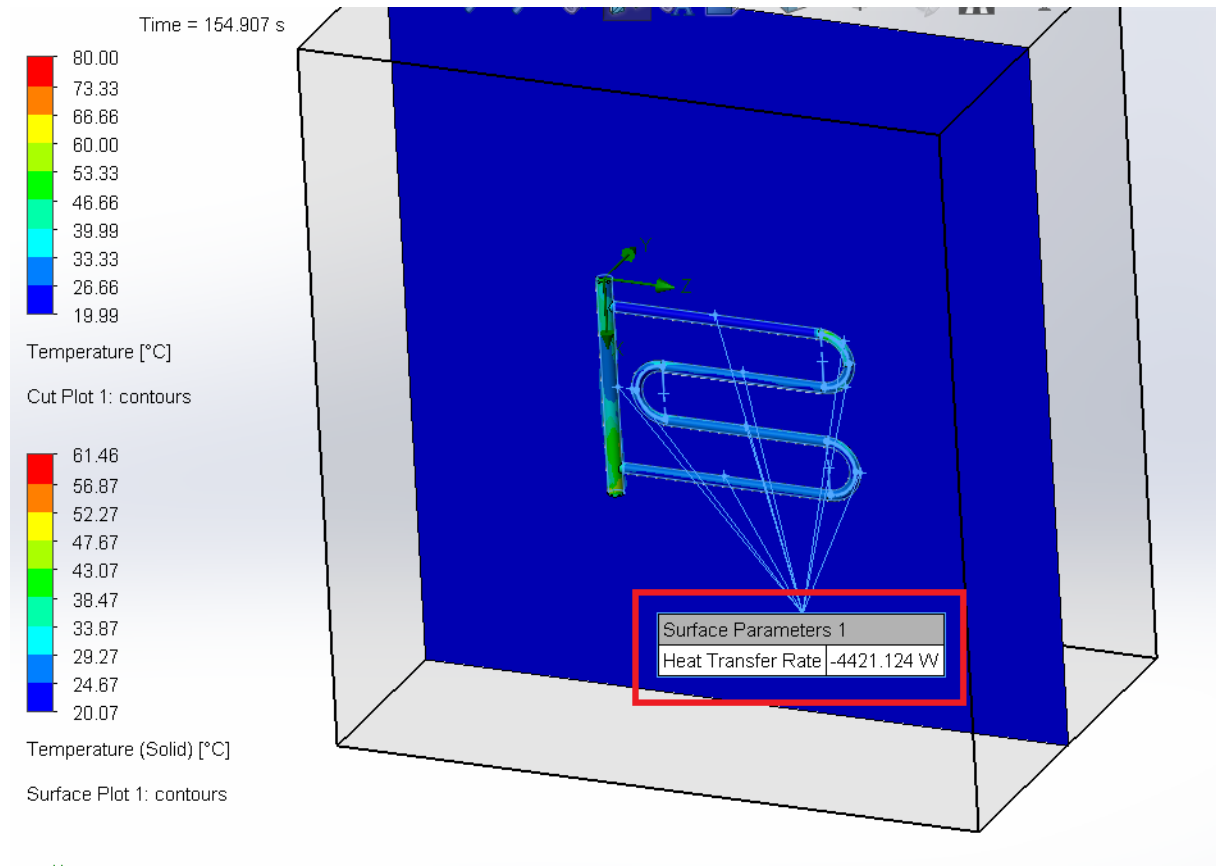


Рисунок 7.43 – Потужність тепловотоку

7.2 Завдання до практичної роботи

Провести визначення теплового потоку, який виходить від сушарки для рушників (3D – модель спроектувати самостійно) або іншого теплообмінного пристрою (варіант пристрою вибрати самостійно або отримати у викладача), що знаходиться в повітряному середовищі з постійною кімнатною температурою 18 – 22 °C.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8

СТВОРЕННЯ АНІМАЦІЇ СКЛАДАННЯ ВИРОБУ В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ SOLIDWORKS

Мета та задачі роботи

1. Навчитись виконувати вид з рознесеними елементами в Solidworks.
2. Опанувати процес анімації процесу складання виробу.
3. Створити відео процесу складання виробу в Solidworks.

В інженерній практиці не рідко виникають потреби створення наочних інструкцій та пояснень щодо складання та експлуатації проєктованих виробів.

CAD система Solidworks має багатий інструментарій для вирішення такого виду задач.

8.1 Алгоритм створення анімації

Розглянемо приклад створення інструкції зі складання вузла типу диференціал (рис. 8.1) у вигляді відеоролика.

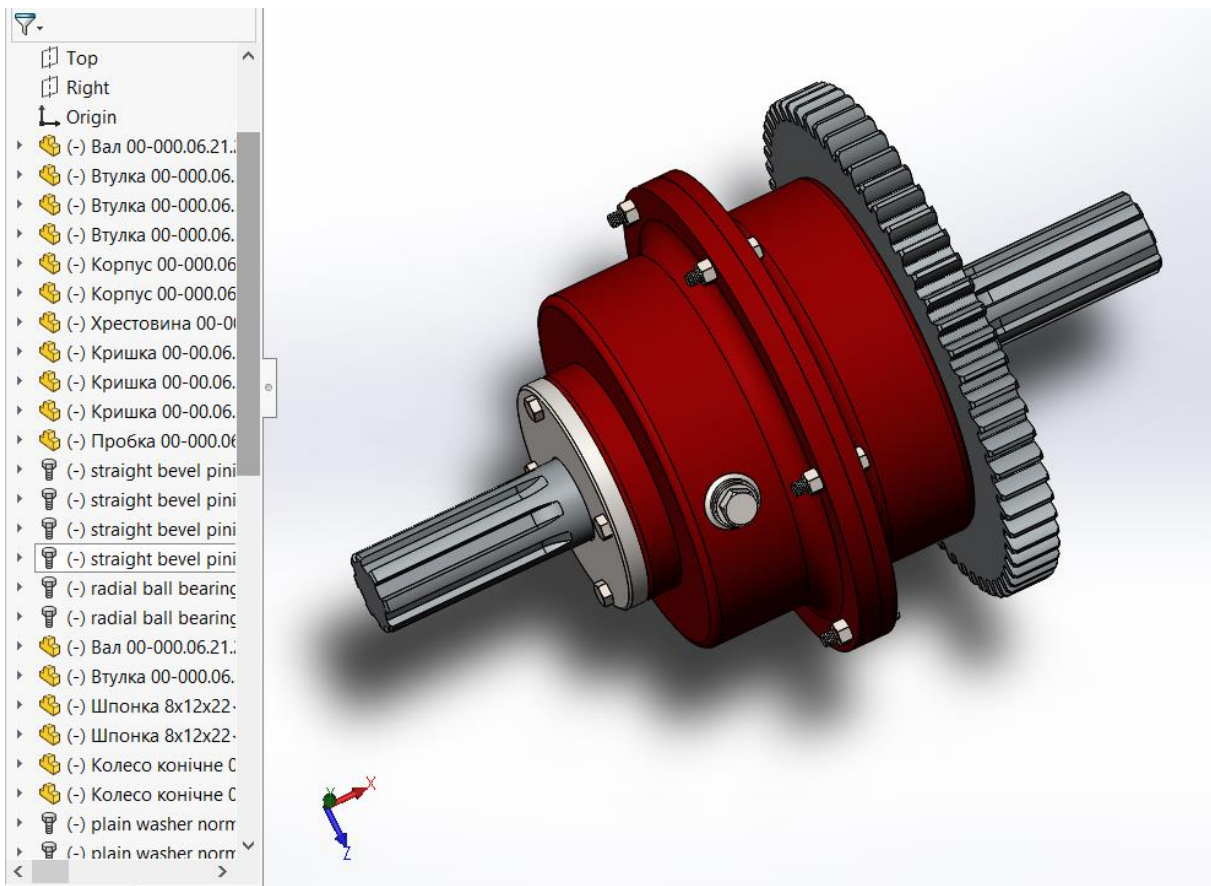


Рисунок 8.1 – Складання диференціала

Першим кроком буде створення **Вигляду з рознесеними елементами** для цього переходимо до вкладки **Збірка** й активуємо команду **Вигляд з рознесеними елементами** (рис. 8.2).

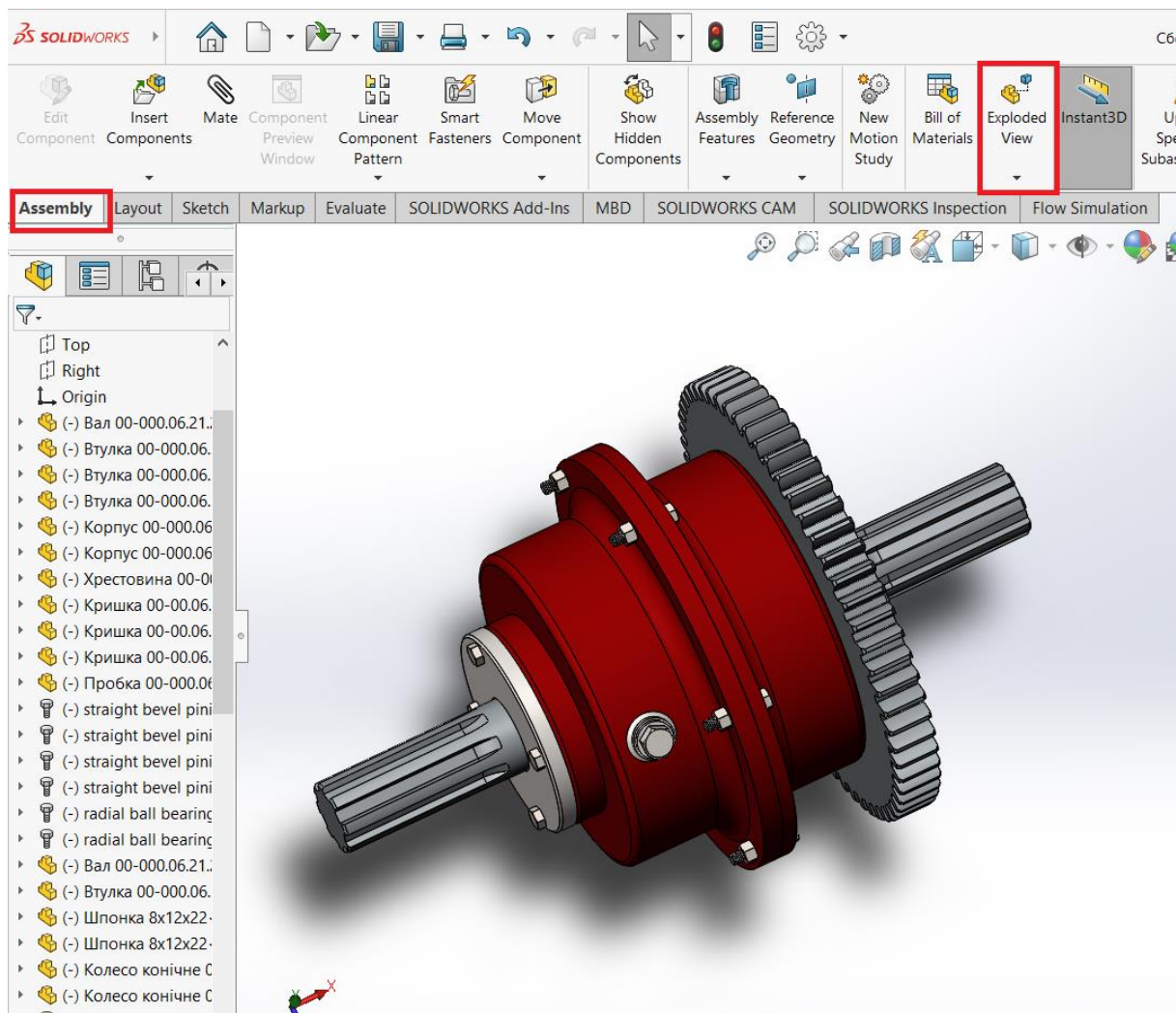


Рисунок 8.2 – Команда **Вигляд з рознесеними елементами**

В новому діалоговому вікні створюємо новий крок рознесення. Ми можемо вибрати режим рознесення, натиснувши на відповідну іконку (рис. 8.3). Для вибору доступні два режими: стандартний – в якому компоненти розносяться шляхом переміщення та обертання; та радіальний – компоненти розносяться радіально або циліндрично відносно осі. Якщо збірка досить проста і її компоненти можна розмістити вздовж однієї осі, можна використати команду **Автоматичне розміщення компонентів**, натиснувши відповідну галочку (рис. 8.3).

Після активації цієї функції програма автоматично рознесе виділені елементи з однаковим інтервалом. Додати елементи рознесення можна,

клацнувши на відповідний елемент правою кнопкою миші, або, якщо необхідно, виділити всю збірку, додавши всі її елементи.

Виділяємо усі деталі збірки й вмикаємо режим **Автоматичне розміщення компонентів**, колір збірки змінився, й з'явилась тріада (рис. 8.4), затиснувши одну із стрілок якої і потягнувши у відповідному напрямку, ми можемо «розтягнути» збірку (рис. 8.5).

