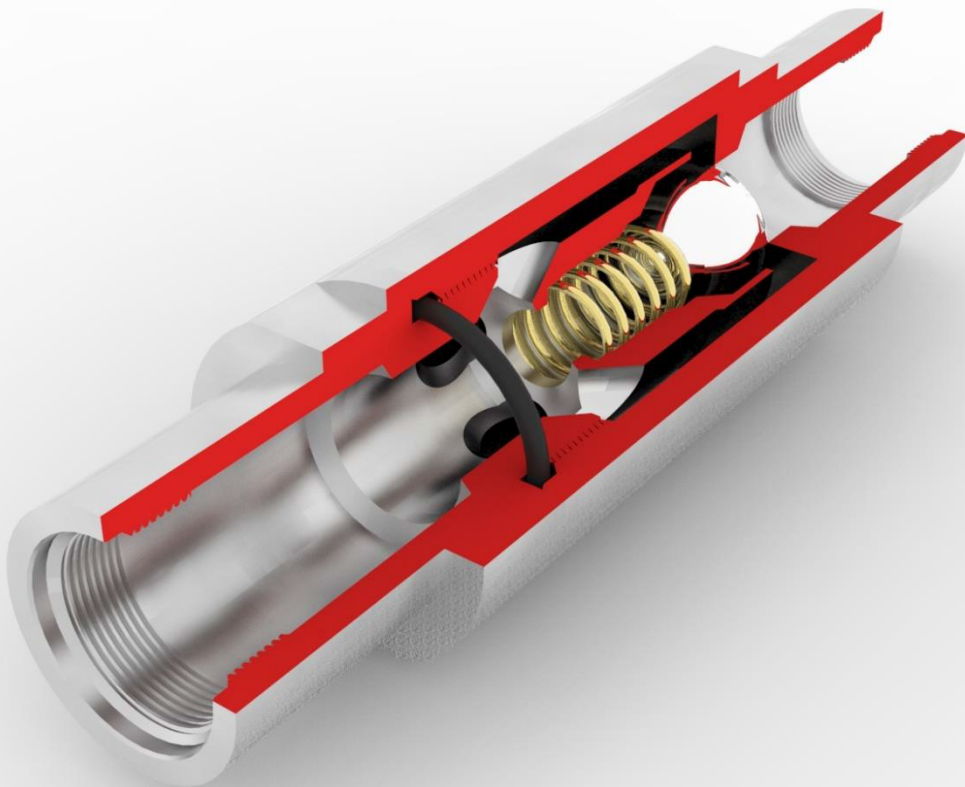


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Л. К. Лістовщик

ОСНОВИ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОГРАМІ SOLIDWORKS ЧАСТИНА 1



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

ОСНОВИ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОГРАМІ SOLIDWORKS ЧАСТИНА 1

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра
за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних
комплексів»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Укладач: Л. К. Лістовщик

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2023

Рецензент *Городецький В. Г., к.ф.-м.н, доц.,
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

Відповідальний
редактор *Мейта О. В., к.т.н., доц.*

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 8 від 02.06.2023 р.)
за поданням Вченої ради навчально-наукового інституту
енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол № 7 від 25.04.2023 р.)*

Навчальний посібник, містить шість розділів, інформація з яких допоможе освоїти роботу в SolidWorks за найкоротший час і має на меті розширити та доповнити лекційний матеріал спеціалізованою інформацією з упором на практичні завдання. Кожний розділ містить докладний алгоритм побудови об'єкту та посилання на відеоматеріал, де студенти можуть уточнити та закріпити отриману інформацію. Розділи закінчуються завданнями для самостійного опрацювання.

Інформація викладена на українській та англійській мовах, що дає змогу розширити аудиторію опановувачів програми ще й іноземними студентами, які знають англійську мову.

Посібник призначений для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форми навчання, та всіх, хто зацікавлений в опануванні автоматизованого проектування інженерних об'єктів в середовищі SolidWorks.

Реєстр. № НП 22/23-697. Обсяг 1,8 авт. арк.

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

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

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023

ЗМІСТ

	с.
1 Принцип побудови об'єктів у SolidWorks	4
2 Створення ескізу.....	7
3 Створення простої 3D деталі.....	28
4 Створення моделі деталі методом обертання контуру навколо вісі.....	33
5 Розробка тривимірної моделі складної деталі.....	39
6 Створення збірки деталей.....	53
7 Основи створення креслень.....	64
Література.....	70

1. ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ОБ'ЄКТІВ У SOLIDWORKS

1. THE PRINCIPLE OF CREATING OBJECTS IN SOLIDWORKS

Зазвичай в програмі SolidWorks створюються тривимірні об'єкти. Процес створення таких об'єктів відповідає певному алгоритму (рис 1). Як правило, спочатку в шаблоні «Деталь» на площині будується двовимірний контур (ескіз в 2D), далі з ескізу створюється тривимірна деталь. Кожна тривимірна деталь зберігається в окремий файл. Набір таких деталей можна з'єднати у збірку в шаблоні «Збірка». Креслення створюються за допомогою шаблону «Креслення», причому в шаблон можуть експортуватись як деталі, так і збірки деталей.

Typically, 3D objects are created in SolidWorks. The process of creating such objects corresponds to a certain algorithm (Fig. 1). First a two-dimensional contour (sketch in 2D) is built on the plane in the Part template, then a three-dimensional detail is created from the sketch. Each three-dimensional part is saved in a separate file. A set of such parts can be assembled into an assembly in the Assembly template. Drawings are created using the Drawings template, and the template can export both parts and assemblies of parts.

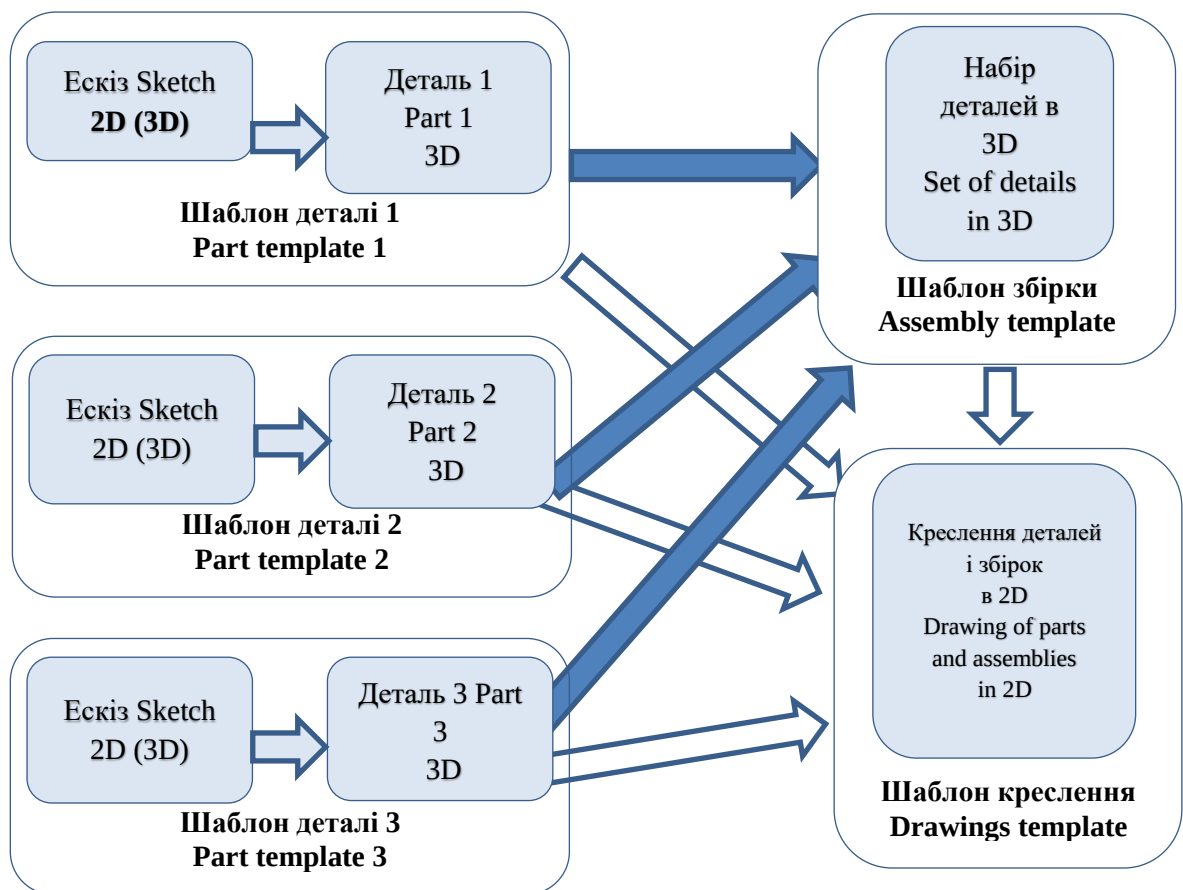


Рис. 1.1. Принцип побудови об'єктів в програмі
Fig. 1.1. The principle of building objects in the program

Після запуску програми у верхньому лівому кутку будуть активні декілька значків, основними з яких є:

-  - домашня сторінка програми (Welcome to SolidWorks);
-  створення нового файлу (New);
-  відкриття створеного раніше файлу (Open);
-  збереження файлу, або збереження змін у поточному файлі (Save);

-  друкування файлу (Print);
-  відміна останньої (останніх) команд(и) (Undo);
-  перебудовування об'єкту після зміни її параметрів (Rebuild);
-  властивості файлу (File Properties);
-  налаштування (Options).