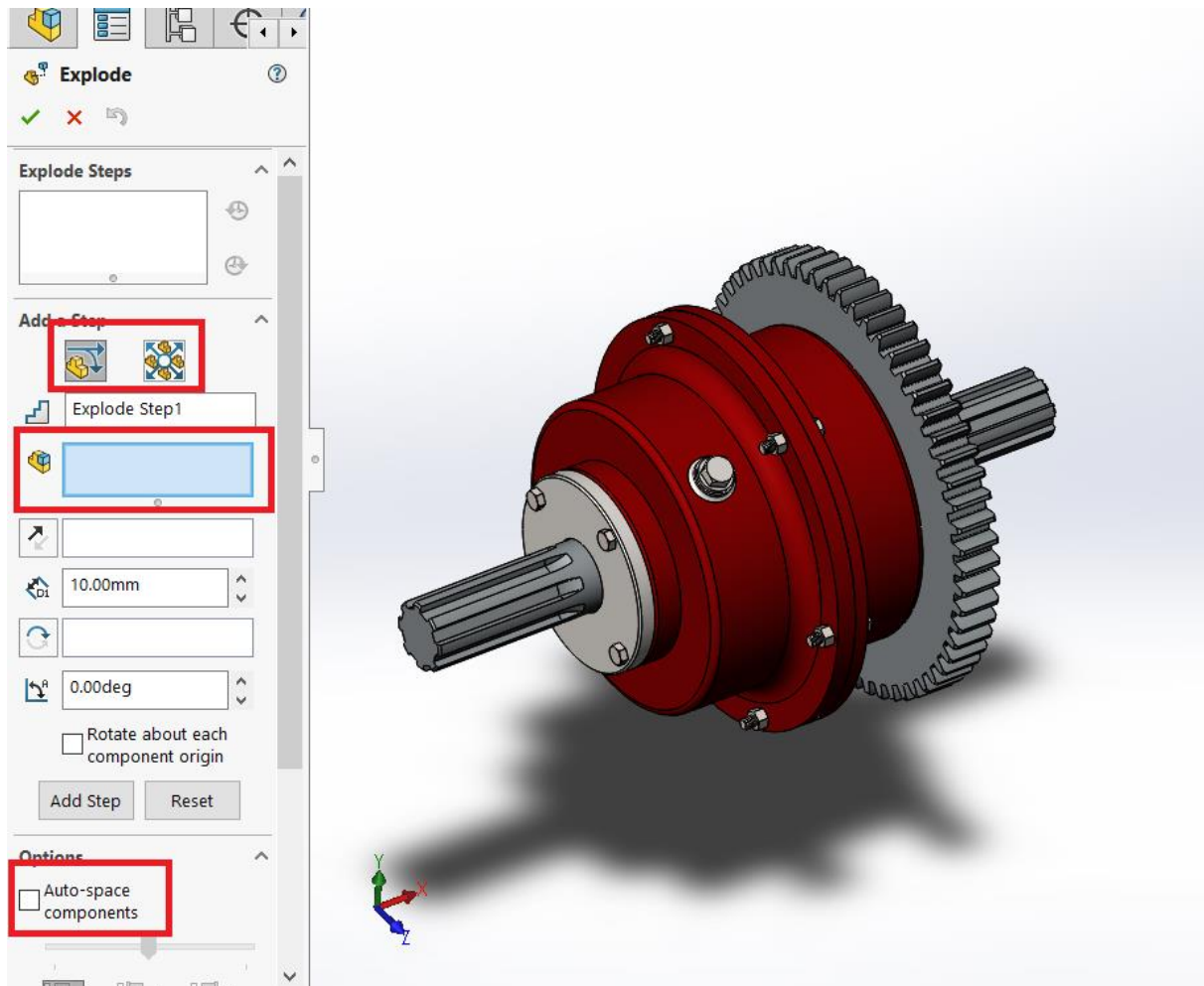


Рисунок 8.3 – Діалогове вікно режиму

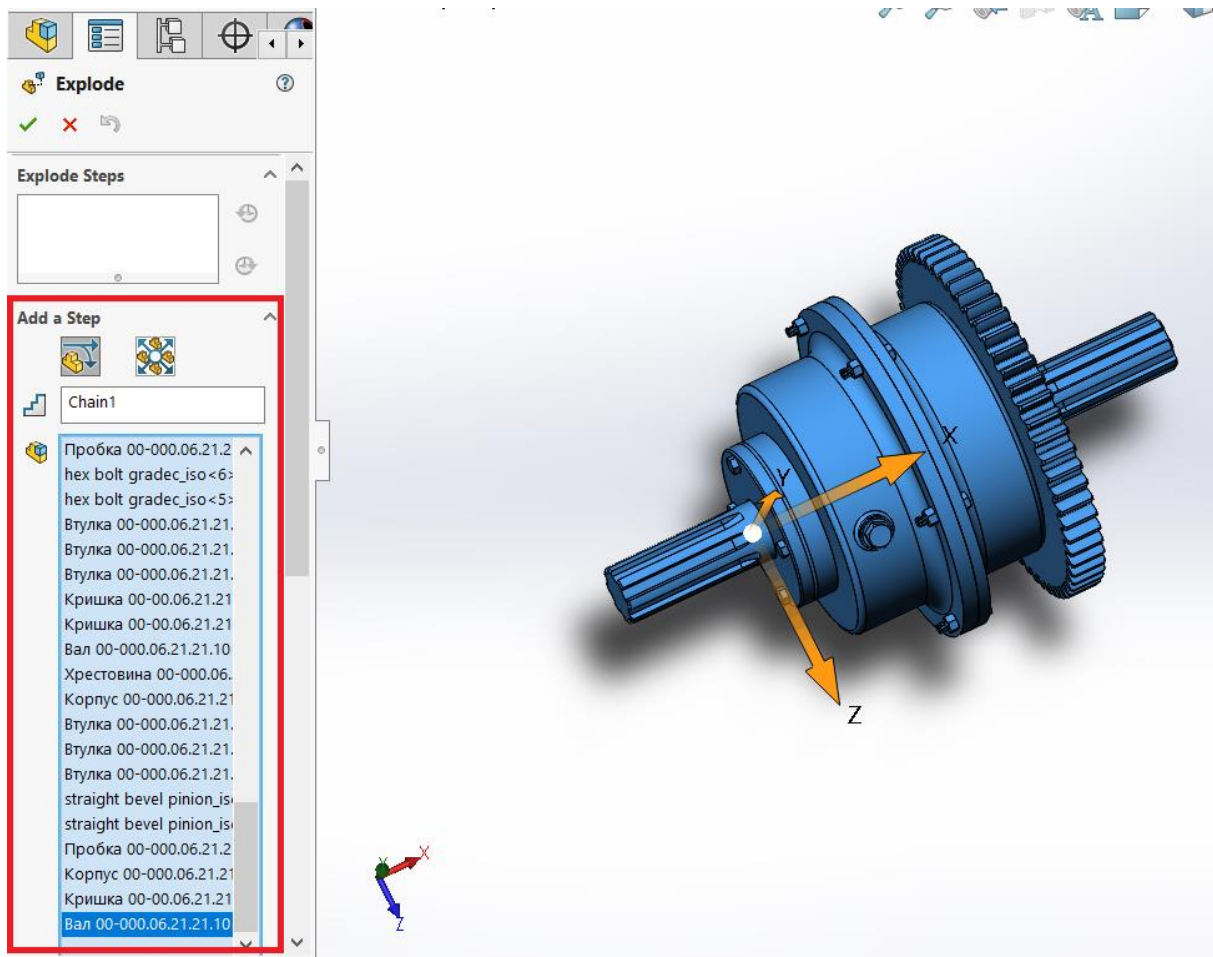


Рисунок 8.4 – Додавання елементів

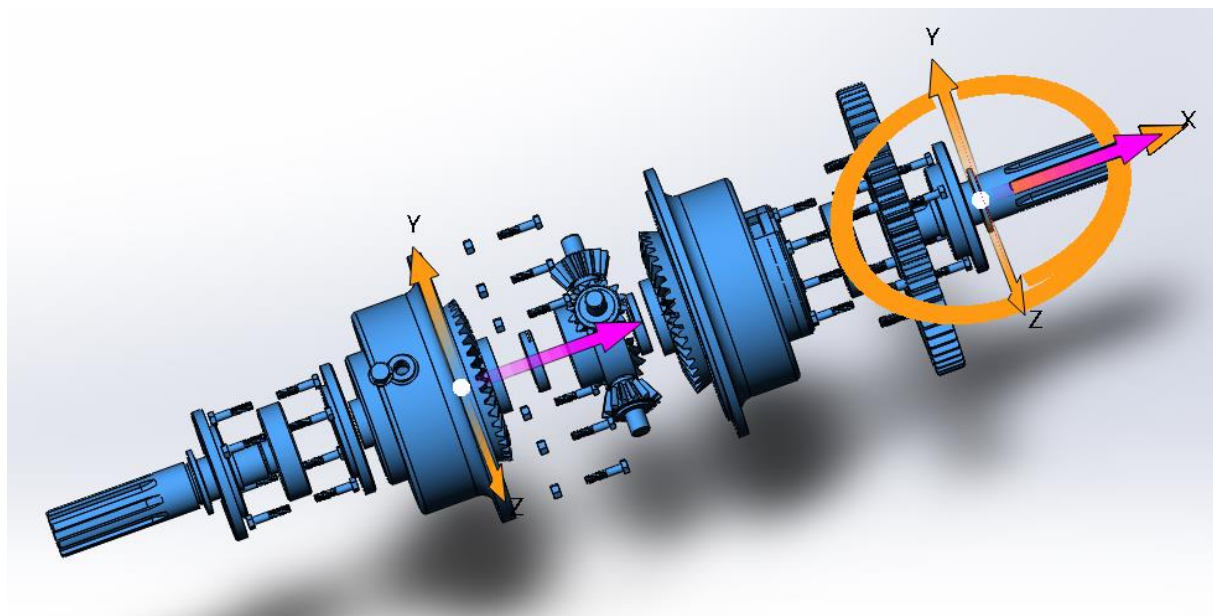


Рисунок 8.5 – Автоматичне рознесення елементів

Як ми можемо бачити з рисунку 8.6, в діалоговому вікні автоматично додався крок рознесення під назвою **Ланцюжок 1**, також в вікні **Кроки рознесення** з'явилися усі деталі збірки.

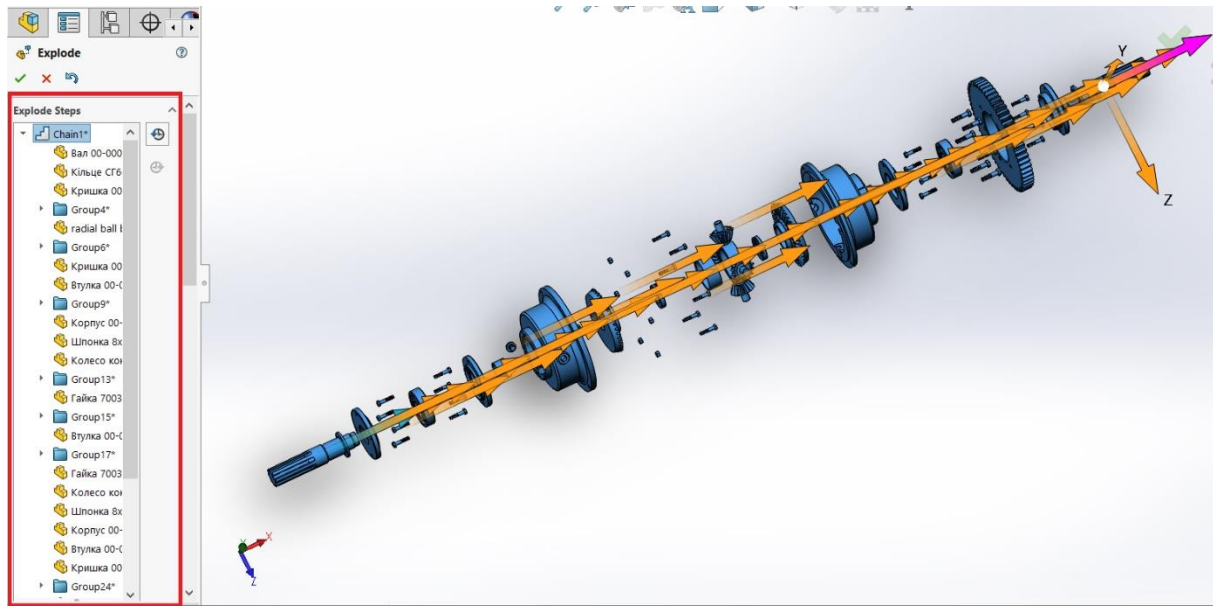


Рисунок 8.6 – Елементи кроку рознесення Ланцюжок 1

Повертаючись до рисунку 8.5, бачимо, що хоч деталі диференціала і рознесені вздовж осі Z з однаковим кроком, вони розміщені не в порядку складання вузла, а також певні елементи необхідно рознести в іншому напрямку. Це можна зробити декількома способами, редагувати розміщення елементів в вікні **Кроки рознесення** (рис. 8.6) або ж створити окремі кроки рознесення для кожного елемента вручну.

Для більшої демонстративності «рознесемо» усі елементи диференціала вручну, імітуючи послідовність його складання. Для цього виділяємо відповідні елементи в послідовності їх приєднання й для кожного створюємо новий крок рознесення (рис 8.7).

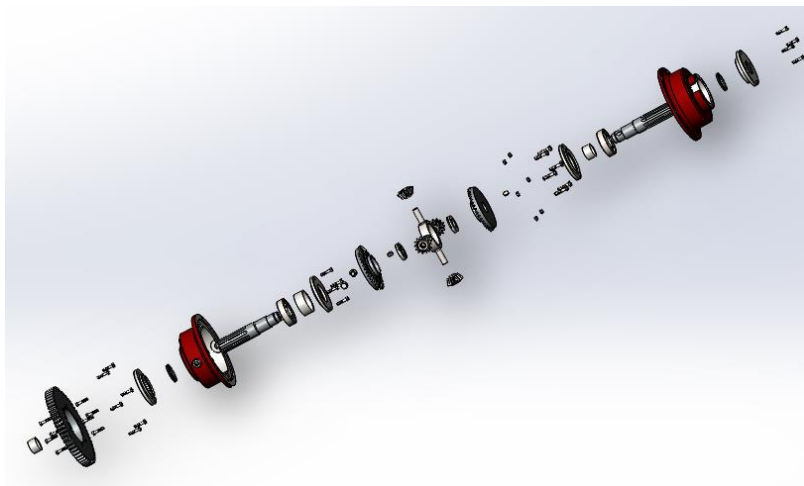


Рисунок 8.7 – Розміщення деталей в послідовності складання

Тепер можемо переходити до створення анімації процесу складання диференціала, для цього переходимо до розділу **Анімація** (рис. 8.8)

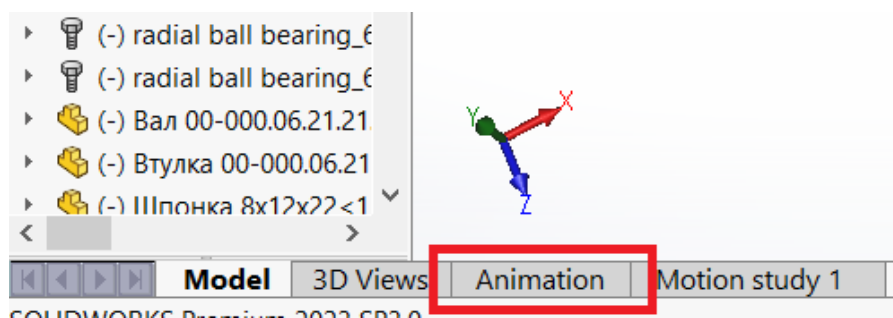


Рисунок 8.8 – Розділ анімація

В новому діалоговому вікні розміщено інструменти для створення анімацій (рис. 8.9), як і в випадку з створенням вигляду з рознесеними елементами, анімації можливо створювати кількома способами:

- 1) використовуючи **Помічник для створення анімацій**. Цей спосіб підходить для простих збірок і простих анімацій, значно пришвидшує процес;
- 2) власноруч, використовуючи інструменти розділу анімації (рис. 8.9) керувати рухом кожного елемента, створюючи та переміщуючи «ключі» по часовій шкалі. У цьому випадку значно зростає час створення анімації, проте є можливість повного налаштування всіх параметрів.

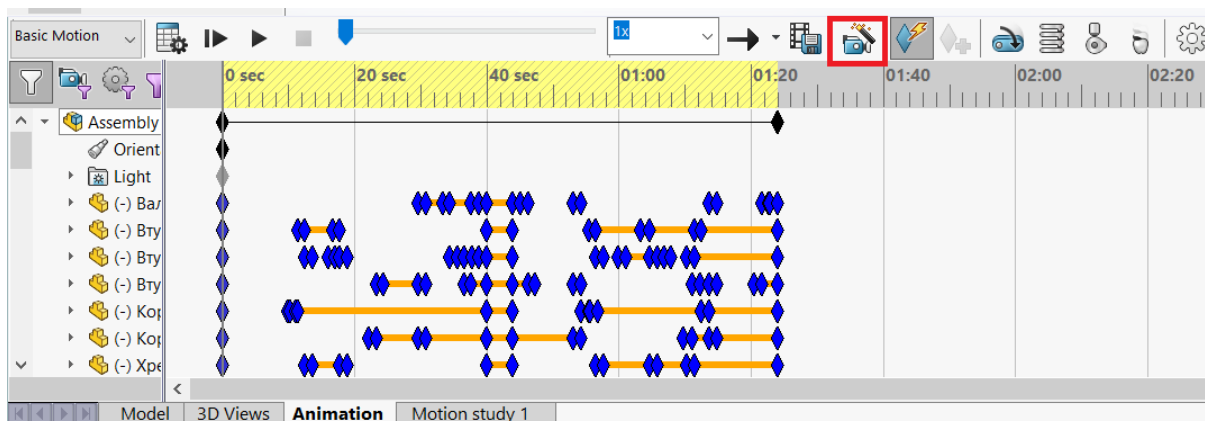


Рисунок 8.9 – Інструменти розділу анімації

Для нашого прикладу скористаємось функцією **Помічник для створення анімацій**.

В новому діалоговому вікні виберемо функцію **Рознести**, *зверніть увагу!* ця функція доступна лише за умови попередньо створеного вигляду з рознесеними елементами (рис. 8.10).

Натискаючи клавішу **Далі**, переходимо до діалогового вікна, в якому ми можемо вказати тривалість анімації (рис. 8.11). Для нашого прикладу вказуємо тривалість 40 с і час початку 0 с.

Перед відповідними деталями диференціала з'явилися «ключі» на проміжках часу, коли вони здійснюють рух. Після натискання кнопки **Розрахувати**, програма виконає розрахунок анімації (рис. 8.12) – ми зможемо оцінити рух елементів на робочому полі.

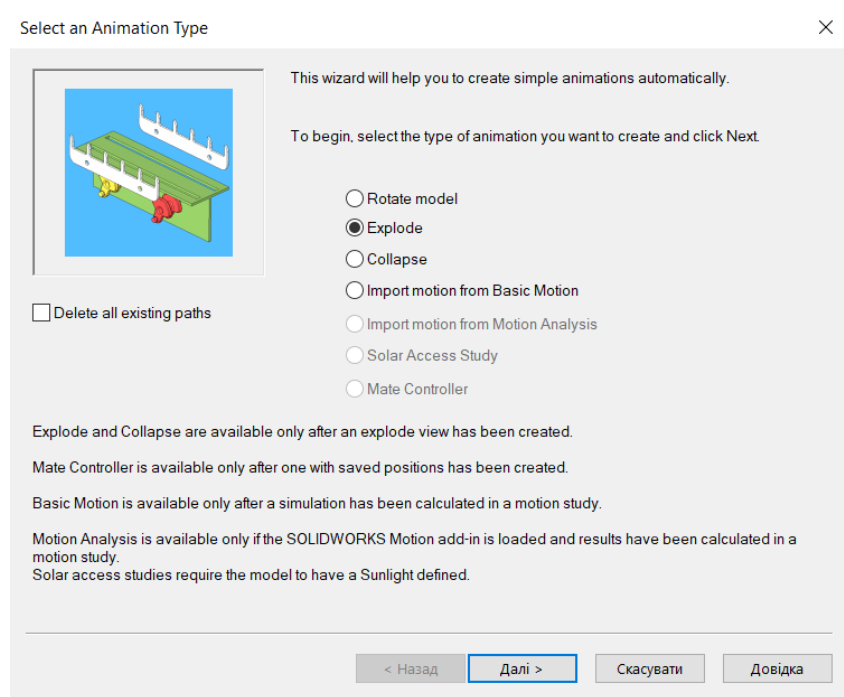


Рисунок 8.10 – Помічник для створення анімацій

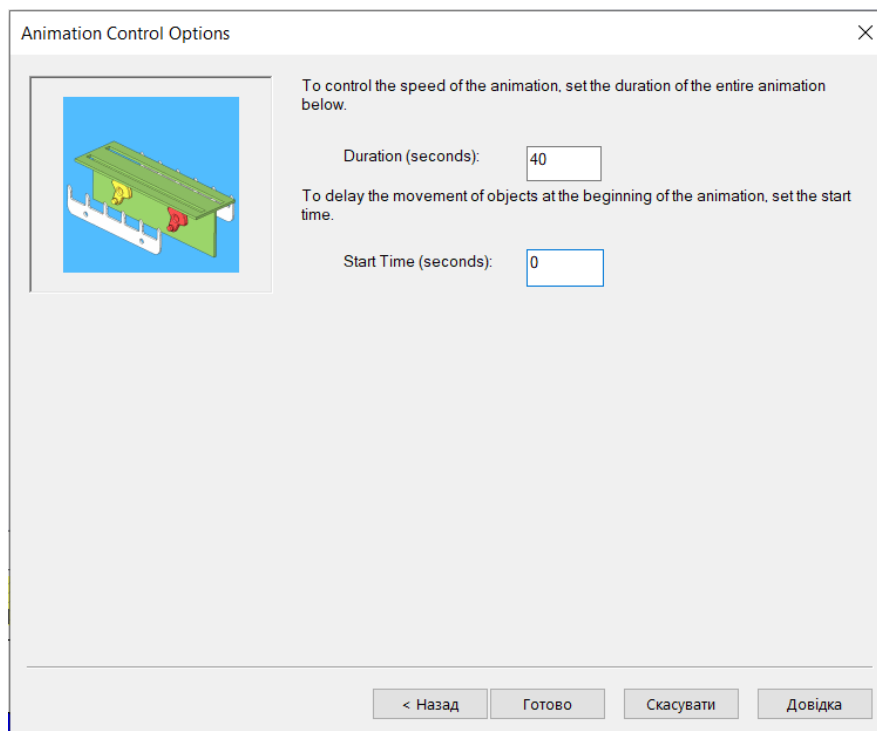


Рисунок 8.11 – Вказуємо час тривалості анімації

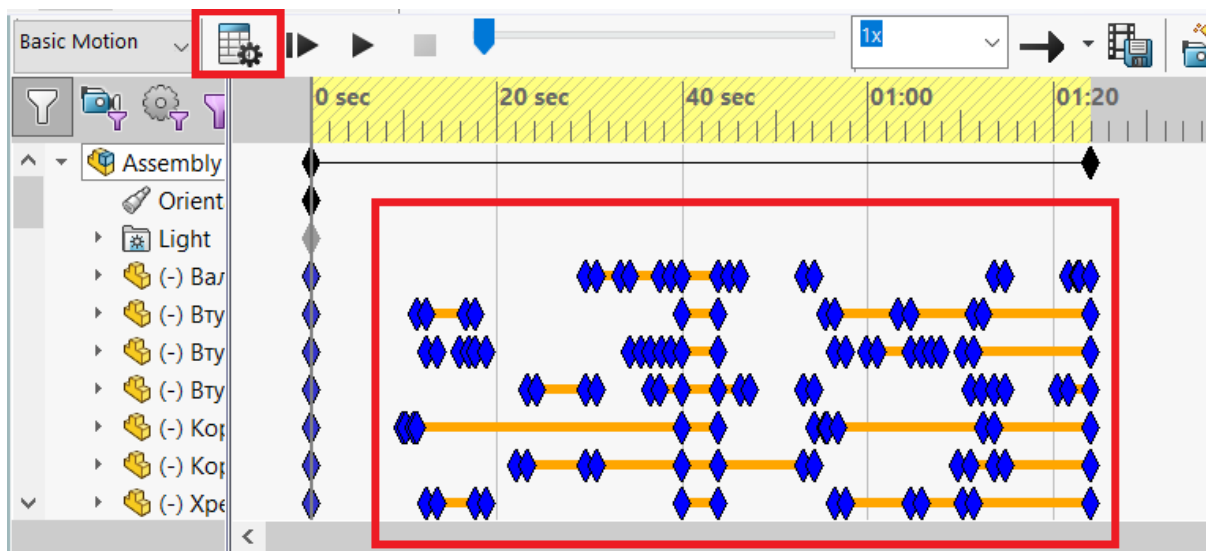


Рисунок 8.12 – Ключі анімації

Аналогічним способом додамо також процес складання диференціала. Вказуємо тривалість процесу складання в 40 с і початок на 44 с (рис. 8.13).

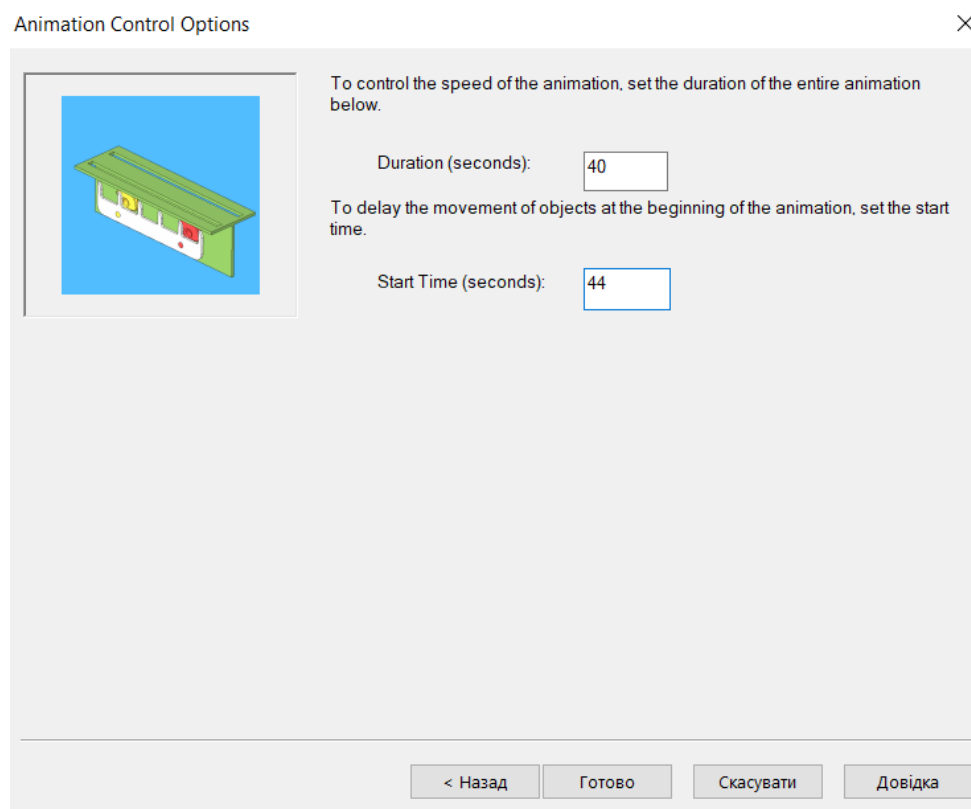


Рисунок 8.13 – Тривалість процесу складання

Натиснувши клавішу **Розрахувати**, можемо оцінити анімацію процесу розбирання та збирання диференціалу (рис. 8.14).

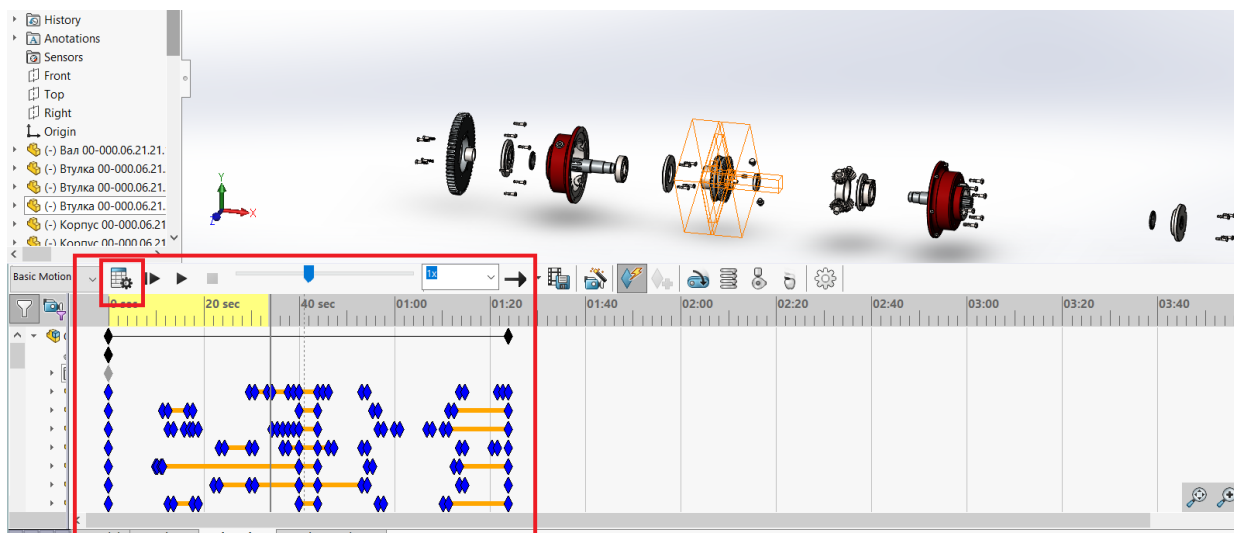


Рисунок 8.14 – Додавання анімації процесу збирання

Для отримання красивого фотореалістичного відеоролика процесу складання-розбирання диференціала необхідно увімкнути додаток **Photo view 360**, перейшовши до розділу Додатки Solidworks (рис. 8.15).

Після цього повертаємось до вкладки анімації та активуємо команду **Зберегти анімацію** (рис. 8.15). У новому діалоговому вікні вказуємо параметри нашого відеоролика (рис. 8.16).

Вказуємо назву відео «Диференціал», для кращої якості відео виставляємо частоту кадрів на відмітці 30 кадрів за секунду, вказуємо співвідношення сторін відео та обираємо тип обробки відео **Photo View 360** для створення фотореалістичного відео, якщо обрати екран Solidworks відео буде мати вигляд як робочий екран програми (рис. 8.16).

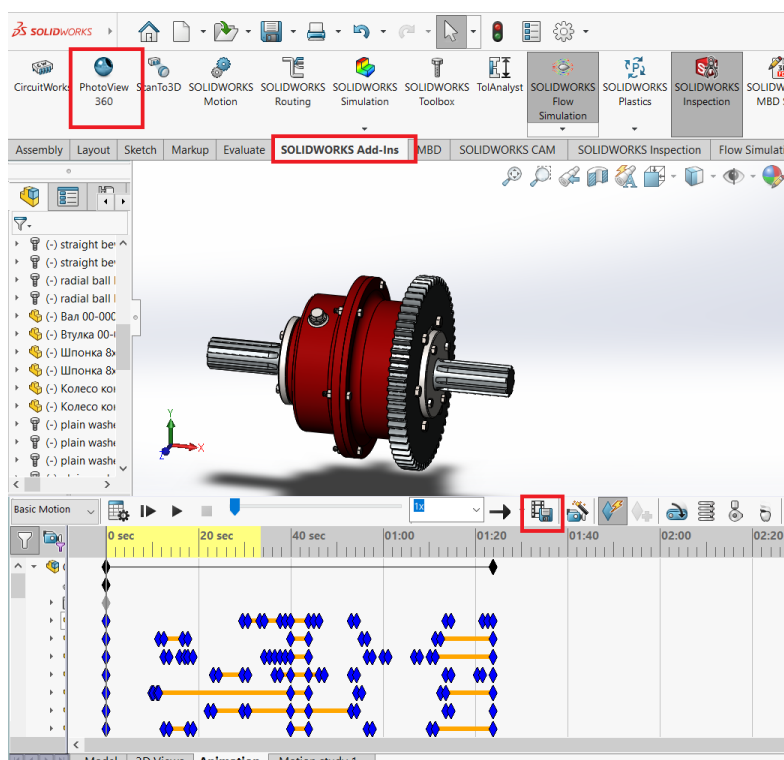


Рисунок 8.15 – Увімкнення додатка Photo View 360

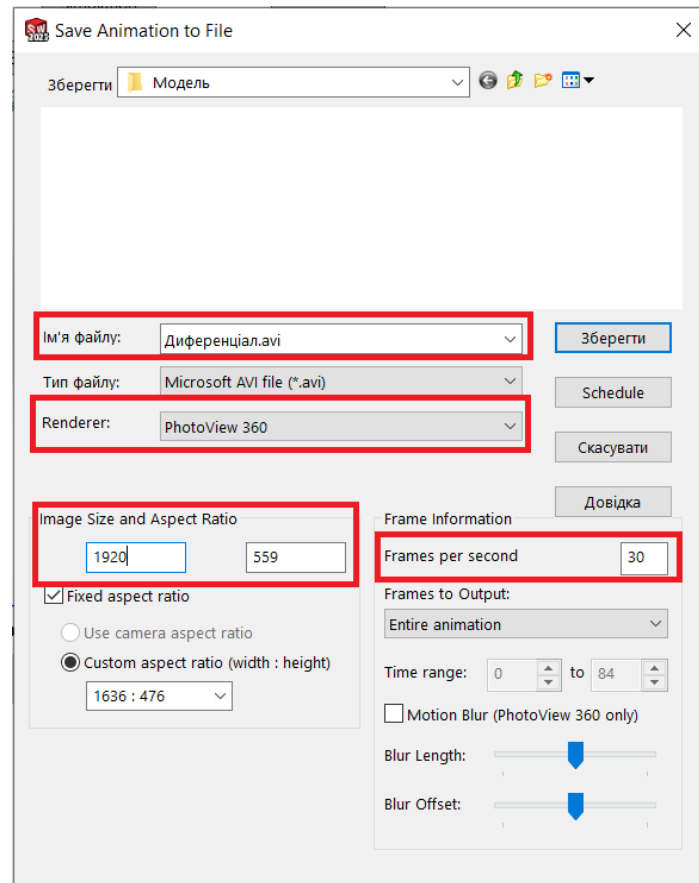


Рисунок 8.16 – Параметри відео

Після натискання клавіші **Зберегти**, відкривається діалогове вікно, де пропонується вибрати тип стиснення відео, залежно від типу стиснення змінюється якість відео, а також час його рендера (рис. 8.17), обираємо **Без стиснення**, що дасть нам максимальну якість.

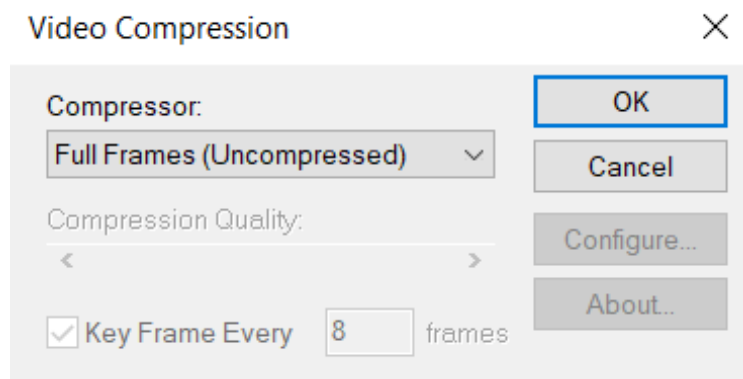


Рисунок 8.17 – Вибір типу стиснення відео

Після підтвердження операції, розпочнеться доволі тривалий процес рендерингу відео (рис. 8.18).

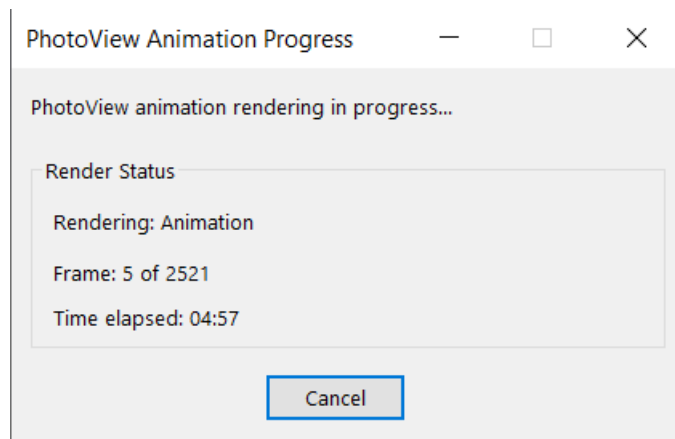


Рисунок 8.18 – Процес рендерингу відео

Після завершення процесу рендерингу відеоролик буде готовий, перевіряємо результат, відкриваючи його в програмі для перегляду відеороликів (рис. 8.19).

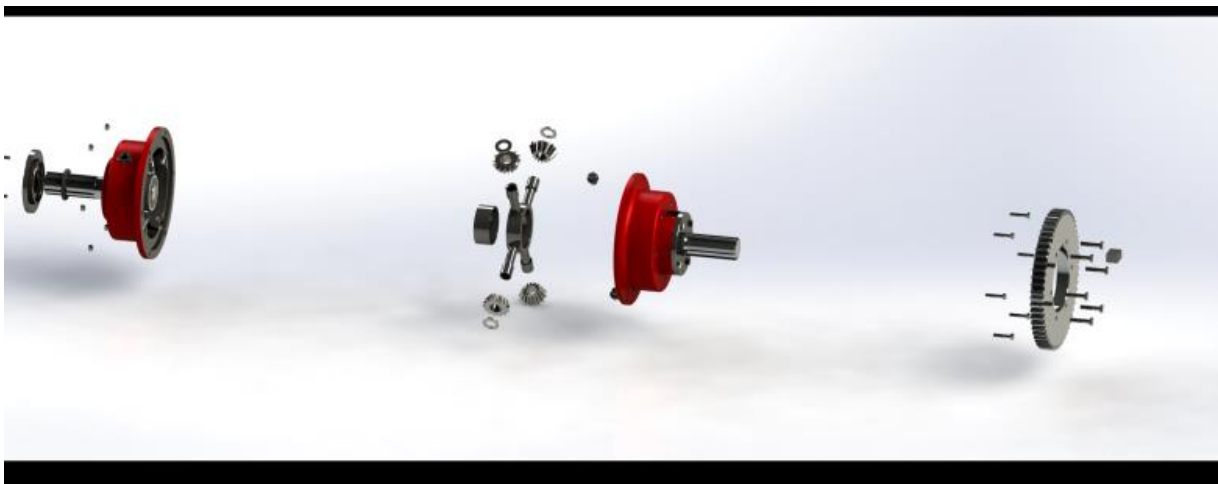


Рисунок 8.19 – Готовий відеоролик

8.2 Завдання до практичної роботи

За розглянутим в роботі алгоритмом створення візуалізації процесу складання-розбирання складальних одиниць створити відеоролик для складальної одиниці з додатка А за варіантом або за завданням, отриманим у викладача.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sham Tickoo. SOLIDWORKS 2018 for Designers, 16th Edition.
2. Schererville : CAD/CIM Technologies, 2018. 1987 p.
3. SOLIDWORKS 2018. Learn by doing - Part 1: parts, assembly, drawings, and sheet metal. Tutorial Books, 2018. 532 p.
4. SOLIDWORKS 2018. Learn by doing - Part 2: surface design. Tutorial Books, 2018. 149 p.
5. Грабченко А. І., Доброскок В. Л. Сучасні технології матеріалізації комп'ютерних моделей. Х. : НТУ «ХП», 2009. 86 с.
6. Грабченко А. І., Доброскок В. Л. Теорія 3D моделювання : навч. посібник. Х. : НТУ «ХП», 2009. 230 с.
7. Ворошук В. Я., Вітенько Т. М. Solidworks у завданнях 3D моделювання та інжинірингу технічних систем : навч. посібник. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 164 с.
8. GrabCAD. *GrabCAD Making Additive Manufacturing at Scale Possible*. URL: <https://grabcad.com/dashboard> (date of access: 10.12.2023).
9. SOLIDWORKS Simulation. SOLIDWORKS. URL: <https://www.solidworks.com/ru/product/solidworks-simulation> (date of access: 10.12.2023).
10. Камишацький О. Ф., Расцветаєв В.О. Моделювання технологічних процесів : методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології». – Дніпро : НТУ «ДП», 2019. 48 с.
11. Ворошук В. Я., Вітенько Т. М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі Solidworks : навч. посібник. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 164 с.
12. Гетьман О. Г., Білицька Н. В., Баскова Г. В. Технічне креслення. Розробка робочих креслеників деталей за креслеником загального виду [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальностями 142 «Енергетичне машинобудування», 143 «Атомна енергетика» та 144 «Теплоенергетика». Електронні текстові дані (1 файл: 10,474 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 150 с.