Щоб почати роботу в програмі, необхідно натиснути на створення нового файлу та запустити один з трьох шаблонів – Деталь (Part), Збірка (Assembly) або Креслення (Drawing) (рис. 1.2):

To start working in the program, you need to click on creating a new file and launch one of three templates - Part, Assembly or Drawing (fig. 1.2):

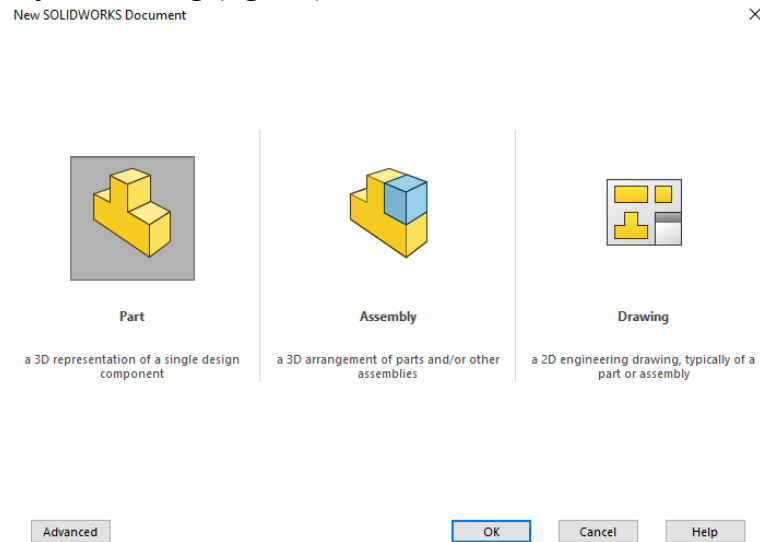


Рис. 1.2. Стартове вікно

Fig. 1.2. Start window

Після вибору шаблону, наприклад шаблон «Деталь», відкриється інтерфейс користувача SolidWorks (рис. 1.3):

After selecting a template, such as the Part template, the SolidWorks user interface will open (fig. 1.3):

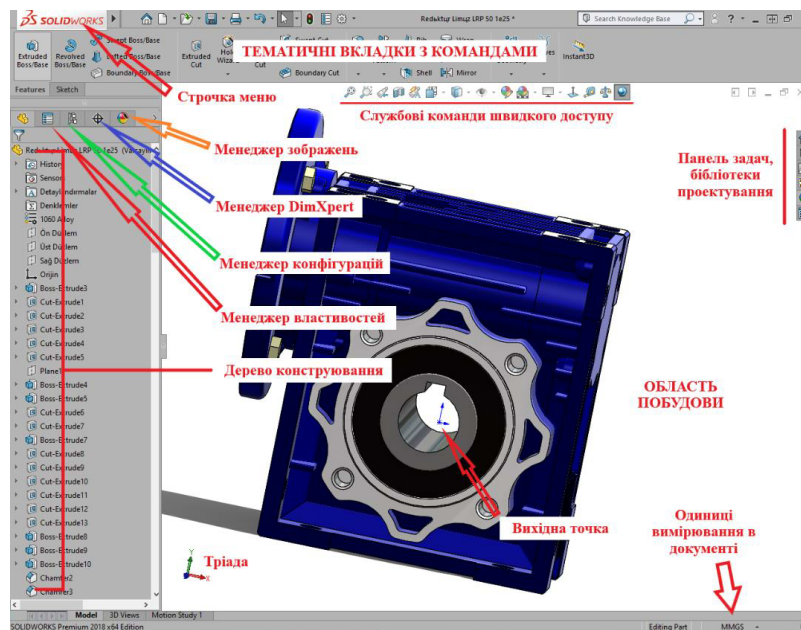


Рис. 1.3. Інтерфейс користувача

Fig. 1.3. User interface

Основними елементами робочого інтерфейсу (рис. 1.3) є область побудови – тривимірний простір для створення деталей, бокова панель з деревом конструювання, менеджером властивостей команди або об'єкту, менеджером конфігурацій, менеджером простановки розмірів та менеджером зовнішнього вигляду зображень. У верхній частині знаходиться область тематичних вкладок з командами. Зазвичай команди об'єднані у вкладки за їх функціональними призначенням. Команди швидкого доступу знаходяться згори, під вкладками і містять команди, які актуальні для будь-якого режиму – режим створення або редагування ескізу, тривимірної деталі або збірки, тощо. Типовими командами швидкого доступу є збільшення зображення певної ділянки, менеджер видів, розріз, зовнішній вигляд та ін.

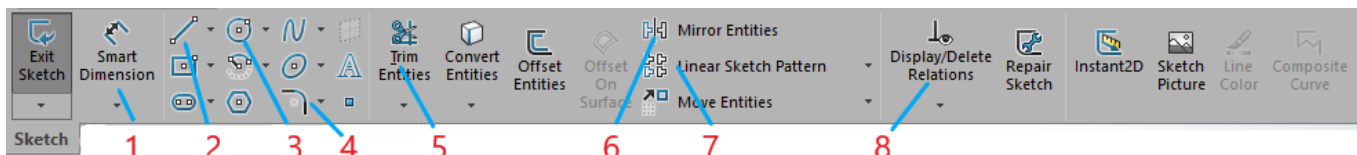
The main elements of the work interface (Fig. 1.3) are the construction area - a three-dimensional space for creating details, a side panel with a construction tree, a command or object properties manager, a configuration manager, a dimensioning manager, and an image appearance manager.

In the upper part there is an area of thematic tabs with commands.

Usually, commands are grouped into tabs according to their functional purpose. The quick access commands are located above, under the tabs and contain commands that are relevant for any mode - the mode of creating or editing a sketch, three-dimensional part or assembly, etc. Typical quick access commands are zooming in on the image of a certain area, view manager, section, appearance, etc.

2. СТВОРЕННЯ ЕСКІЗУ 2. CREATING A SKETCH

2.1. Основні відомості про створення ескізу 2.1. Basic information about creating a sketch



Необхідні команди:

Required commands:

- 1 – Smart Dimension – автоматична проставлення розмірів для уточнення геометричних параметрів ескізу;
- 2 – Line – створення суцільної лінії і ліній допоміжної геометрії;
- 3 – Circle – створення кола по центру і радіусу та по периметру;
- 4 – Sketch Fillet – заокруглення кутів;
- 5 – Trim Entities – відрізання зайвих частин елементів ескізу;
- 6 – Mirror Entities – відображення елементів ескізу відносно прямої;
- 7 – Circular Sketch Pattern – круговий масив елементів ескізу;
- 8 – Display/ Delete Relations -> Add Relations – додавання взаємозв'язків вручну.

Як правило, створення будь-якого об'єкту в SolidWorks починається зі створення ескізу. Ескіз може бути двовимірний та тривимірний (для зварних конструкцій, лопатей гребних гвинтів, вітрогенераторів, тощо). Створення ескізу відбувається на певній площині або на плоскій грані деталі. Після вибору площини або грані необхідно вибрати одну з команд створення графічних примітивів (лінія, коло, прямокутник, тощо). Далі необхідно ескіз визначити відносно вихідної точки за допомогою проставки розмірів та створення взаємозв'язків (паралельність, перпендикулярність, дотичність та ін.) між елементами ескізу та базовою точкою. Необхідною ознакою вірно створеного ескізу є його *визначеність*, тобто ескіз має необхідну і достатню кількість розмірів і взаємозв'язків відносно вихідної точки (недовизначений ескіз має елементи, позначені синім кольором, повністю визначений контур ескізу має чорний колір).

Декілька слів про взаємозв'язки. Приклад створення ескізу без взаємозв'язків та з використанням взаємозв'язків показано на рис. 2.1. Наприклад, необхідно створити дві паралельні лінії однакової довжини під певним кутом до горизонту. В першому випадку починаємо з нижньої лінії. Її треба визначити, тобто прив'язати один з її кінців до базової точки за допомогою вертикального розміру (10

Usually, creating any object in SolidWorks starts with creating a sketch. The sketch can be two-dimensional and three-dimensional (for welded structures, propeller blades, wind generators, etc.). Creating a sketch takes place on a certain plane or on a flat face of the part. After selecting a plane or face, you need to select one of the commands for creating graphic primitives (line, circle, rectangle, etc.). Next, it is necessary to determine the sketch relative to the starting point by means of setting dimensions and creating relations (parallelism, perpendicularity, tangent, etc.) between elements of the sketch and the base point.

A necessary feature of a correctly created sketch is its *determination*, that is, the sketch has the necessary and sufficient number of dimensions and relationships relative to the starting point (an uncertain sketch has elements marked in blue, a fully defined outline of the sketch is black).

A few words about relations. An example of creating a sketch without relations and with the use of relations is shown in Fig. 2.1. For example, it is necessary to create two parallel lines of the same length at a certain angle to the horizon. In the first case, we start from the bottom line. It must be defined, that is, one of its ends must be tied to the base point using a vertical dimension (10 mm) and a horizontal dimension (6 mm) for both lines. Next, you need to specify the length of the lines (25 mm) and their slope (12 mm vertically). 20 mm should be set aside before the beginning of the upper line.

мм) та горизонтального розміру (6 мм) для обох ліній. Далі треба вказати довжини ліній (25 мм) та їх нахил (12 мм по вертикалі). 20 мм треба відкласти до початку верхньої лінії. Чорний колір ліній свідчить про те, що вони визначені відносно вихідної точки. З використанням взаємозв'язків визначення ліній відбувається набагато простіше. По-перше, при створенні нижньої лінії її початок треба прив'язати до вихідної точки (взаємозв'язок 1 «Coincident»), далі, за допомогою взаємозв'язку «Vertical» вирівнюється початок верхньої лінії відносно початку нижньої (взаємозв'язок 2). Третім етапом (взаємозв'язок 3) забезпечується паралельність ліній «Parallel», а взаємозв'язок 4 «Equal length» дозволяє зробити довжини ліній однаковими.

The black color of the lines indicates that they are defined relative to the starting point. With the use of relations, defining lines is much easier. First, when creating the lower line, its beginning must be tied to the starting point (interaction 1 "Coincident"), then, using the "Vertical" interaction, the beginning of the upper line is aligned relative to the beginning of the lower one (interaction 2). The third stage (connection 3) ensures the parallelism of the "Parallel" lines, and the connection 4 "Equal length" allows you to make the lengths of the lines the same.

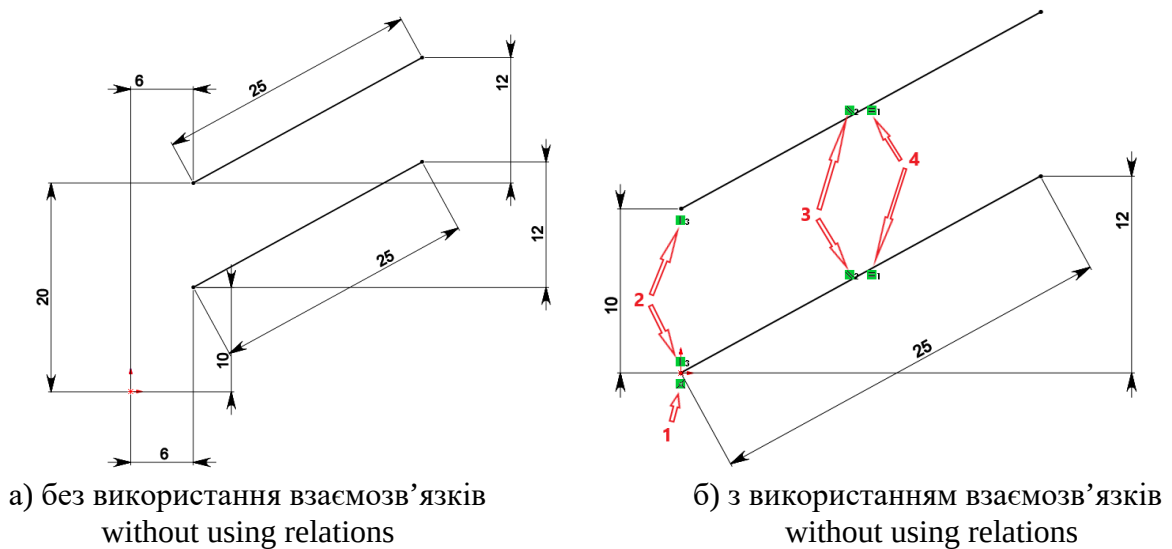


Рис. 2.1. Варіанти створення ескізу
Fig. 2.1. Options for creating a sketch

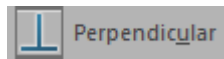
Отже, використання взаємозв'язків значно скорочує час на визначення контурів ескізу. Зазвичай, для визначення ескізу, використовуються і розміри і взаємозв'язки. Основні типи взаємозв'язків наведені в таблиці 2.1.