Додаток А
Варіанти завдань до практичних робіт
Варіант № 1

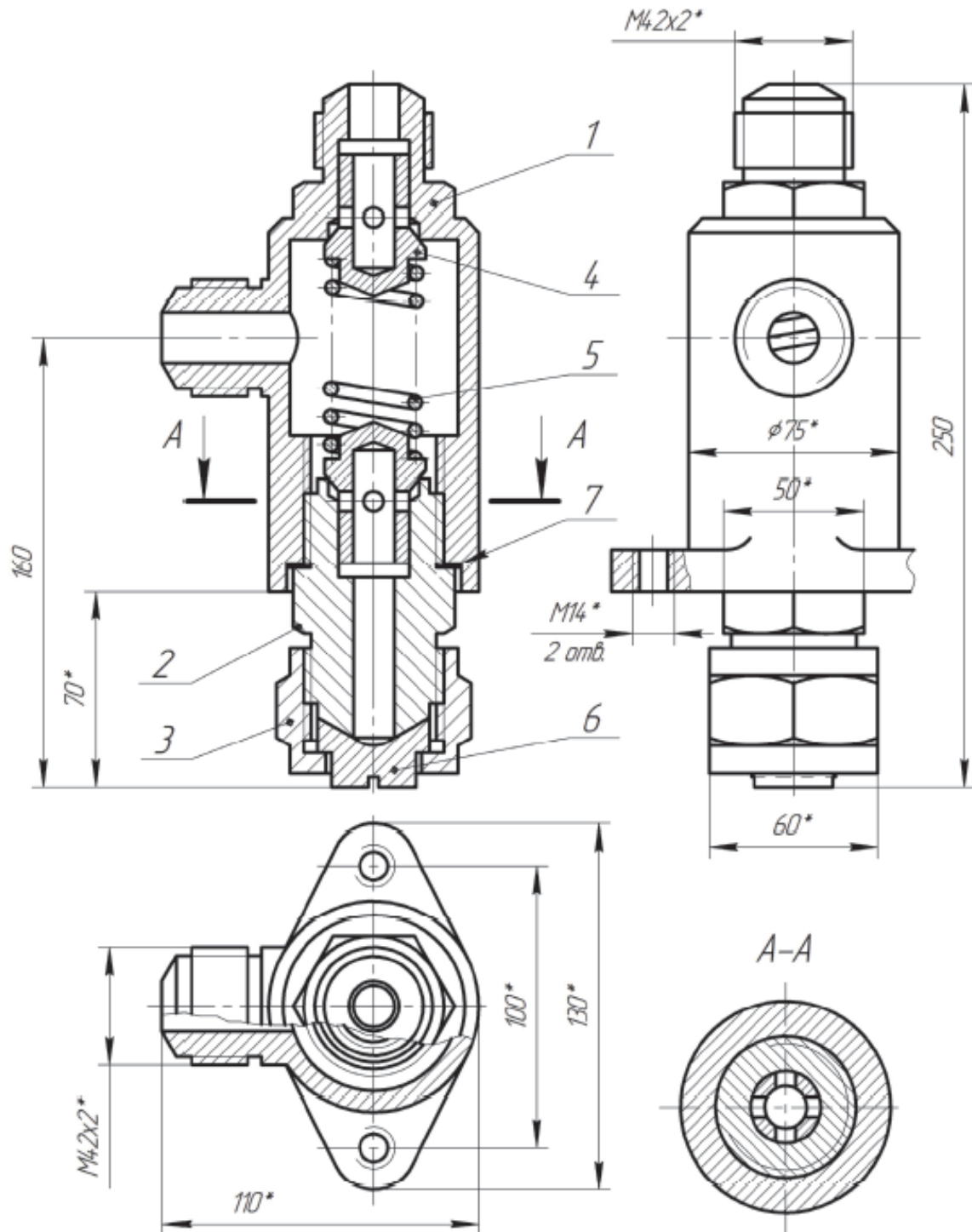


Рисунок А.1 – Клапан зворотний

Деталі: 1 – корпус; 2 – штуцер; 3 – гайка; 4 – клапани; 5 – пружина; 6 – заглушка; 7 – прокладка.

Матеріали деталей: 1, 2, 3 – СЧ 15 ГОСТ 1412-79; 4, 6 – БрО5Ц5С5 ГОСТ 613-79; 5 – Сталь 65Г ГОСТ 1050-88.

Варіант № 2

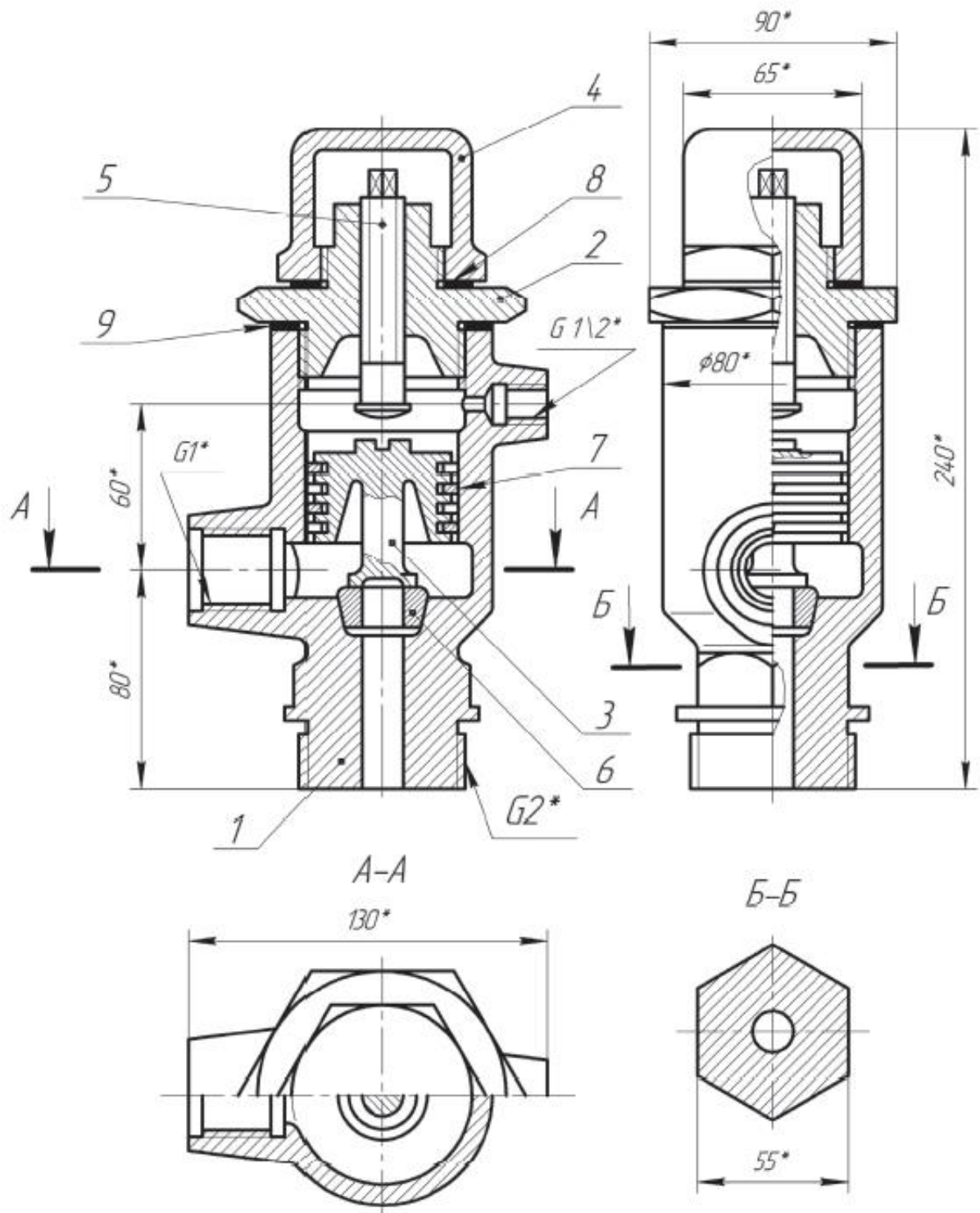


Рисунок А.2 – Клапан паровий

Деталі: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – поршень; 4 – кришка; 5 – регулювальний гвинт; 7 – кільця; 8, 9 – прокладки.

Матеріали деталей: 1, 2, 4 – СЧ 18 ГОСТ 1412-85; 3, 5 – Сталь 30 ГОСТ 1050-88.

Варіант № 3

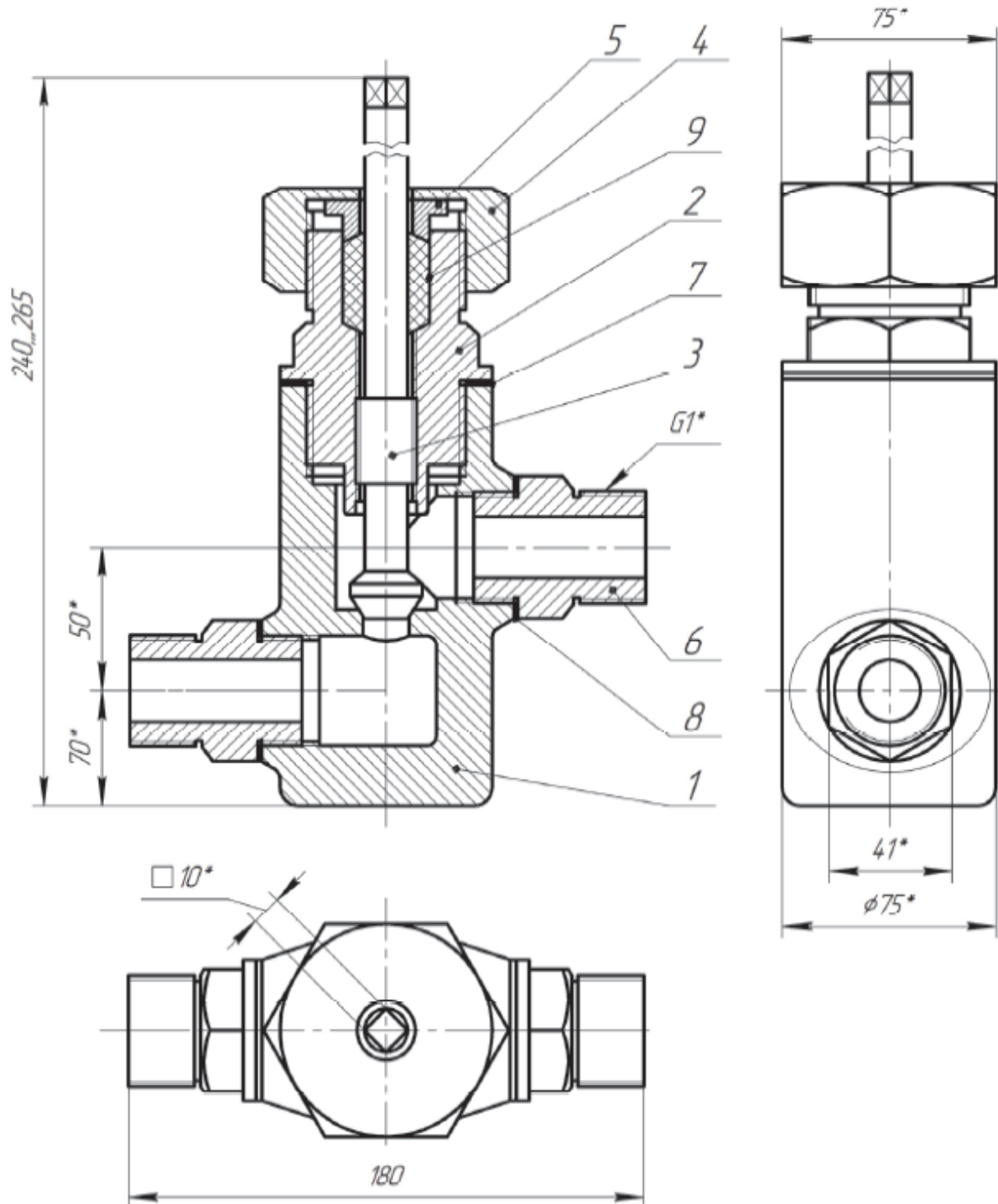


Рисунок А.3 – Вентиль

Деталі: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – шпindelь; 4 – гайка; 5 – втулка; 6 – штуцер; 7, 8 – прокладки. ; 9 – азбестова набивка.

Матеріали деталей: 1, 2, 4 – СЧ 18 ГОСТ 1412-85; 3, 5, 6 – Сталь 45 ГОСТ 1050-88; 7, 8 – Пароніт ПОН 2 ГОСТ481-80.

Ущільнення: 9 – Шнур азбестовий ШАОН ГОСТ 1779-72.

Варіант № 4

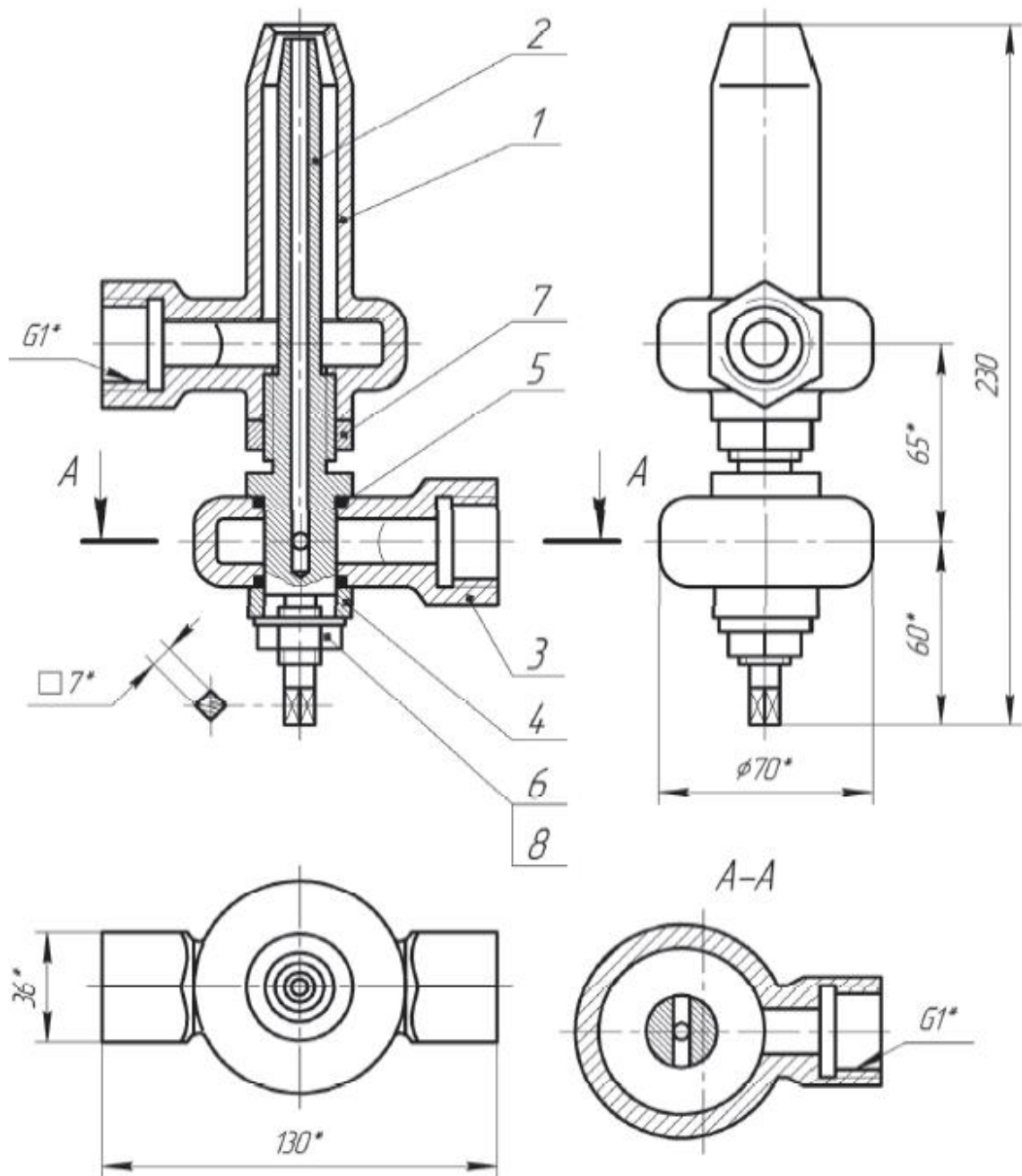


Рисунок А.4 – Форсунка

Деталі: 1 – корпус; 2 – сопло; 3 – патрубок; 4 – втулка; 5 – прокладки.