Therefore, the use of relationships significantly reduces the time for defining sketch contours. Usually, dimensions and relationships are used to define a sketch. The main types of relationships are shown in the table 2.1.

Таблиця 2.1

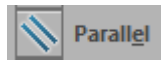
Основні типи взаємозв'язків
The main types of relations

Позначення Marking	Призначення Function
 Horizontal	Вирівнювання точок, центрів дуг або ліній по горизонталі Horizontal alignment of points, centers of arcs or lines
 Vertical	Вирівнювання точок, центрів дуг або ліній по вертикалі Vertical alignment of points, centers of arcs or lines
 Collinear	Вирівнювання відрізків колінеарно один до одного Alignment of segments collinear to each other



Perpendicular

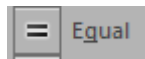
Вирівнювання відрізків перпендикулярно один до одного
Alignment of segments perpendicular to each other



Parallel

Вирівнювання відрізків паралельно один одному

Alignment of segments parallel to each other



Equal

Створення однакових об'єктів (однакові довжини відрізків, однакові радіуси кіл, тощо)

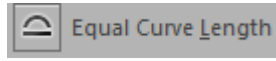
Creating identical objects (equal segment lengths, identical circle radii, etc.)



Tangent

Створення дотичності між об'єктами

Creating tangent between objects



Equal Curve Length

Створення однакової довжини кіл або дуг

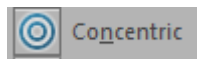
Creating equal length circles or arcs



Concordial

Створення однакових радіусів кіл або дуг

Creation of equal radii of circles or arcs



Concentric

Створення співпадіння центрів кіл або дуг

Creation of coincidence of the centers of circles or arcs



Fix

Фіксування об'єкту в поточній позиції

Locking the object in the current position

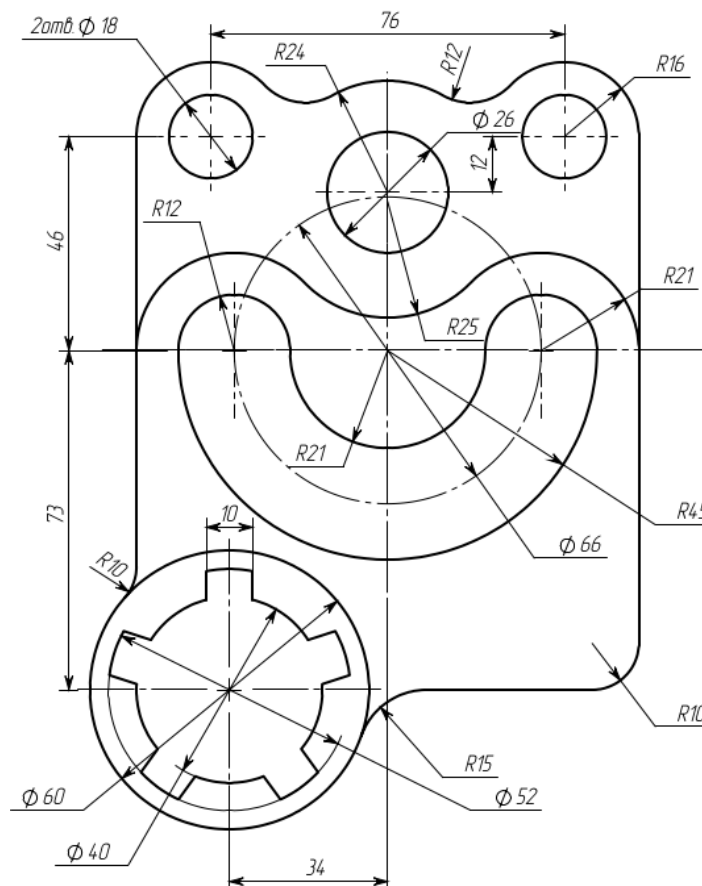
Створення ескізу завжди відбувається по одному й тому ж алгоритму:

- вибір необхідного плоского об'єкту для подальшої роботи (площина або плоска грань деталі);
- виставлення вибраної площини або грані перпендикулярно погляду користувача за допомогою команди "Normal To" (Перпендикулярно):
- вибір на вкладці Sketch (Ескіз) необхідного інструменту для створення графічного примітиву (лінія, коло, дуга, тощо);
- проставляння взаємозв'язків та розмірів з метою визначення елементів ескізу відносно вихідної точки;
- вихід з режиму редагування ескізу з його збереженням.

Creating a sketch always follows the same algorithm:

- selection of the necessary flat object for further work (plane or flat face of the part);
- setting the selected plane or face perpendicular to the user's view using the "Normal To" command (Perpendicular): ;
- selection on the Sketch tab of the necessary tool for creating a graphic primitive (line, circle, arc, etc.);
- establishing relationships and dimensions in order to determine sketch elements relative to the starting point;
- exit from sketch editing mode and save it.

Завдання: створити в ескізі нижченаведений контур
Task: create the following contour in the sketch



Алгоритм побудови
Creation algorithm

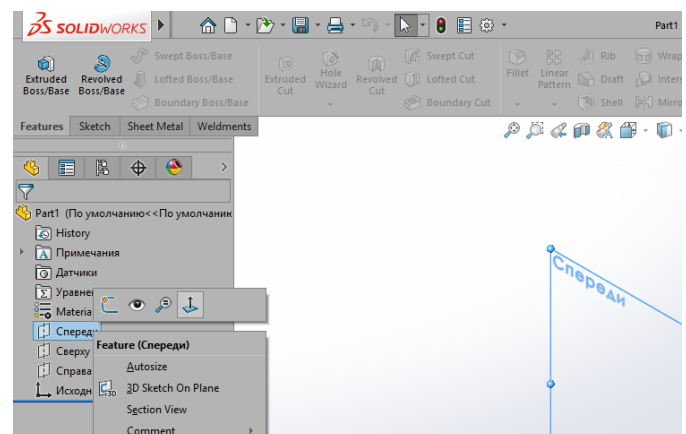
2.2. Вибір площини

Щоб створити новий ескіз, необхідно вибрати одну з трьох базових площин в дереві конструювання. Вибираємо будь-яку площину, наприклад першу в списку і встановлюємо її перпендикулярно на екрані, натиснувши ПКМ на необхідну площину і вибравши із контекстного меню іконку "Normal To" (Перпендикулярно):



Selection of the plane

To create a new sketch, you need to select one of the three base planes in the design tree. Select any plane, for example the first one in the list, and set it perpendicular to the screen by right-clicking on the required plane and selecting the "Normal To" icon from the context menu

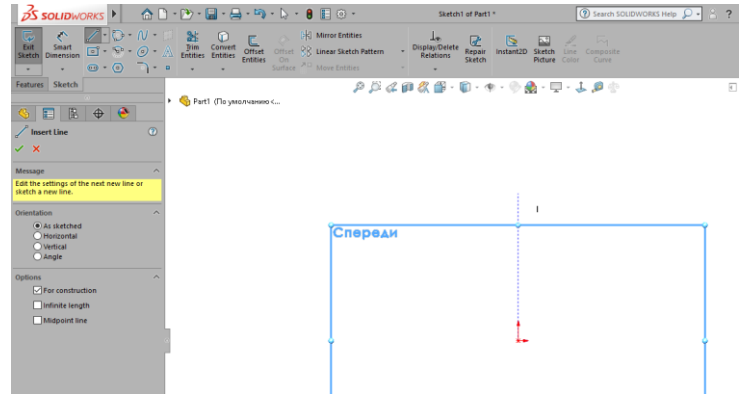


2.3. Створення осьової вертикальної лінії

Із випадального меню необхідно вибрати Line –> Center Line. Програма входить в режим побудови лінії. Підведіть курсор над базовою точкою так, щоб програма провела вертикальну пунктирну лінію, яка позначає збіг поточної позиції курсора і нульової точки по вертикалі.

Creating an axial vertical line

From the drop-down menu, select Line -> Center Line. The program enters the line construction mode. Move the cursor over the base point so that the program draws a vertical dotted line that marks the coincidence of the current position of the cursor and the zero point vertically.



2.4. Другий клік зробить знизу базової точки.

Створена вертикальна лінія проходить через початок координат. Програма автоматично створила два взаємозв'язки: "Vertical" (лінія вертикальна) і "Coincident" (лінія співпадає з початком координат).

Make a second click on the bottom of the base point.

The created vertical line passes through the origin of the coordinates. The program automatically created two relations: "Vertical" (the line is vertical) and "Coincident" (the line coincides with the initial coordinate).

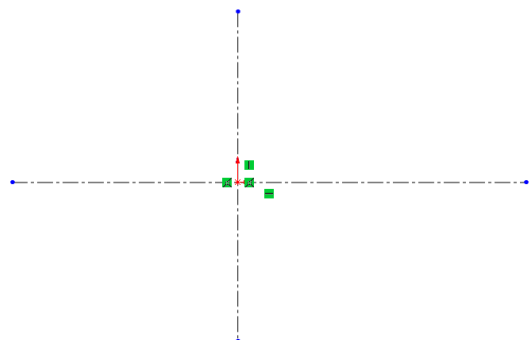


2.5. Створіть горизонтальну лінію, користуючись попередніми рекомендаціями.

В результаті отримано дві перпендикулярні осьові лінії, точка перетину яких співпадає з початковою точкою і які є допоміжною геометрією в побудові геометричного контуру.

Create a horizontal line using the previous recommendations.

As a result, two perpendicular axis lines are obtained, the intersection point of which coincides with the starting point and which is an auxiliary geometry in the construction of a geometric contour.



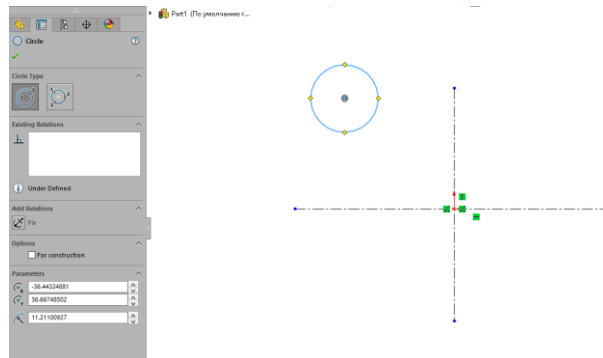
2.6. Створення кола

У верхньому лівому кутку створіть коло будь-якого діаметра з довільними координатами центра кола. Для цього натисніть на панелі інструментів іконку кола "Circle". По замовчуванню Менеджер властивостей вибирає спосіб побудови кола по координатам центру і радіусу:



Creating a circle

In the upper left corner, create a circle of any diameter with arbitrary coordinates of the center of the circle. To do this, click the "Circle" icon on the toolbar. By default, the Properties Manager selects the method of constructing a circle based on the coordinates of the center and radius



2.7. Колір кола є синім, це означає, що ескіз не визначений у просторі відносно базової точки. Тобто, не зафіксований розмірами в певній позиції. Для того, щоб ескіз зробити визначеним, необхідно присвоїти елементам ескизу необхідну кількість розмірів і взаємозв'язків.

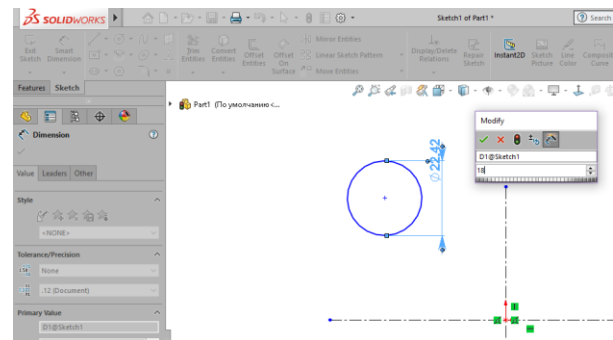
Для того, щоб присвоїти діаметр колу, необхідно натиснути ЛКМ на іконку



"Smart Dimension", далі на саме коло та на місце біля кола, де буде розташована розмірна лінія з розміром.

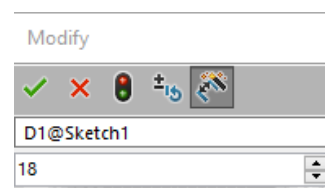
The color of the circle is blue, which means that the sketch is not defined in space relative to the base point. That is, not fixed by size in a certain position. In order to make the sketch defined, it is necessary to assign the required number of sizes and relationships to the elements of the sketch.

In order to assign the diameter of the circle, you need to click the left mouse button on the "Smart Dimension" icon, then on the circle itself and on the place near the circle where the dimension line with the size will be located.



2.8. Програма генерує вікно "Modify", в якому прописаний поточний діаметр кола. Замініть цифри у вікні на 18 і натисніть зелену галочку. Коло змінило свій діаметр на 18 мм.

The program generates a "Modify" window in which the current diameter of the circle is written. Replace the numbers in the window with 18 and click the green check mark. The circle has changed its diameter by 18 mm.

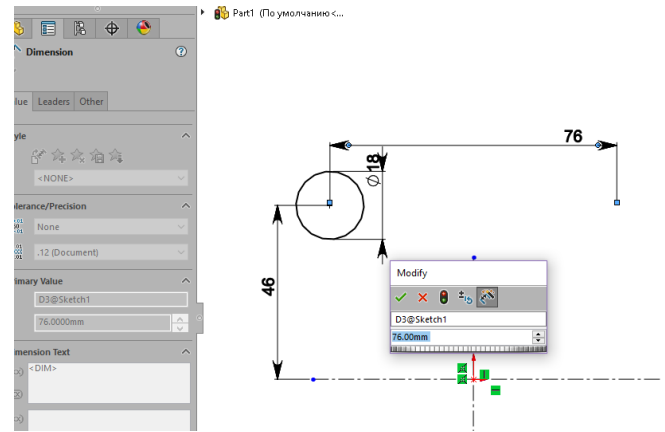


2.9. Далі треба визначити центр кола відносно базової точки. Для цього необхідно проставити вертикальний і горизонтальний розміри за методикою, яка описана вище.

При створенні горизонтального розміру, якщо перенести курсор лівіше вертикальної осевої лінії, то автоматично створиться симетричний відносно осевої розмір 76. В вікні "Modify" виставте необхідні цифри.

Next, it is necessary to determine the center of the circle relative to the base point. To do this, it is necessary to insert the vertical and horizontal dimensions according to the method described above.

When creating a horizontal dimension, if you move the cursor to the left of the vertical axis line, a symmetrical relative to the axis dimension 76 will automatically be created. In the "Modify" window, set the necessary numbers.

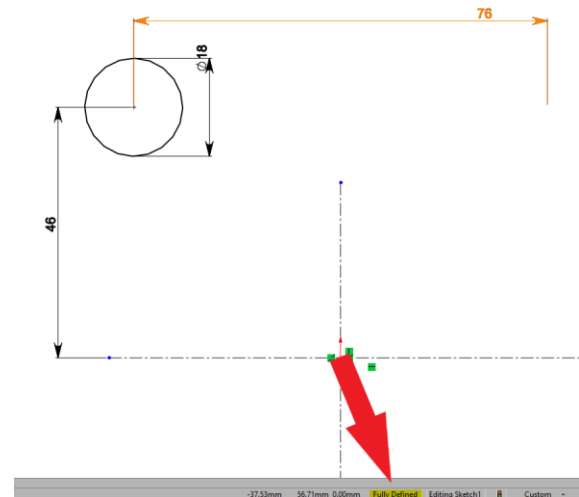


2.10. Ескіз прийняв наступний вигляд.

Коло має чорний колір, а отже його положення в просторі відносно базової точки повністю визначене. Також про повністю визначене відносно базової точки положення кола свідчить напис «Fully Defined».

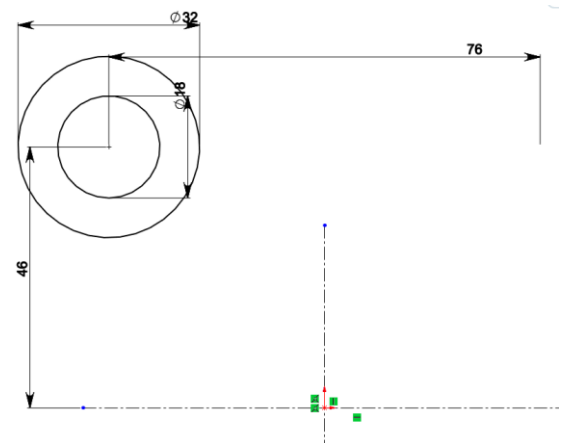
The sketch took the following form.

The circle has a black color, and therefore its position in space relative to the base point is completely defined. The inscription "Fully Defined" also indicates that the position of the circle is completely defined relative to the base point.



2.11. Далі створіть ще одне коло радіусом 16, центр якого співпадає з попередньо створеним колом. Так як програма проставляє замкнутим колам лише діаметри, то присвоїмо колу діаметр $16 \cdot 2 = 32$ мм. Центри обох кіл співпадають, тому при побудові кола необхідно підвести курсор до центра першого кола - програма автоматично запропонує злиття центрів кіл створенням взаємозв'язку "Concident". Так як центр другого кола співпадає з визначеним центром першого кола, то окрім діаметра, інших розмірів проставляти не треба - друге коло є визначеним.

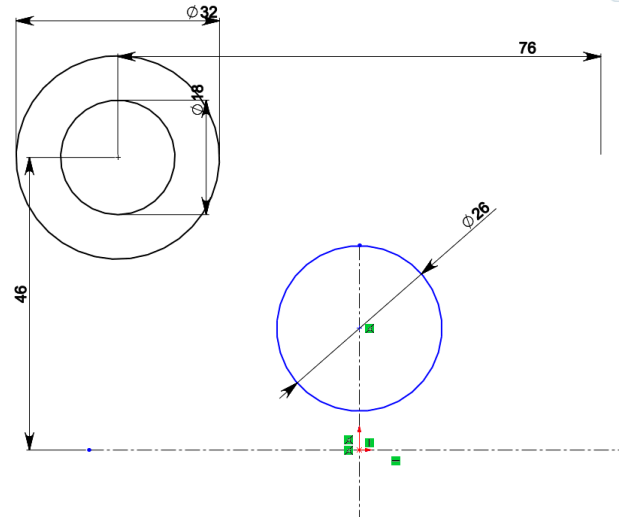
Next, create another circle with a radius of 16, the center of which coincides with the previously created circle. Since the program assigns only diameters to closed circles, we assign a diameter of $16 \cdot 2 = 32$ mm to the circle. The centers of both circles coincide, therefore, when



constructing a circle, it is necessary to bring the cursor to the center of the first circle - the program will automatically offer to merge the centers of the circles by creating a "Coincident" relations. Since the center of the second circle coincides with the determined center of the first circle, there is no need to add other dimensions except the diameter - the second circle is defined.

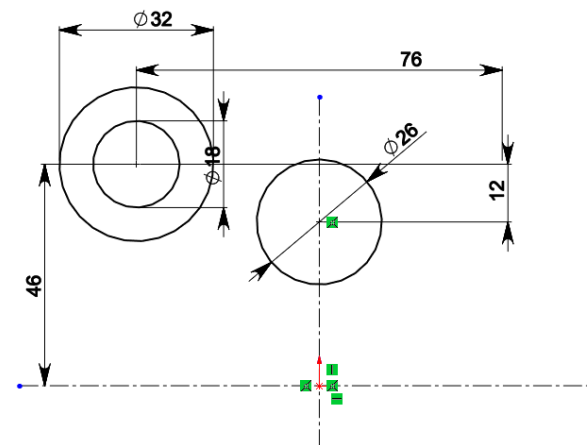
2.12. Створіть ще одне коло діаметром 26 мм. Це коло співпадає з вертикальною осовою лінією. Після натиснення команди побудови кола підведіть курсор до вертикальної лінії, програма автоматично прив'яже центр кола до вертикальної осової лінії.