Матеріали деталей: 1, 3 – Сталь 15Л ГОСТ 977-75; 2 – Сталь 45 ГОСТ 1050-88; 4 – Ст. 3 ГОСТ 380-94.

Кріплення: 6 – Гайка М14,5 ГОСТ 5915-70; 7 – Гайка М22,5 ГОСТ 5915-70; 8 – Шайба 14.01 ГОСТ 11371-78.

Варіант № 5

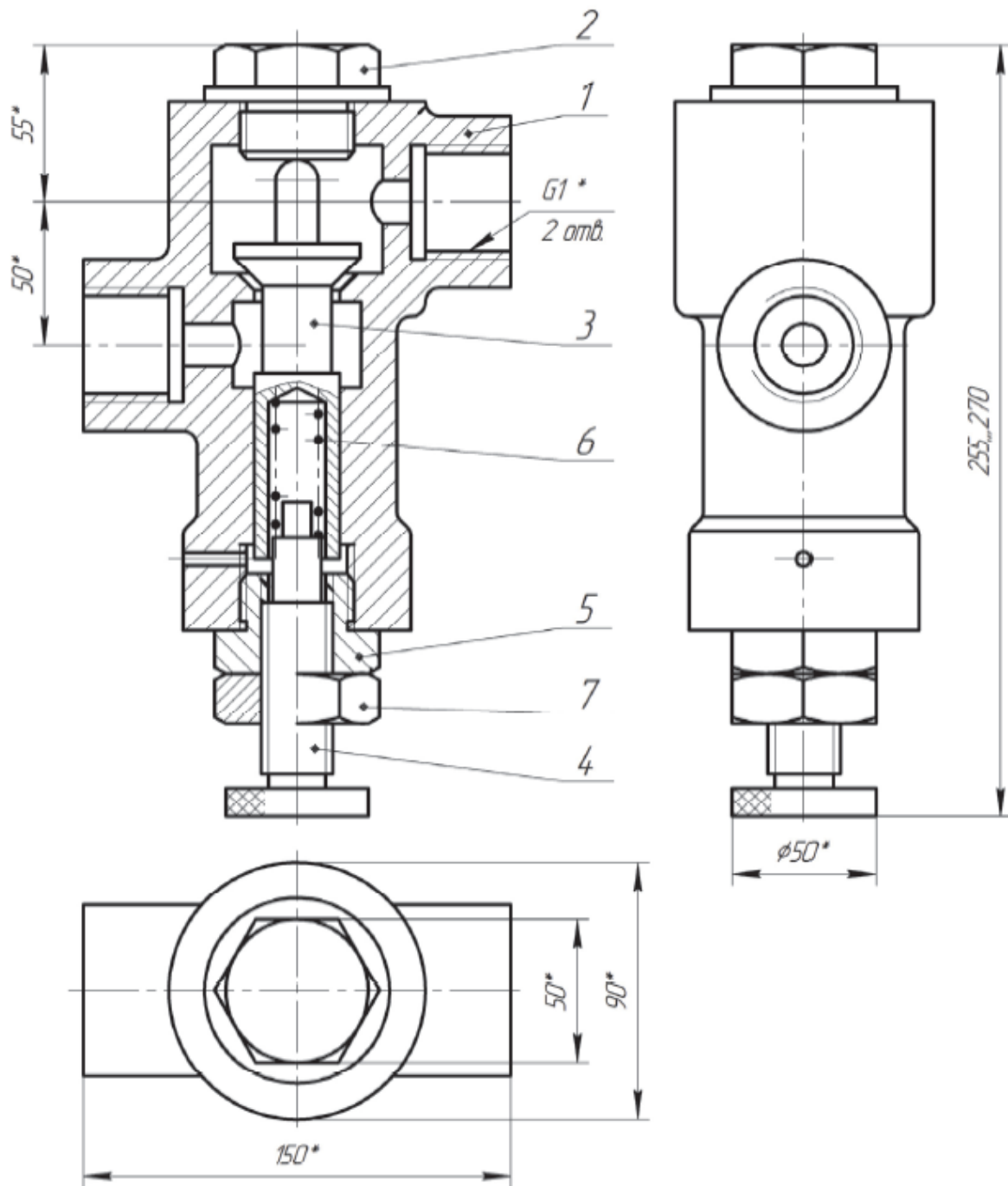


Рисунок А.5 – Клапан максимального тиску

Деталі: 1 – корпус; 2 – заглушка; 3 – клапан; 4 – гвинт; 5 – кришка;
6 – пружина.

Матеріали деталей: 1, 2, 5 - СЧ30 ГОСТ 1412-85; 3 – БрО4Ц4С17
ГОСТ 613-79; 4 – Сталь 20 ГОСТ 1050-88.

Кріплення: 7 – Гайка М20,5 ГОСТ 5915-70.

Варіант № 6

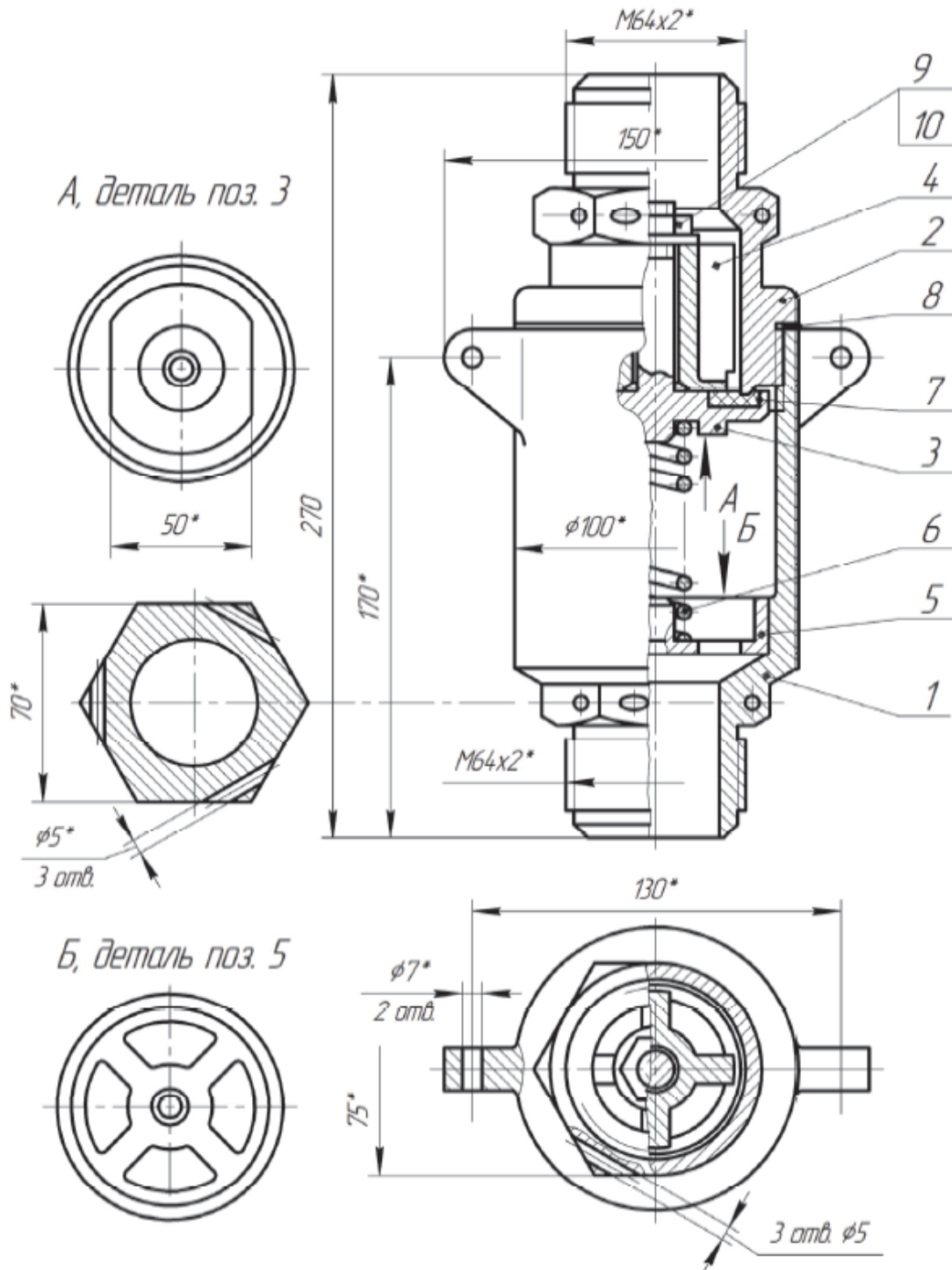


Рисунок А.6 – Клапан зворотний

Деталі: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – клапан; 4 – втулка; 5 – тарілка; 6 – пружина; 7, 8 – прокладки.

Матеріали деталей: 1, 2 – СЧ30 ГОСТ 1412-85; 3, 4, 5 – БрО4Ц4С17 ГОСТ 613-79.

Кріплення: 9 – Гайка М5,5 ГОСТ 5915-70, 10 – Шайба 5.01 ГОСТ 11371-78

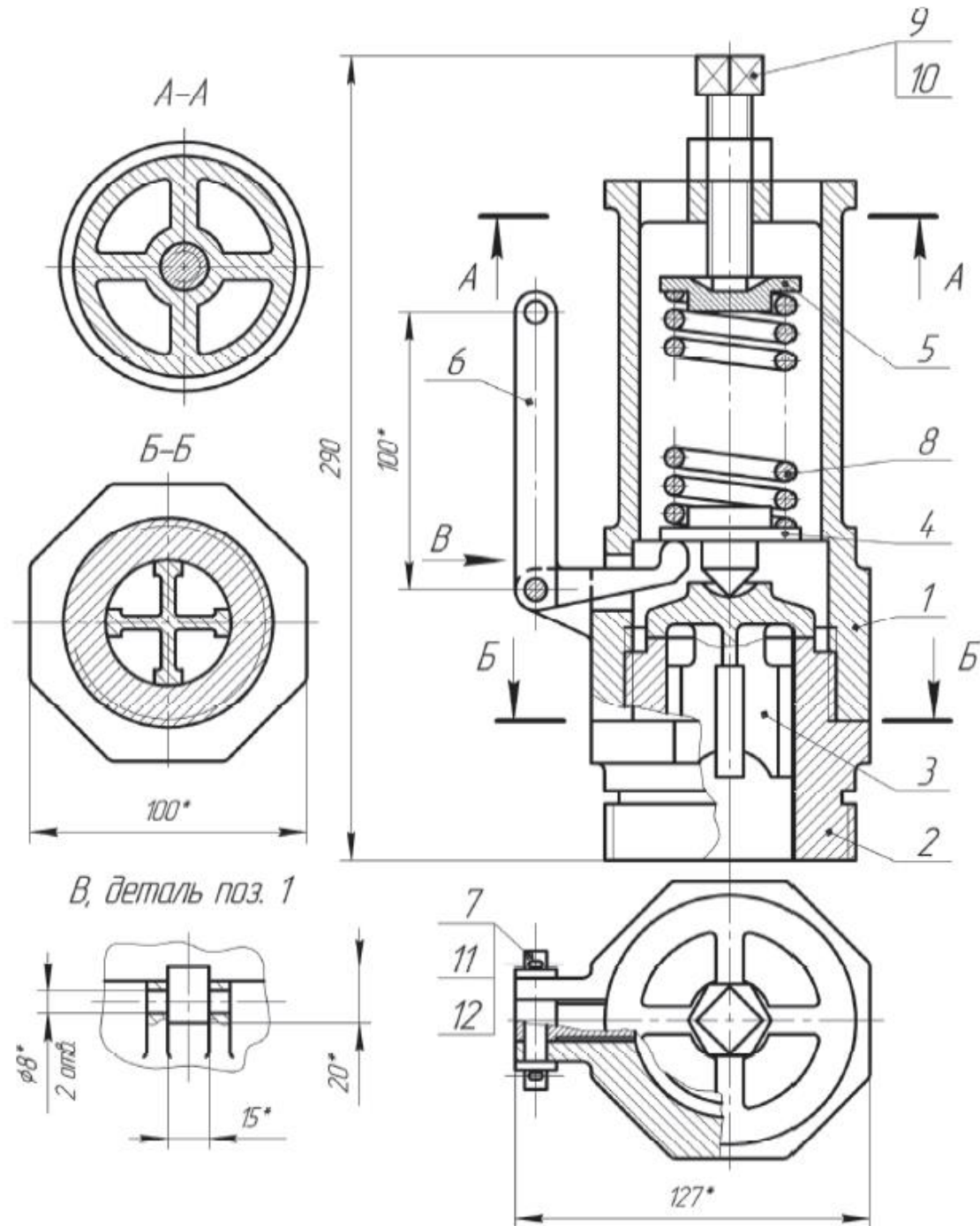


Рисунок А.7 – Клапан запобіжний

Деталі: 1 – корпус; 2 – штуцер; 3 – клапан; 4 – опора; 5 – тарілка; 6 – рукоятка; 7 – штифт; 8 – пружина.

Матеріали деталей: 1, 2 – СЧ 30 ГОСТ 1412-85; 3 – БрОЦ4С17 ГОСТ 613-79; 4, 5, 6, 7 – Ст. 3 ГОСТ 380-94; 8 – Сталь 65Г ГОСТ 1050-88.

Поз. 9 – Гвинт М16×70,58 ГОСТ-1482-84; 10 – Гайка М16,5 ГОСТ 5915-70; 11 – Шайба 8.01 ГОСТ11371-78; 12 – Шплінт 2,5×14 ГОСТ 397-79.

Варіант № 8

Ексцентрик

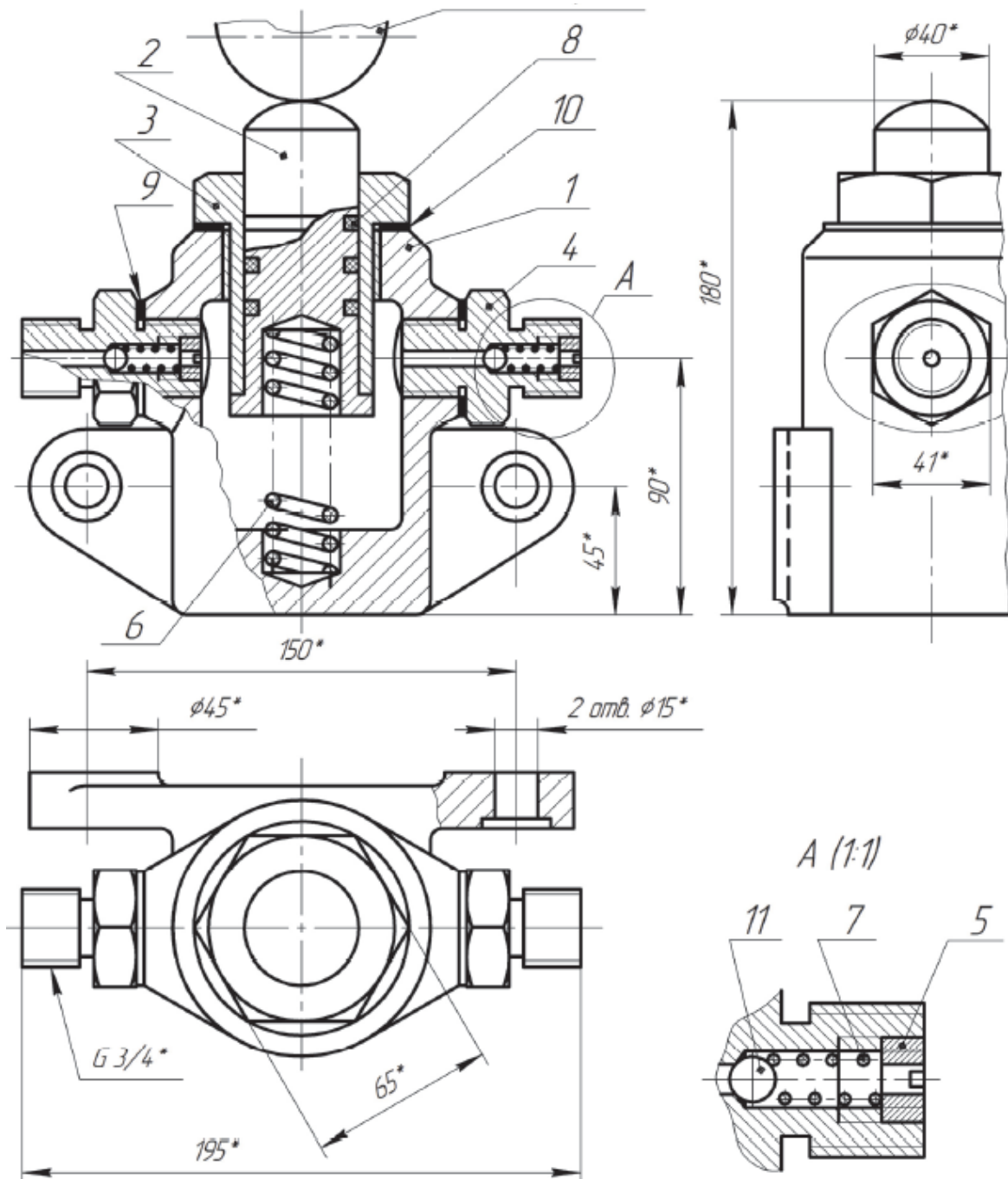


Рисунок А.8 – Насос плунжерний

Деталі: 1 – корпус; 2 – поршень; 3 – кришка; 4 – штуцер; 5 – втулка; 6 – пружина; 7 – пружина; 8 – кільця; 9 – прокладка; 10 – прокладка.