Create another circle with a diameter of 26 mm. This circle coincides with the vertical axis line. After pressing the circle construction command, bring the cursor to the vertical line, the program will automatically bind the center of the circle to the vertical axis line.



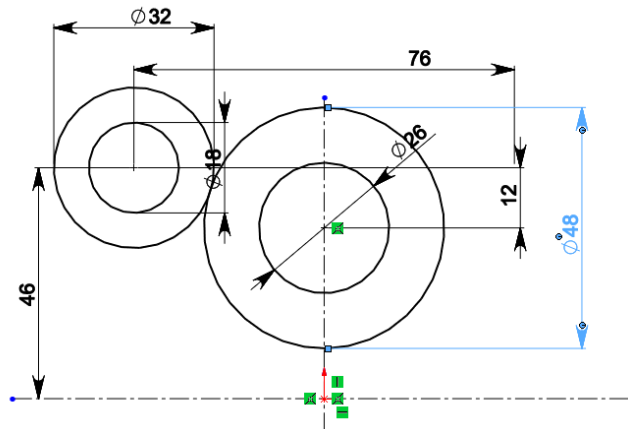
2.13. Додайте вертикальний розмір до кола, щоб зробити його визначеним. (розмір 12 мм).

Add a vertical dimension to the circle to make it defined. (size 12 mm).



2.14. Створіть коло діаметром 48 мм. Центр цього кола повинен співпадати з центром кола діаметром 26 мм.

Create a circle with a diameter of 48 mm. The center of this circle should coincide with the center of the circle with a diameter of 26 mm.

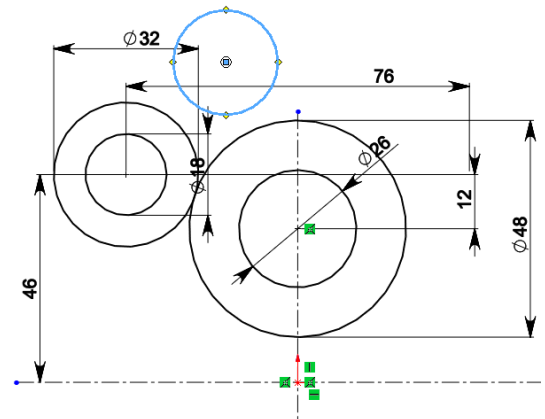


2.15. Створення спряжень певного радіусу

Для створення спряження радіусом 12 мм, створіть коло діаметром $12 \times 2 = 24$ мм над двома колами, які необхідно спрягти. Далі необхідно вручну додати два взаємозв'язки: "Tangent" (дотичність) кола діаметром 24 мм до кола діаметром 32 мм та дотичність кола діаметром 24 мм до кола діаметром 48 мм.

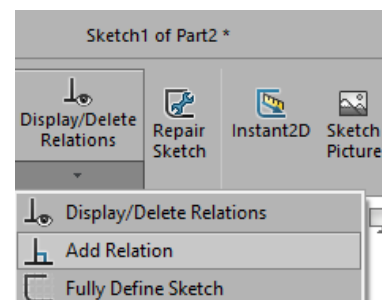
Creation of conjugations of a certain radius

To create a 12mm radius conjugation, create a circle with a diameter of $12 \times 2 = 24$ mm above the two circles to be joined. Next, you need to manually add two ratios: "Tangent" of a circle with a diameter of 24 mm to a circle with a diameter of 32 mm and a tangent of a circle with a diameter of 24 mm to a circle with a diameter of 48 mm.



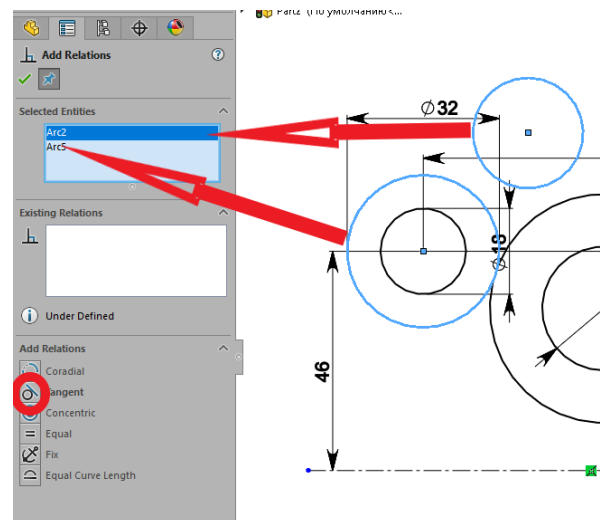
2.16. Для додавання вручну нових взаємозв'язків необхідно натиснути іконку "Display/Delete Relations", і з випадаючого списку вибрати пункт "Add Relations".

To manually add new relationships, click the "Display/Delete Relations" icon and select "Add Relations" from the drop-down list.



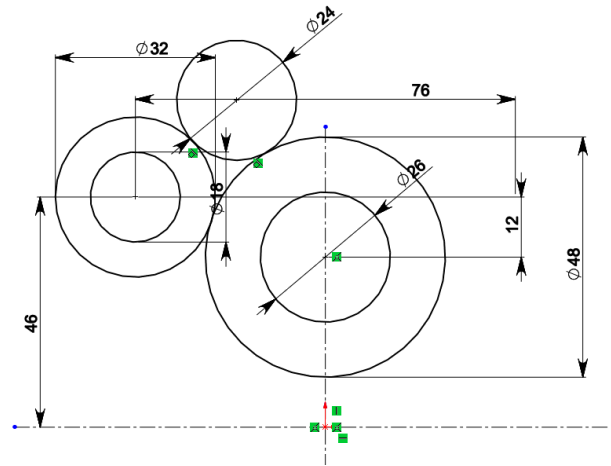
2.17. В менеджері властивостей у вікні "Selected Entities" виберіть пару об'єктів, які необхідно зв'язати. Це кола з діаметрами 24 мм (Arc 2) і 32 мм (Arc 5). У списку нижче "Add Relations" виберіть "Tangent". Коло діаметром 24 мм стане дотичним до кола діаметром 32 мм.

In the property manager, in the "Selected Entities" window, select a pair of objects to be linked. These are circles with diameters of 24 mm (Arc 2) and 32 mm (Arc 5). In the list below Add Relations, select Tangent. A circle with a diameter of 24 mm will become tangent to a circle with a diameter of 32 mm.



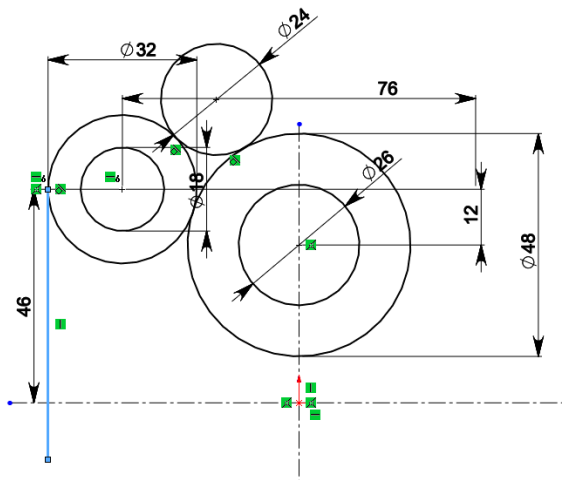
2.18. Такий же алгоритм повторіть для пари кіл з діаметрами 24 мм і 48 мм.

Repeat the same algorithm for a pair of circles with diameters of 24 mm and 48 mm.



2.19. Додайте з лівого боку ескізу вертикальну лінію, початок якої співпадає з колом діаметром 32 мм.

Add a vertical line on the left side of the sketch, the beginning of which coincides with a circle with a diameter of 32 mm.



2.20. Відрізання частин ескізу

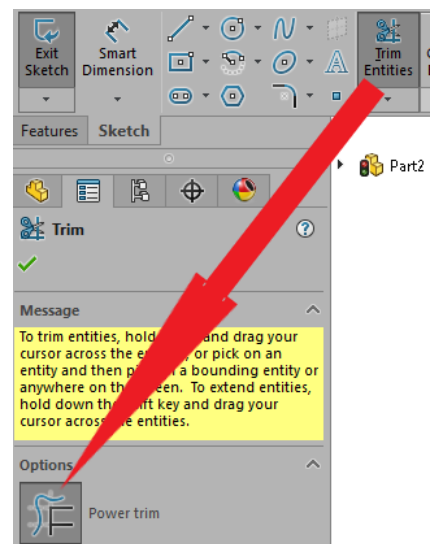
Далі необхідно видалити зайві частини кіл. Для цього треба натиснути на іконку "Trim Entities", а в менеджері властивостей вибрати варіант "Power trim".

Далі натисніть ЛКМ на чистому полі, поруч з тією частиною лінії, яку треба видалити, і, не відпускаючи ЛКМ протягніть курсор через лінію, яка відрізається. Програма автоматично видаляє частину лінії до перетину її з іншими лініями.

Cutting parts of a sketch

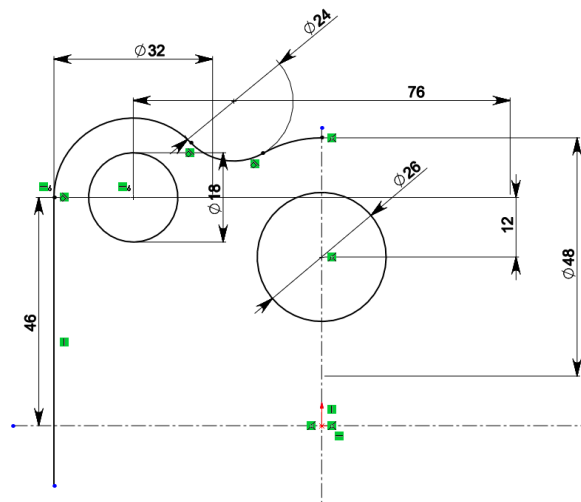
Next, you need to remove the extra parts of the circles. To do this, click on the "Trim Entities" icon, and select the "Power trim" option in the properties manager.

Next, press the left mouse button on a clear field, next to the part of the line that needs to be deleted, and without letting go of the left mouse button, drag the cursor across the line to be cut off. The program automatically deletes part of the line before its intersection with other lines.



2.21. Так як деякі частині кіл були видалені разом з розмірами або взаємозв'язками, ескіз може стати недовизначеним (синій колір частини ескізу). Додайте, якщо треба, необхідні розміри або взаємозв'язки для відновлення визначеності ескізу.