Матеріали деталей: поз. 1 – СЧ 20 ГОСТ 1412-85; поз. 2, 3, 4, 5 – Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Стандартний виріб: 11 – Кулька 6 ГОСТ 3722-81.

Варіант № 9

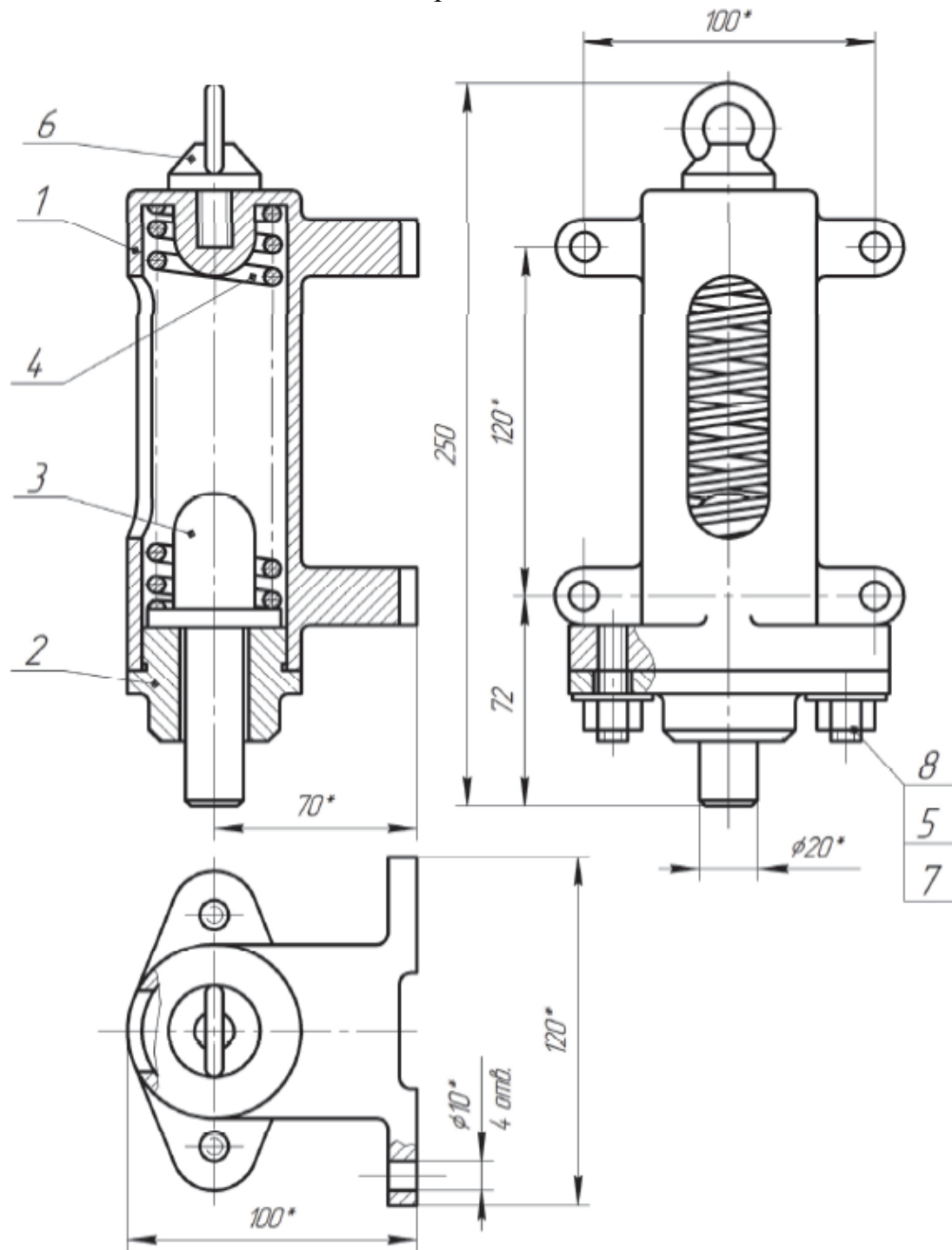


Рисунок А.9 – Пружинний амортизатор

Деталі: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – опора; 4 – пружина.

Матеріали деталей: 1, 2 – СЧ 12 ГОСТ 1412-90; 3 – Сталь 20 ГОСТ 1050-88; 4 - Сталь 65Г ГОСТ 1050-88.

Кріплення: 5 – Гайка М12,5 ГОСТ 5915-70, 6 – Рим-болт М12 ГОСТ4751-73, 7 – Шайба 12.01 ГОСТ11371-78, 8 – Шпилька М12×25,58 ГОСТ 22034-76.

Варіант № 10

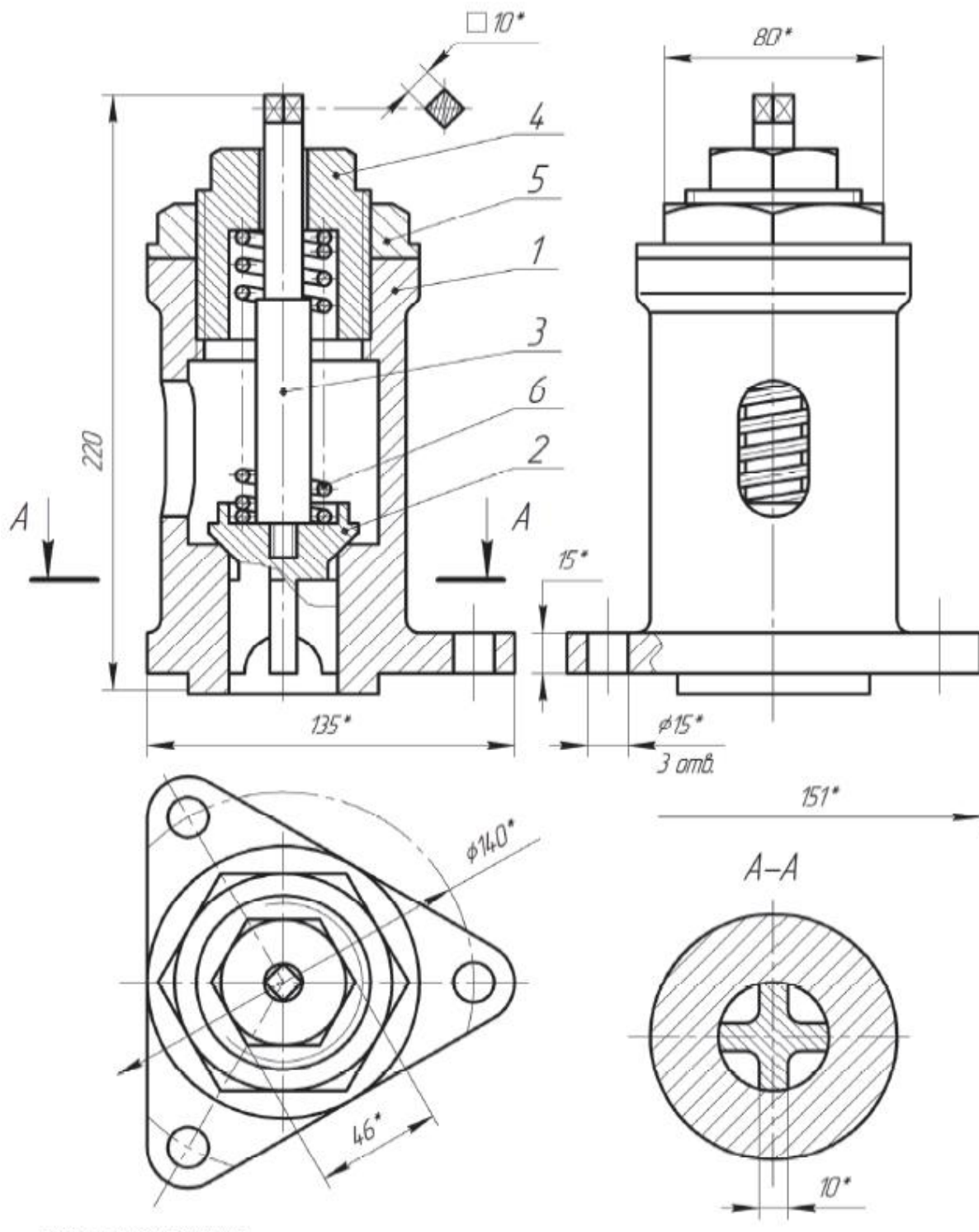


Рисунок А.10 – Клапан запобіжний

Деталі: 1 – корпус; 2 – клапан; 3 – валик; 4 – втулка; 5 – гайка; 6 – пружина.

Матеріали деталей: 1, 4, 5 – СЧ 30 ГОСТ 1412-85; 2 – БрО4Ц4С17 ГОСТ 613-79; 3 – Сталь 45 ГОСТ 1050-88; 6 – Сталь 65Г ГОСТ 1050-88.

Варіант № 11

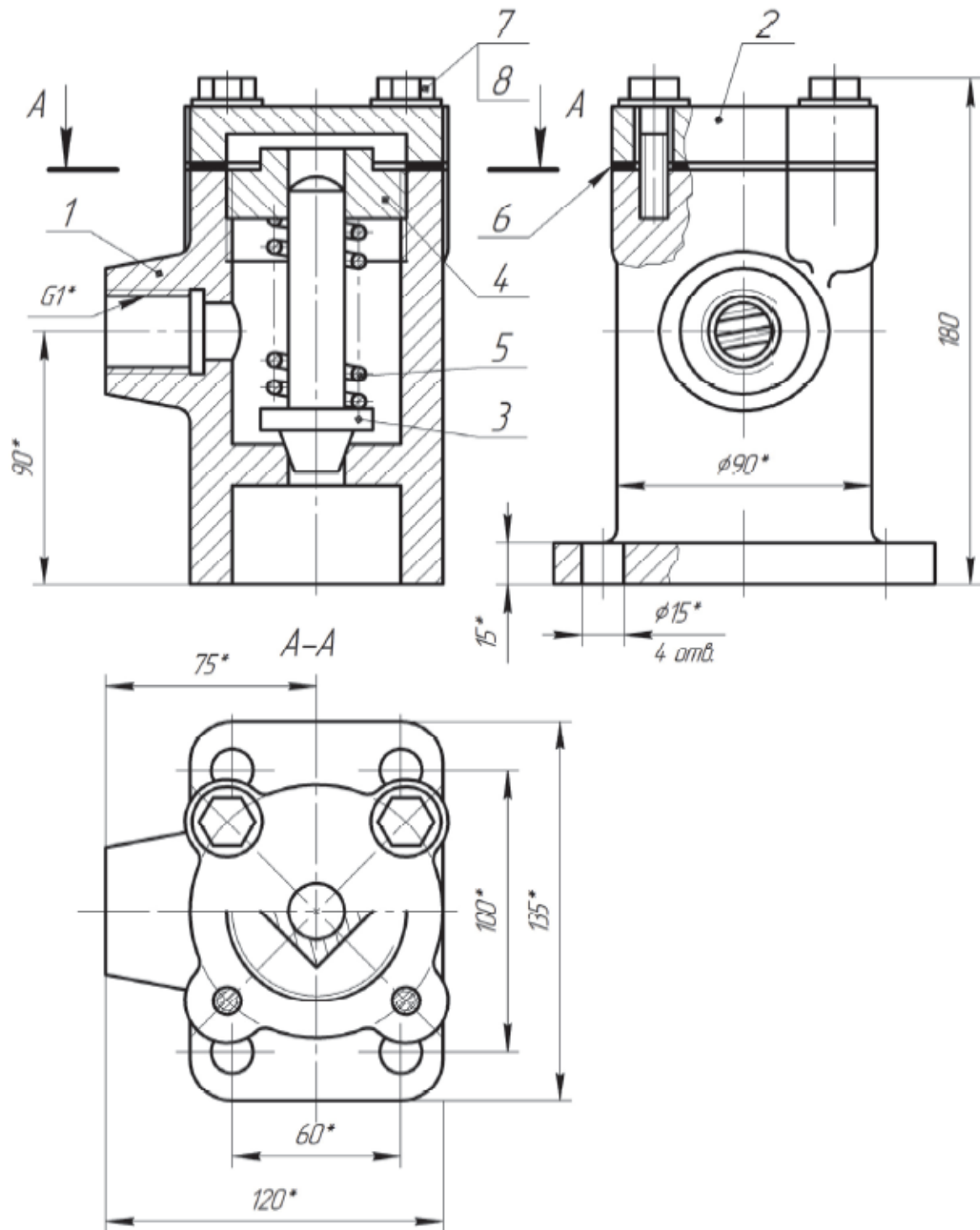


Рисунок А.11 – Клапан

Деталі: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – клапан; 4 – гайка; 5 – пружина; 6 – прокладка.

Матеріали деталей: 1, 2 – СЧ 32 ГОСТ 1412-85; 3, 4 – БрО4Ц4С17 ГОСТ 613-79; 5 – Сталь 65Г ГОСТ 1050-88.

Кріплення: 7 – Болт М10×40,58 ГОСТ 7798-70; 8 – Шайба 10.01 ГОСТ11371-78.

Варіант № 12

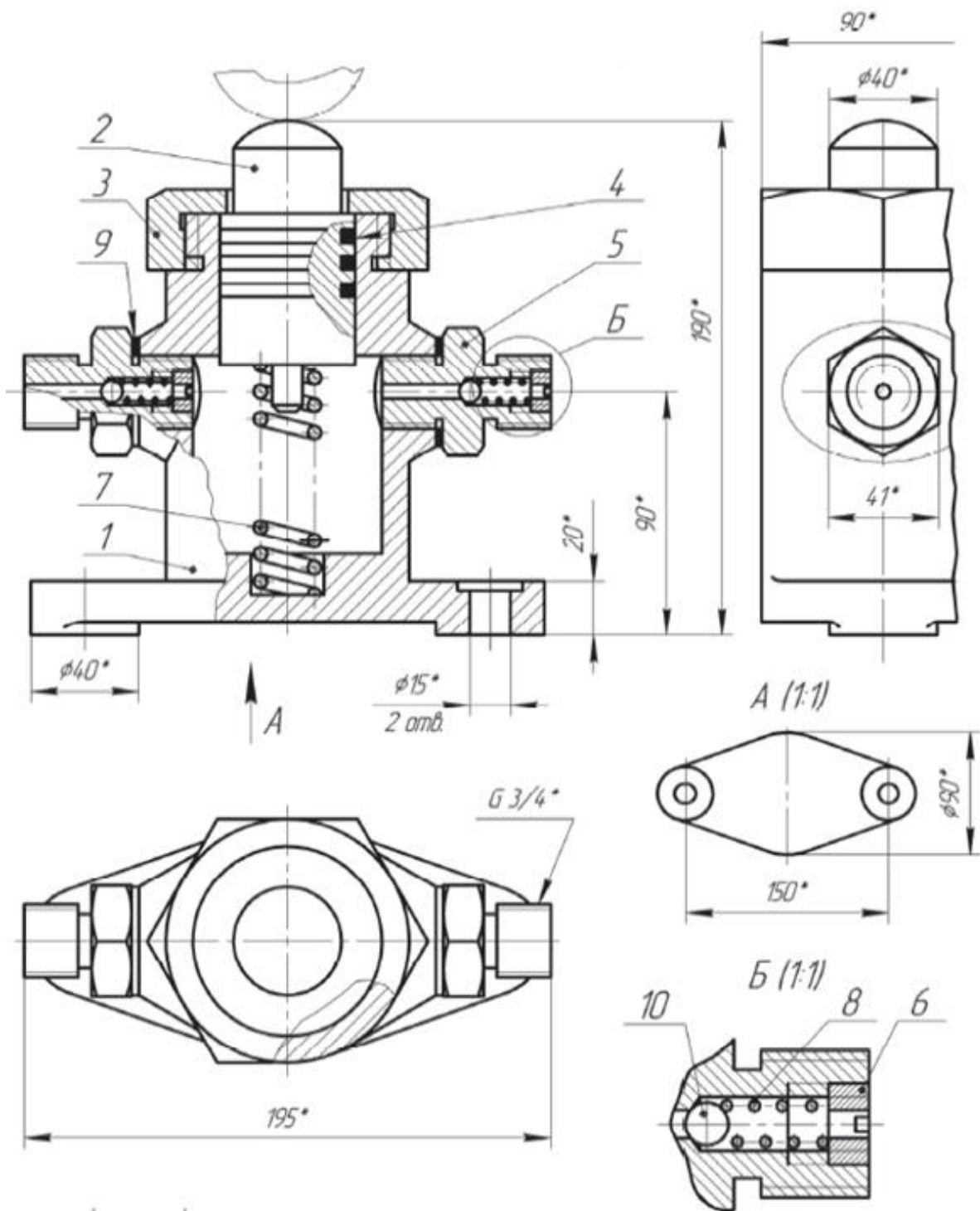


Рисунок А.12 – Насос плунжерний

Деталі: 1 – корпус; 2 – поршень; 3 – кришка; 4 – кільця; 5 – штуцер;
6 – втулка; 7 – пружина; 8 – пружина; 9 – прокладка.

Матеріали деталей: 1 – СЧ 20 ГОСТ 1412-85; 2, 3, 5, 6 – Сталь 45
ГОСТ 1050-88.

Стандартний виріб: 10 – Кулька 6 ГОСТ 3722-81.

Варіант № 13

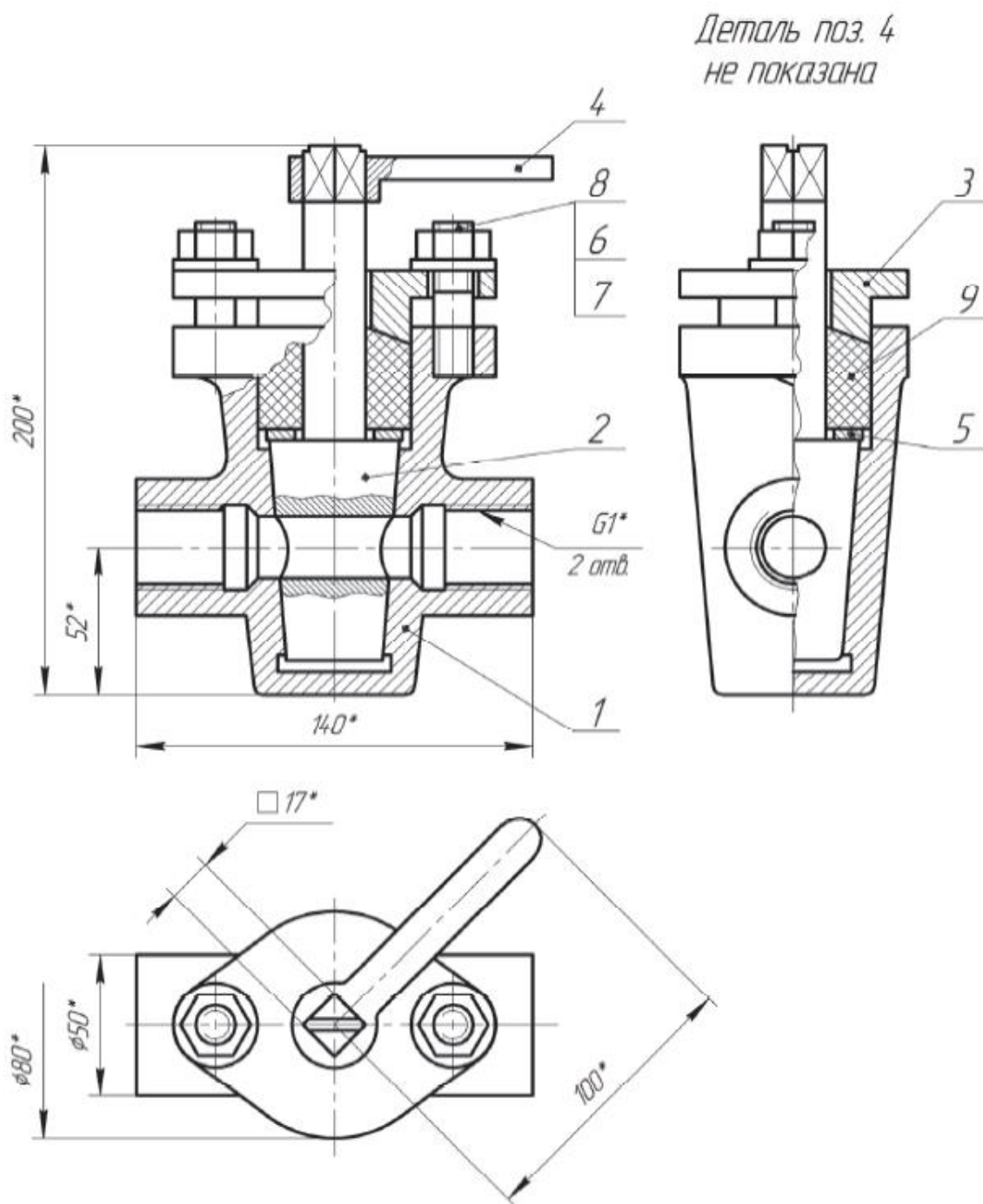


Рисунок А.13 – Кран прохідний

Деталі: 1 – корпус; 2 – пробка; 3 – кришка; 4 – рукоятка; 5 – шайба.

Матеріали деталей: поз. 1, 2, 3, 4 – СЧ 18 ГОСТ 1412-85, деталь поз. 5 – Сталь 3 ГОСТ 380-94.

Кріплення: 6 – Гайка М14,5 ГОСТ 5915-70; 7 – Шайба 14.01 ГОСТ 11371-78; 8 – Шпилька М14×40,58 ГОСТ 22034-76.

Ущільнення: 9 – Шнур азбестовий ШАОН ГОСТ 1779-72.

Варіант № 14

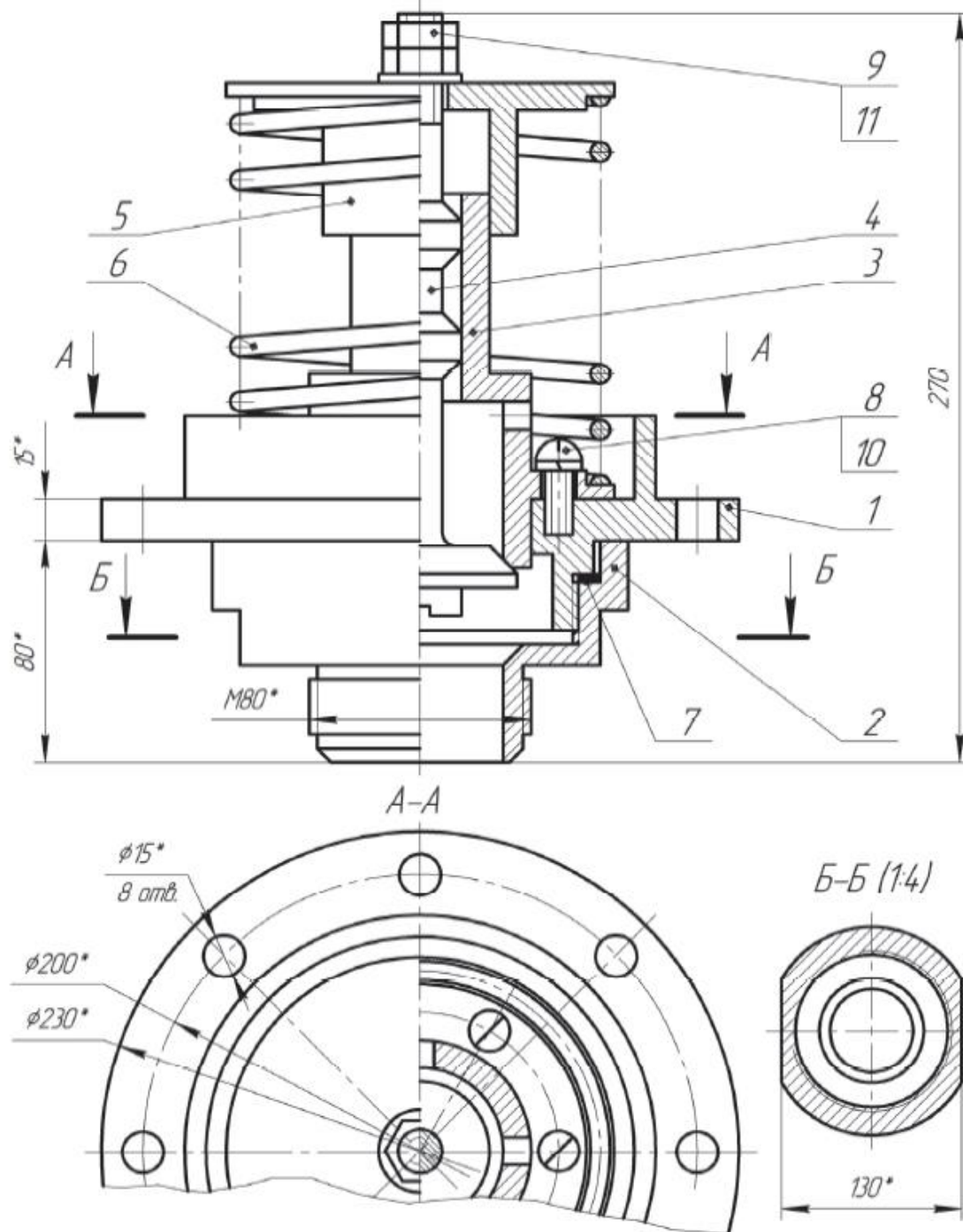


Рисунок А.14 – Клапан повітряний

Деталі: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – сідло; 4 – шток; 5 – гільза; 6 – пружина; 7 – прокладка.

Матеріал деталей: 1, 2, 5 – Сталь 3 ГОСТ 380-94; 3 – БрОЗЦ12С5 ГОСТ 613-79; 4 – Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Кріплення: 8 – Гвинт М10×22,58 ГОСТ 17473-72, 9 – Гайка М16,5 ГОСТ 5915-70, 10 – Шайба 10 65Г ГОСТ 6402, 11 – Шайба 16.01 ГОСТ11371-78.

Варіант № 15

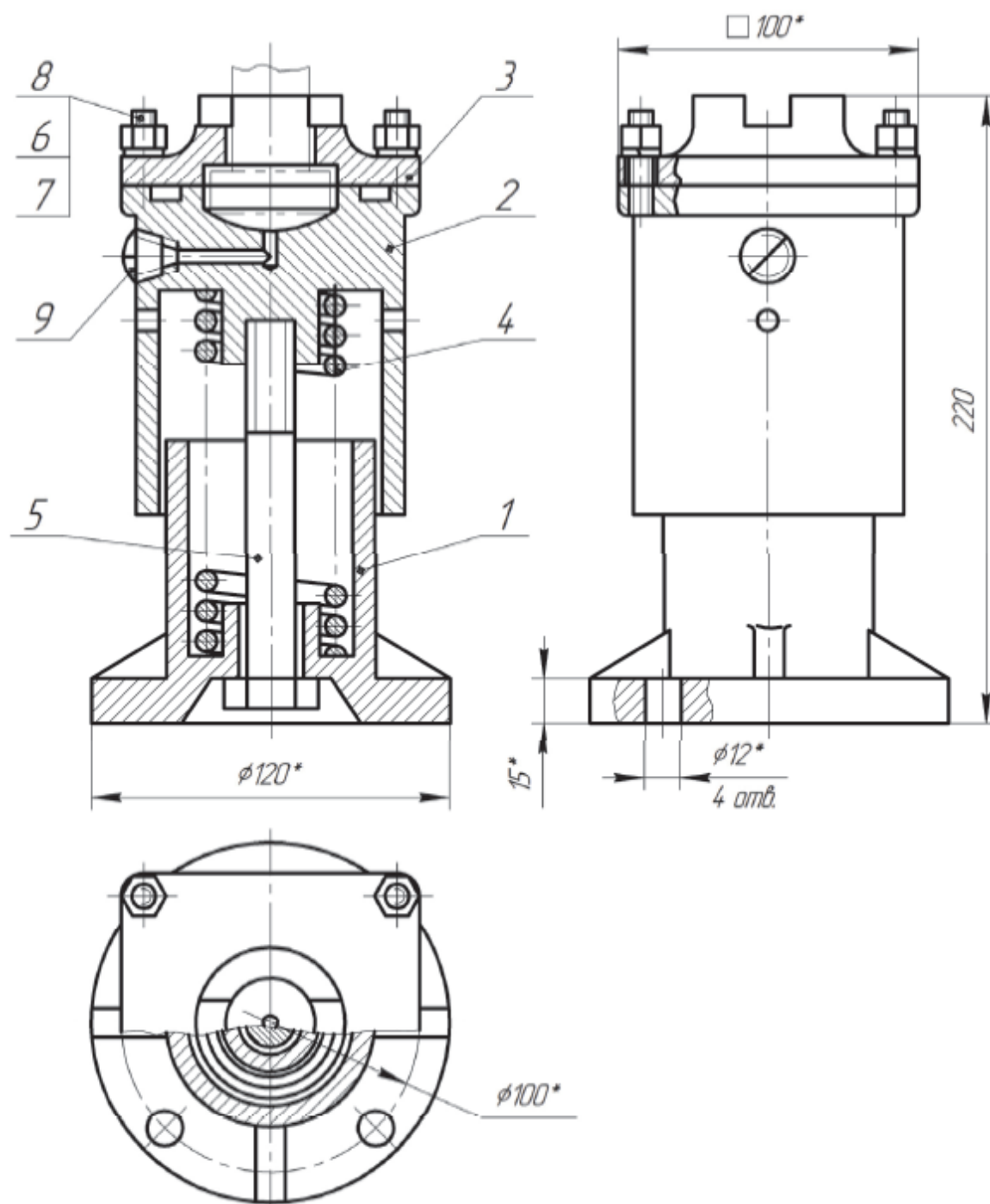


Рисунок А.15 – Амортизатор пружинний

Деталі: 1 – нижній корпус; 2 – верхній корпус; 3 – кришка; 4 – пружина.

Матеріали деталей: 1, 2, 3 – Сталь 20 ГОСТ 1050-88; 4 – Сталь 65Г ГОСТ 1050-88.

Кріплення: 5 – Болт М16×120,58 ГОСТ 7798-70; 6 – Гайка М8,5 ГОСТ 5915-70; 7 – Шайба 8 65Г ГОСТ 6402; 8 – Шпилька М8×25,58 ГОСТ 22034-76; 9 – Пробка КГ 3/8 ГОСТ 12721-67.

Варіант № 16

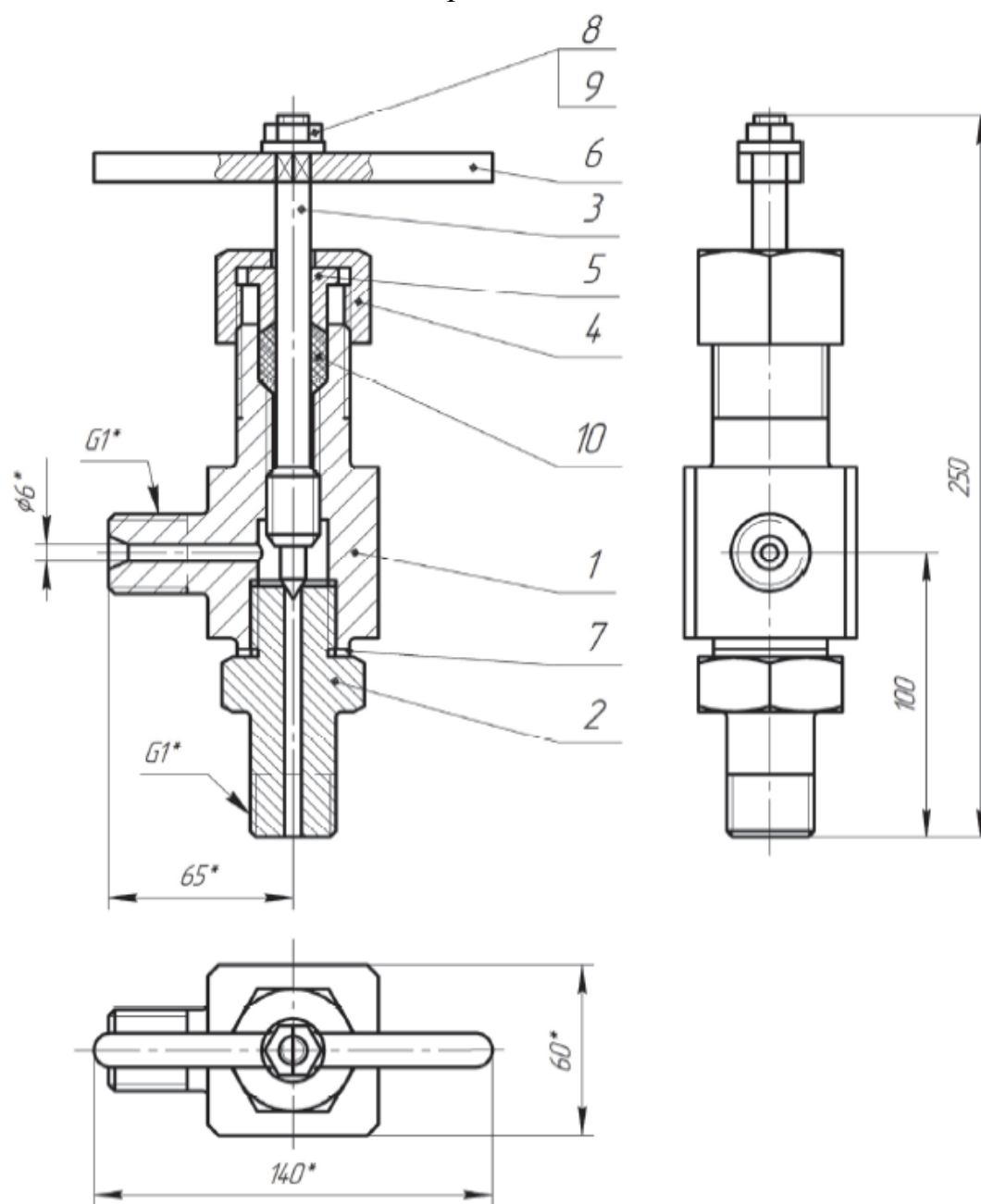


Рисунок А.16 – Вентиль кутовий

Деталі: 1 – корпус; 2 – штуцер; 3 – шток; 4 – гайка; 5 – гільза; 6 – ручка; 7 – прокладка.