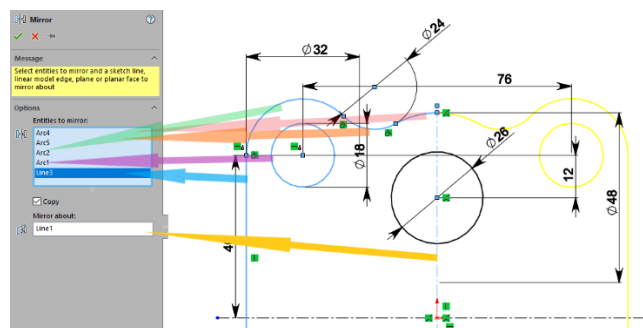
Since some parts of the circles have been removed along with dimensions or relationships, the sketch may become underdefined (blue color of part of the sketch). Add, if necessary, the necessary dimensions or relationships to restore the definition to the sketch.



2.22. Дзеркальне відображення

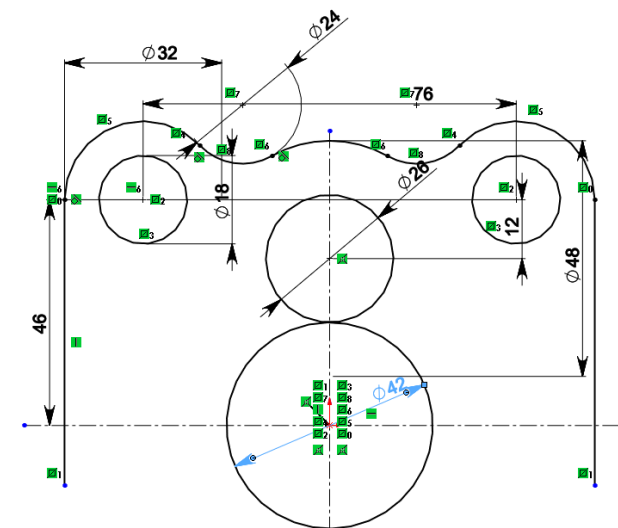
Частина деталі є симетричною відносно вертикальної осової лінії. Для того, щоб відобразити певні елементи ескізу, натисніть іконку "Mirror Entities". В менеджері властивостей у вікні "Entities to mirror" виберіть елементи ескізу, які треба віддзеркалити, а в полі "Mirror about" - виберіть вертикальну осову лінію. Майбутній контур буди висвітлюватись жовтим кольором.

Mirroring. Part of the part is symmetrical about the vertical axis line. To mirror certain elements of the sketch, click the "Mirror Entities" icon. In the property manager in the "Entities to mirror" window select the elements of the sketch to be mirrored, and in the "Mirror about" field - select the vertical axis line. The future contour will be highlighted in yellow.

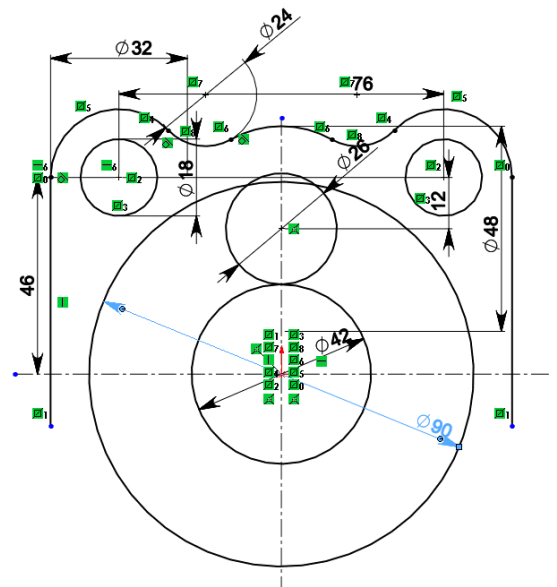


2.23. Наступний крок - побудова центрального кола діаметром 42 мм, центр якого співпадає з базовою точкою.

The next step is to construct a central circle with a diameter of 42 mm, the center of which coincides with the base point.

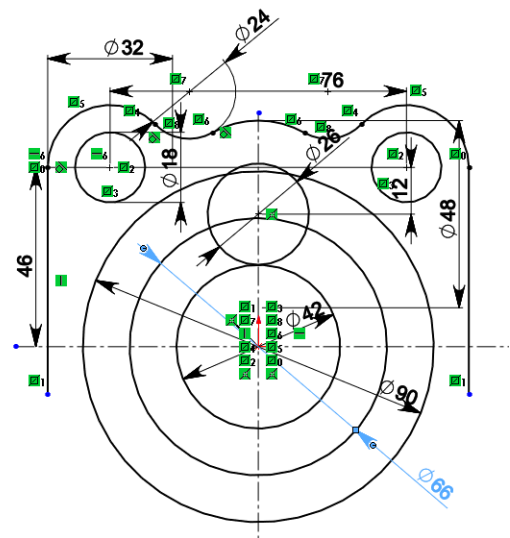


2.24. Далі - коло діаметром $45 \cdot 2 = 90$ мм.
Next - a circle with a diameter of $45 \cdot 2 = 90$ mm.



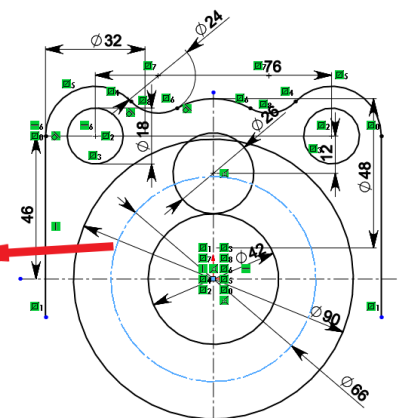
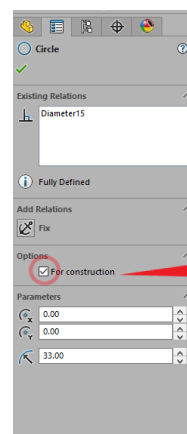
2.25. Далі - побудова допоміжного кола, по радіусу якого будуть центри дуг радіусами 21 і 12 мм.
Next - the construction of an auxiliary circle, the radius of which will be the centers of arcs with radii of 21 and 12 mm.

Next - the construction of an auxiliary circle, the radius of which will be the centers of arcs with radii of 21 and 12 mm.



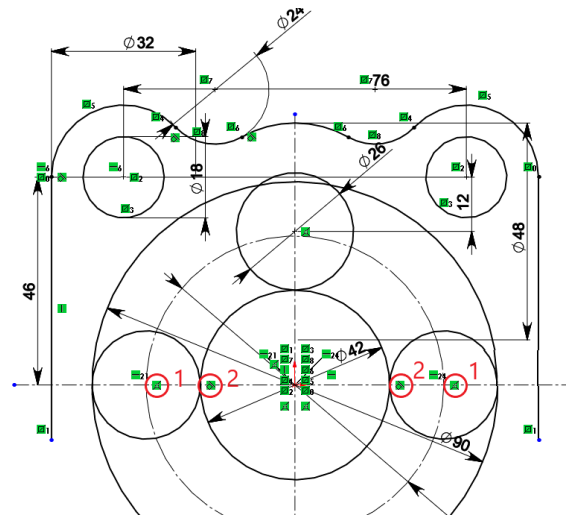
2.26. Для того, щоб допоміжне коло стало штрих-пунктирним, необхідно виділити курсором це коло і поставити галочку напроти пункту "For construction".

In order for the auxiliary circle to become dash-dotted, it is necessary to select this circle with the cursor and put a checkmark opposite the "For construction" item.



2.27. Побудуйте два кола діаметром $12 \cdot 2 = 24$ мм, причому центр кола повинен співпадати з допоміжним колом і горизонтальною осью лінії (точки 1), а периметр кола повинен бути дотичним до кола радіусом 42 мм (точки 2).

Construct two circles with a diameter of $12 \cdot 2 = 24$ mm, and the center of the circle should coincide with the auxiliary circle and the horizontal axis line (points 1), and the perimeter of the circle should be tangent to the circle with a radius of 42 mm (points 2).

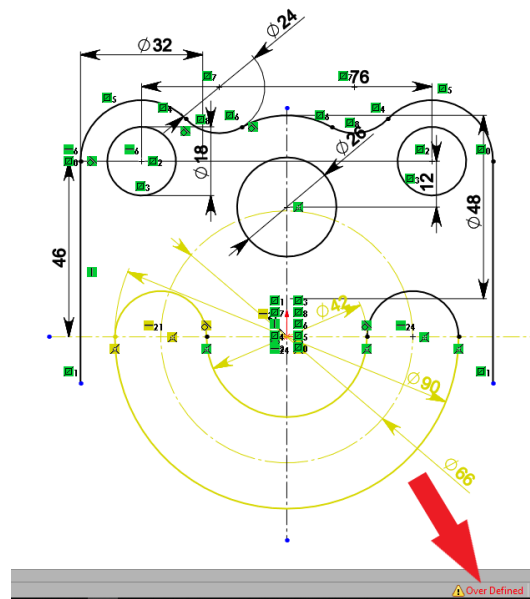


2.28. За допомогою команди "Trim Entities" відріжте зайві фрагменти ескізу.

Після відпрацювання команди з'явився напис: "Over Defined" – перевизначений ескіз. Конфлікти виникають, коли декілька розмірів або взаємозв'язків дублюють одне одного. Тому треба видалити зайві взаємозв'язки або розміри, які підсвічені жовтим або червоним кольором.

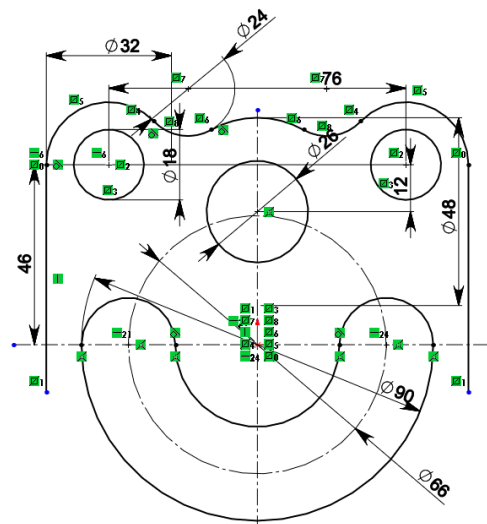
Use the "Trim Entities" command to cut off the excess pieces of the sketch.

After working out the command, an inscription appeared: "Over Defined" - an overdefined sketch. Conflicts arise when several dimensions or relations overlap. Therefore, it needs to remove unnecessary relationships or dimensions that are highlighted in yellow or red.