Матеріали деталей: 1, 4, 6 – СЧ 18 ГОСТ 1412-85; 2, 3, 5 – Сталь 20 ГОСТ 1050-88.

Кріплення: 8 – Гайка М10,5 ГОСТ 5915-70; 9 – Шайба 10.01 ГОСТ 11371-78.

Ущільнення: 10 – Шнур азбестовий ШАОН ГОСТ 1779-72.

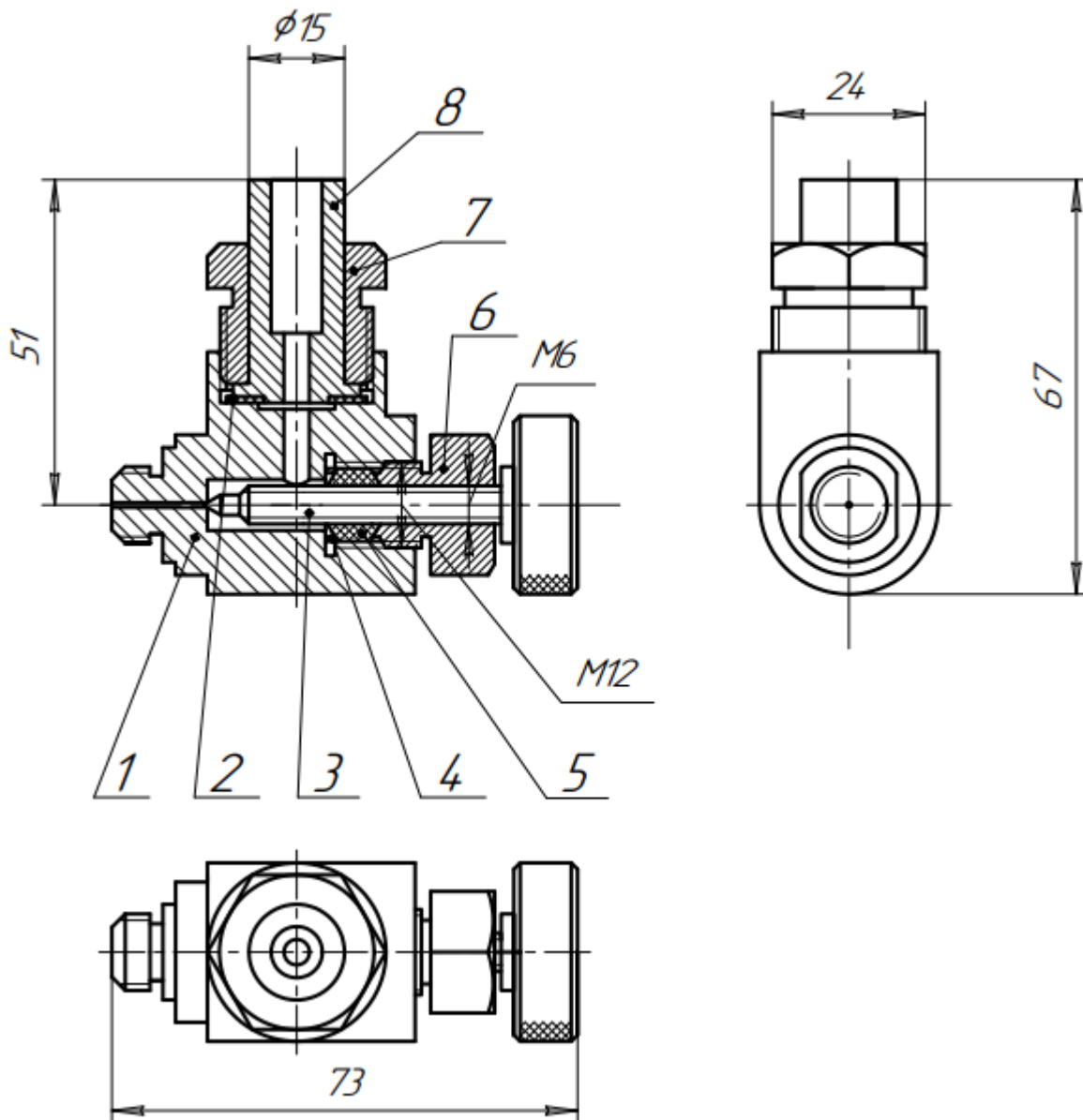


Рисунок А.17 – Кран кутовий

Деталі: 1 – корпус; 2 – прокладка; 3 – шпindel; 4 – кільце; 5 – прокладка; 6 – втулка натискна; 7 – втулка натяжна; 8 – втулка.

Матеріали деталей: 1 – Ст 5 ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380-2005; 2 – Гума ГОСТ 7338-90; 3 – Сталь 45 ДСТУ 7809:2008; 4 – Ст 0 ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380-2005; 5 – Азбест АП ГОСТ 5152-77; 6 – Ст 6 ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380-2005; 7, 8 – Ст 3 ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380-2005.

Варіант № 18

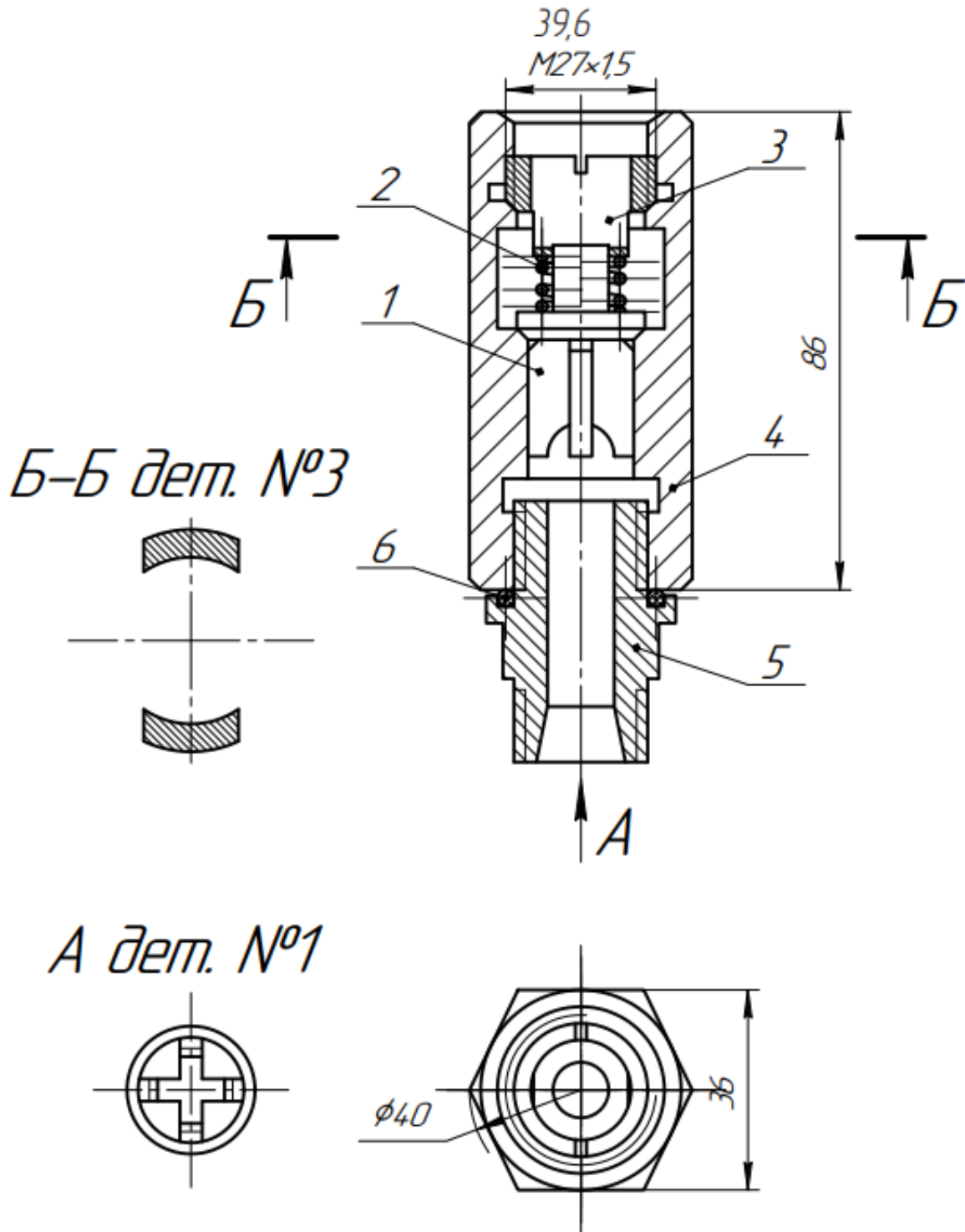


Рисунок А.18 – Клапан зворотний

Деталі: 1 – клапан; 2 – пружина; 3 – упор; 4 – корпус; 5 – втулка.

Матеріали деталей: 1 – Бр.ОСЦ6-6-6 ГОСТ 5017-2006; 2 – Дріт І-ІІ-1,4 ГОСТ 9389-75; 3,4, 5 – Ст 3 ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380-2005.

Стандартний виріб: 6 – Кільце 018-022- 20-2-4 ГОСТ 9833-73.

Варіант № 19

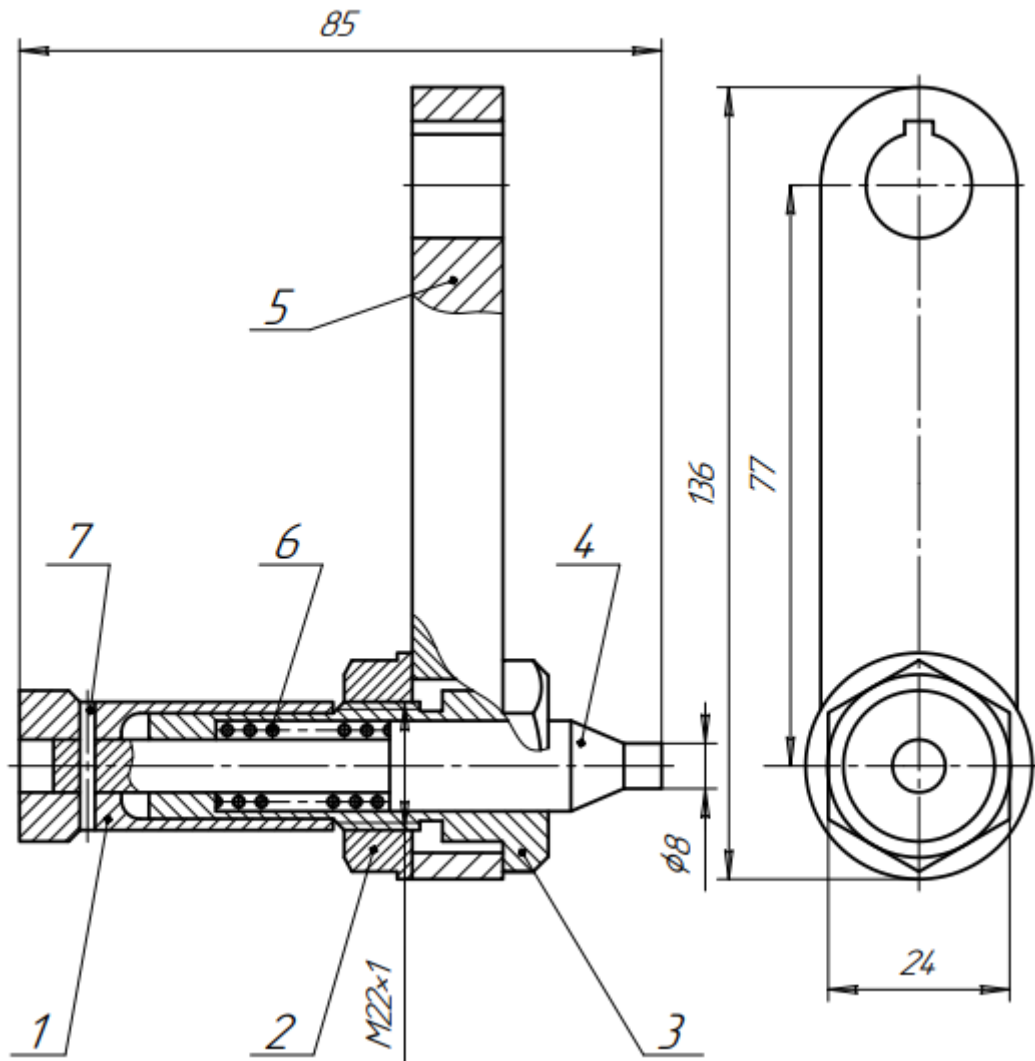


Рисунок А.19 – Ручка фіксатора

Деталі: 1 – ручка; 2 – гайка притискна; 3 – втулка; 4 – палець фіксатора; 5 – рукоятка; 6 – пружина.

Матеріали деталей: 1 – СЧ 18 ГОСТ 1412-85; 2 – Сталь 40 ДСТУ 7809:2008; 3 – Сталь 50 ДСТУ 7809:2008; 4 – Сталь 45 ДСТУ 7809:2008; 5 – СЧ 18 ГОСТ 1412-85; 6 – Дріт I-II-1,4 ГОСТ 9389-75.

Елемент кріплення: 7 – Штифт 5Гх30 ГОСТ 3128-88.

Варіант № 20

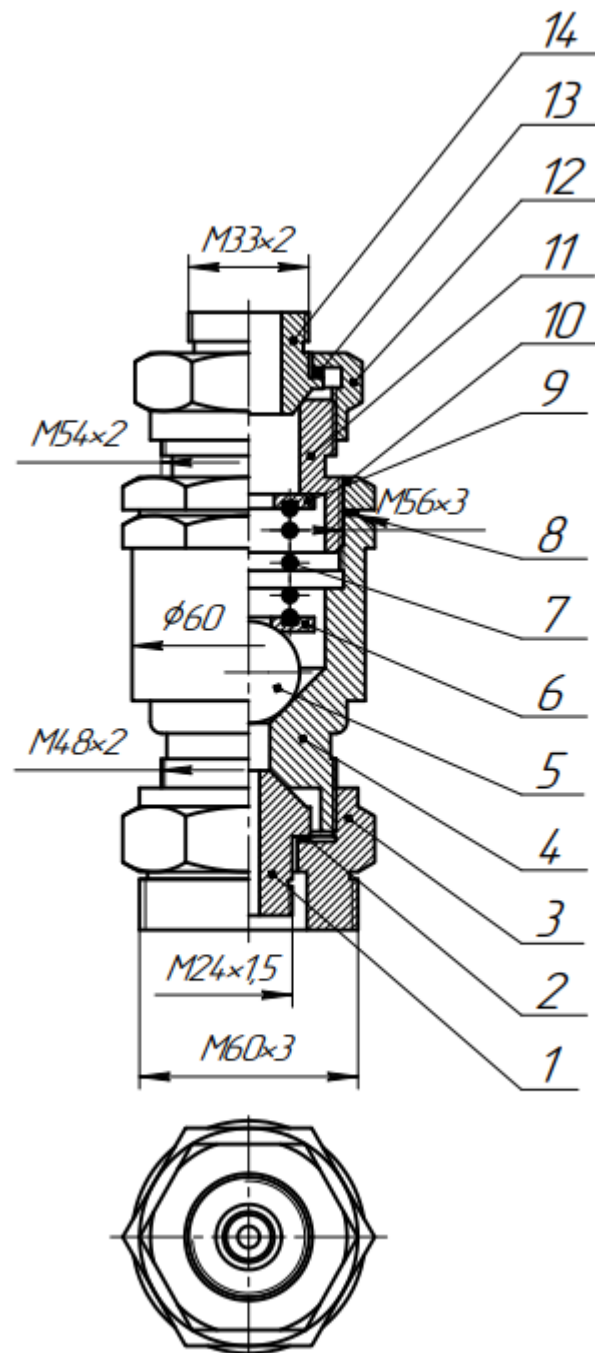


Рисунок А.20 – Клапан запобіжний

Деталі: 1 – ніпель; 2 – прокладка; 3 – гайка; 4 – корпус клапана; 5 – кулька; 6 – кільце упорне; 7 – пружина; 8 – прокладка; 9 – кільце; 10 – контргайка; 11 – втулка; 12 – гайка накидна; 13 – прокладка; 14 – ніпель.

Матеріали деталей: 1, 5, 10, 12 – Ст 5 ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380-2005; 2, 8, 13 – Ф-4, сорт1 ГОСТ 10007-72; 3, 4, 6, 9, 14 – Ст 3 ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380-2005; 7 – Дріт I-II-2 ГОСТ 9389-80; 11 – Ст 4 ДСТУ 2651:2005/ГОСТ 380-2005.

*Навчальне електронне видання
комбінованого використання.
Можна використовувати в локальному та мережному режимах*

**Олександр Васильович Поліщук,
Андрій Валентинович Слабкий,
Віталій Олександрович Кудраш**

**Практикум
з дисципліни
«Комп'ютерно-інтегровані технології
проектування машинобудівного обладнання»
для здобувачів вищої освіти зі спеціальності
133 «Галузеве машинобудування»**

Практикум

Рукопис оформив *О. Поліщук*

Редактор *Т. Старічек*

Оригінал-макет виготовила *Т. Старічек*

Підписано до видання 23.10.2024 р.
Гарнітура Times New Roman.
Зам. № P2024-159.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
press.vntu.edu.ua;
[Email: irvc.vntu@gmail.com](mailto:irvc.vntu@gmail.com)
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.