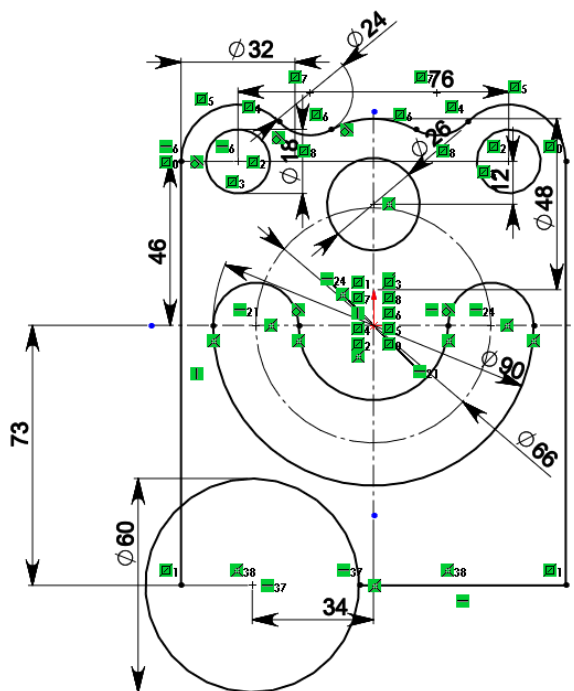


2.29. В наведеному випадку - дублюючими розмірами, які треба видалити, є діаметр 42 мм. Після його видалення, ескіз знову повністю визначений, тобто має необхідну і достатню кількість взаємозв'язків і розмірів.

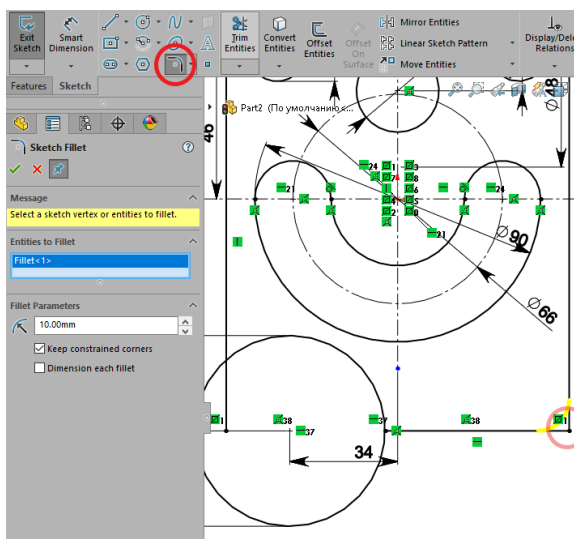
In this case, the duplicate dimensions that need to be removed are the diameter of 42 mm. After its removal, the sketch is again fully defined, that is, it has the necessary and sufficient number of relations and dimensions.



Construct the lower circle, and create its dimensions for complete definition.



Draw and add straight lines to the constructed circle.

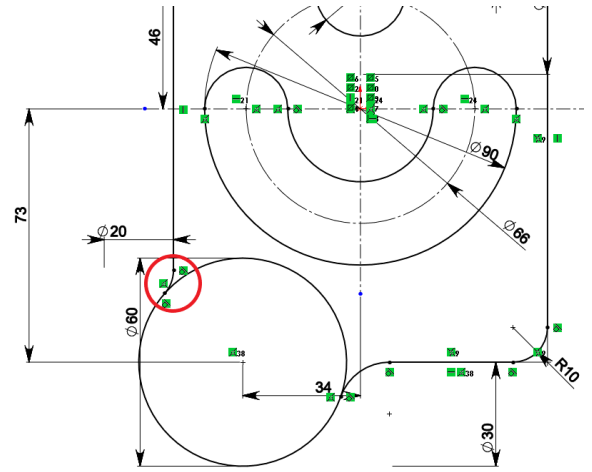


Для заокруглення кутів використовується команда "Fillet". У полі якої під назвою "Entities to Fillet" установіть радіус заокруглення - 10 мм та виділіть точку, або дві прямі, які треба заокруглити у точці їх з'єднання.

The "Fillet" command is used to round the corners. In the field called "Entities to Fillet", set the rounding radius to 10 mm and select a point or two lines that need to be rounded at the point of their connection.

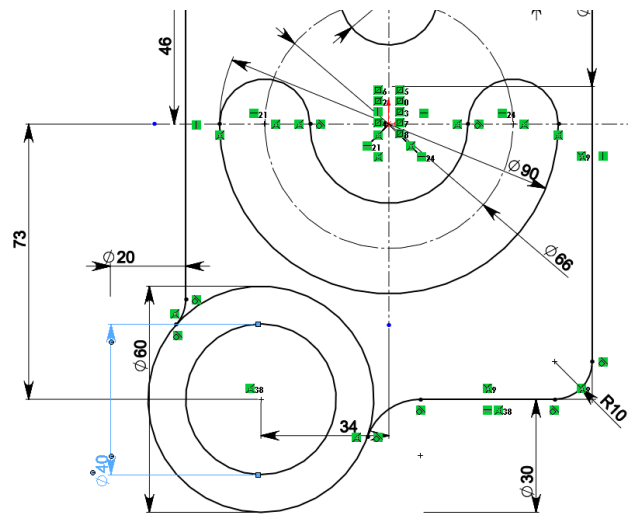
2.36. Інше спряження проведіть аналогічно вищенаведеного способу.

Perform another conjugation similarly to the above method.



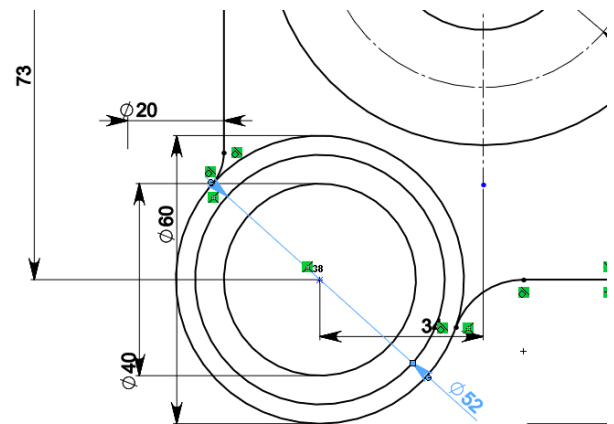
2.37. Побудуйте коло діаметром 40 мм, центр якого співпадає з центром кола діаметром 60 мм.

Construct a circle with a diameter of 40 mm, the center of which coincides with the center of a circle with a diameter of 60 mm



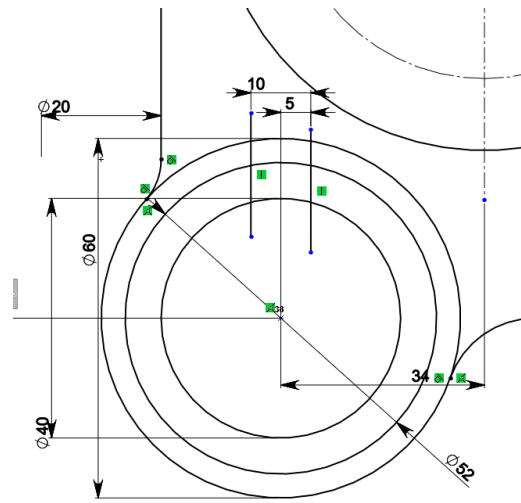
2.38. Ще одне коло аналогічним способом діаметром 52 мм.

Another circle in a similar way with a diameter of 52 mm.

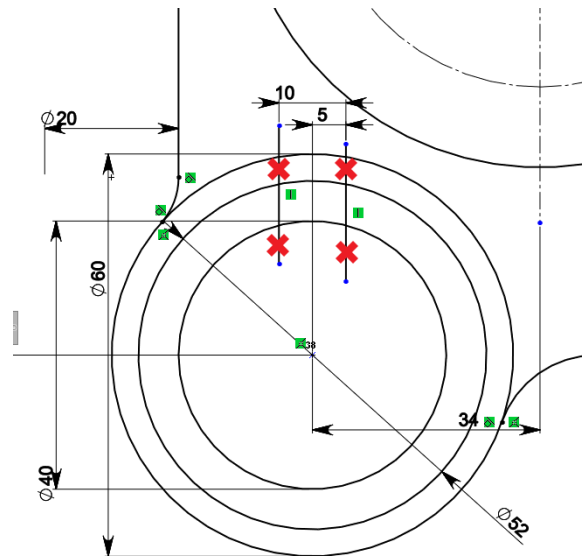


2.39. Побудуйте дві вертикальні лінії з відстанню між ними - 10 мм., а до центра кіл - 5 мм.

Build two vertical lines with a distance between them - 10 mm., and to the center of the circles - 5 mm.

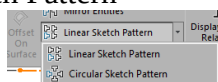


2.40. Відріжте зайві частини ліній.
Cut off the extra parts of the lines.



2.41. Побудова кругового масиву

Для того, щоб побудувати круговий масив, необхідно натиснути іконку "Circular Sketch Pattern"

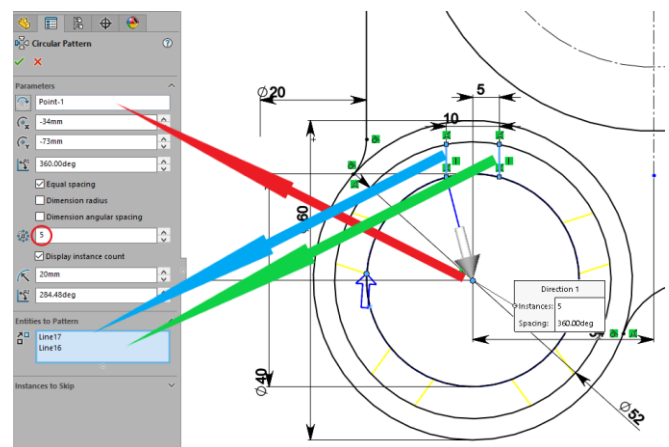


У верхньому полі розділу "Parameters" ЛКМ зробити активним вікно та вибрати в якості центра кругового масиву суміщені центри трьох кіл. Далі, в полі кількості елементів ввести число 5 (один вихідний елемент масиву і 4 нових, які будуть створені). В полі "Entities to Pattern" виберіть дві вертикальні лінії.

Construction of a circular array

In order to build a circular array, you need to click the "Circular Sketch Pattern" icon.

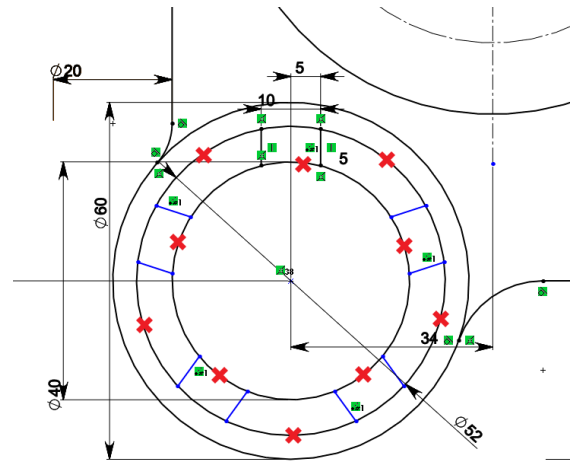
In the upper field of the "Parameters" section, LMB to make the window active and select the combined centers of three circles as the center of the circular array. Next, in the number of elements field, enter the number 5 (one original element of the array and 4 new ones that will be created). In



the "Entities to Pattern" box, select two vertical lines.

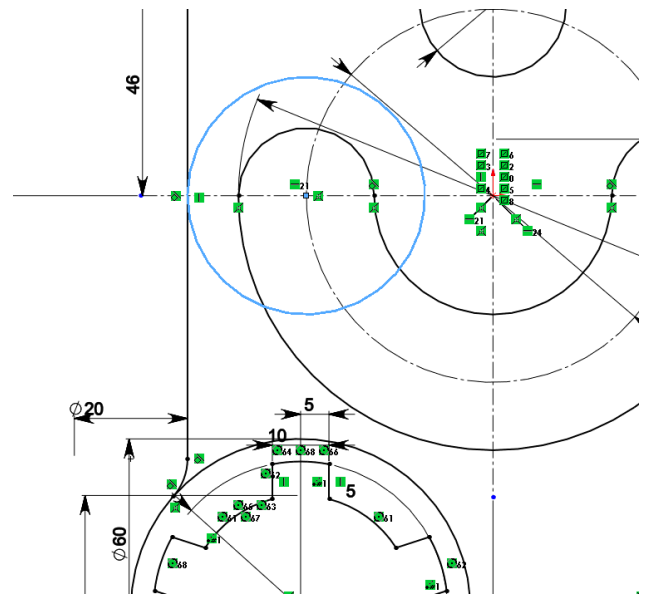
2.42. Видаліть зайві частини ескізу за допомогою команди "Trim" в позначених місцях.

Remove excess parts of the sketch using the "Trim" command in the marked places.



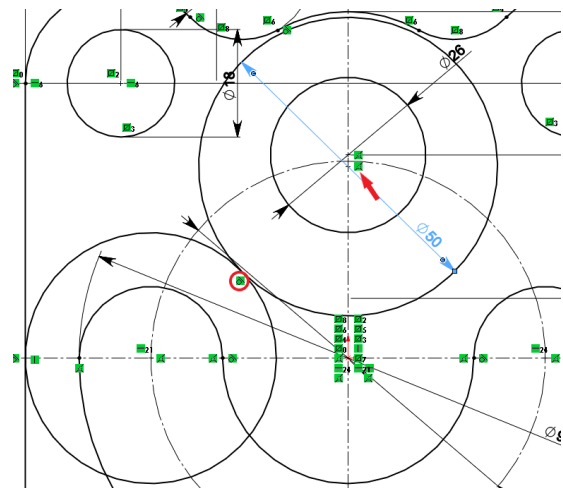
2.43. Побудуйте коло як показано на рисунку, де його центр співпадає з перетином горизонтальної прямої з крайньою лівою точкою допоміжного кола, а периметр дотичний до вертикальної прямої. Розмір для цього кола проставляти не треба, так як він повністю визначений двома взаємозв'язками: збіг та дотичність.

Construct a circle as shown in the figure, where its center coincides with the intersection of the horizontal line with the leftmost point of the auxiliary circle, and the perimeter is tangent to the vertical line. There is no need to set the size for this circle, as it is completely determined by two relations: coincidence and tangency.



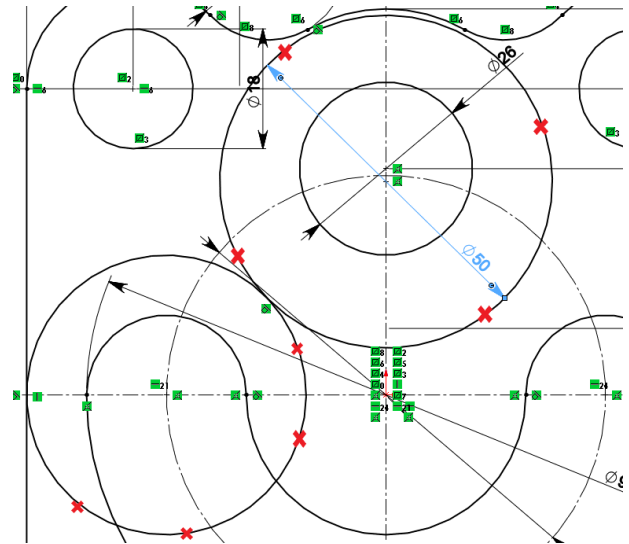
2.44. Створіть коло діаметром 50 мм, центр якого співпадає з вертикальною допоміжною лінією, а периметр дотичний до попередньо створеного кола.

Create a circle with a diameter of 50 mm, the center of which coincides with the vertical reference line, and the perimeter is tangent to the previously created circle.



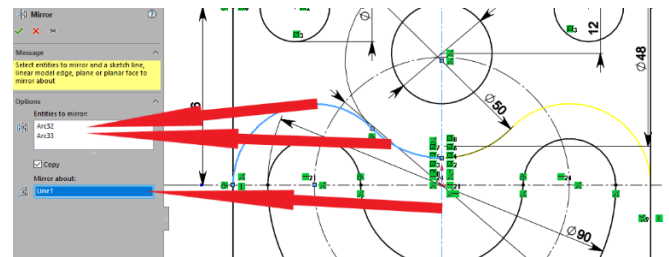
2.45. Видаліть зайві частини елементів ескізу в місцях, які відмічені на рисунку.

Delete the excess parts of the sketch elements in the places that are marked in the figure.



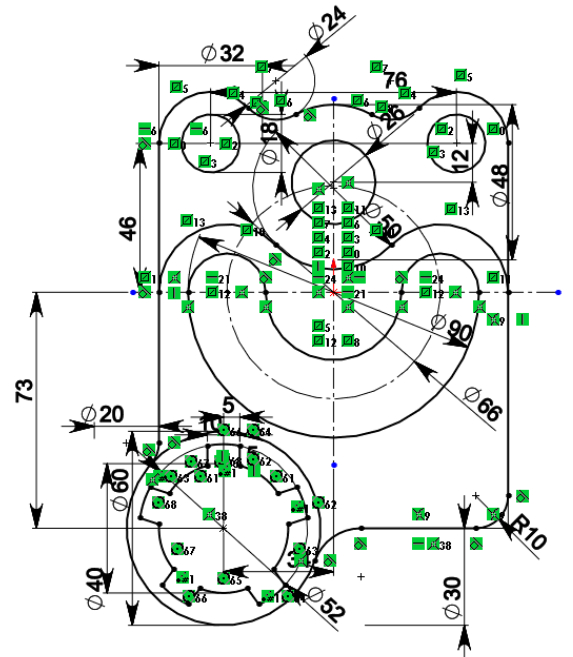
2.46. Зробіть дзеркальне відображення двох дуг як показано на рисунку за допомогою команди «Mirror».

Make a mirror image of the two arcs as shown in the picture using the "Mirror" command.



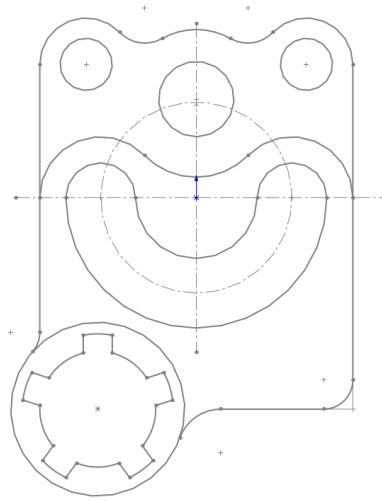
2.47. Ескіз повністю побудований. Додайте необхідні розміри або взаємозв'язки у випадку недовизначеного ескізу.

The sketch is completely built. Add sufficient dimensions or relations in the case of an undefined sketch.



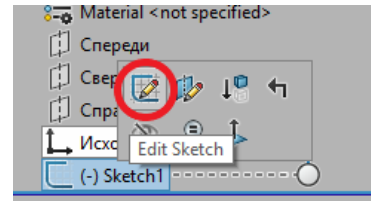
2.48. Щоб вийти з режиму редагування ескізу, натисніть у правому верхньому куті іконку зі стрілкою: 

To exit the sketch editing mode, click the arrow icon in the upper right corner



2.49. Щоб відредагувати закритий ескіз, натисніть в дереві конструювання на ескіз ПКМ і виберіть із контекстного меню іконку "Edit Sketch".

To edit a closed sketch, right-click the sketch in the design tree and select Edit Sketch from the context menu.



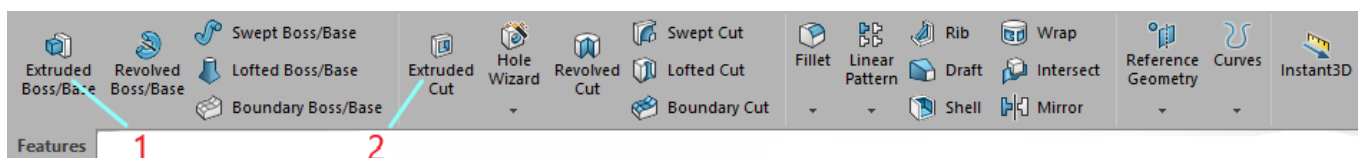
Відео побудови ескізу: <https://www.youtube.com/watch?v=G6fpXEe3Hdg>

Video of sketch construction: <https://www.youtube.com/watch?v=G6fpXEe3Hdg>

Tasks for homework



3. СТВОРЕННЯ ПРОСТОЇ 3D ДЕТАЛІ



Необхідні команди Required commands:

- 1 – Extruded Boss/Base – видавлена із замкнутого ескізу бобишка;
- 2 – Extruded Cut – вирізаний замкнутих ескізом отвір.

Етапи створення. Деталь розбивають на етапи побудови і послідовно, поетапно будують загальну геометрію. Алгоритм побудови може бути різним.

Наприклад, побудову наведеної деталі (рис. 3.1) можна умовно розділити на чотири послідовні етапи: побудова ескізу і визначення базової бобишки, ескізу і визначення циліндричної бобишки, ескізу і визначення вирізу квадратного перерізу та ескізу і визначення прорізи і циліндричного отвору:

Stages of creation. The part is divided into stages of construction and the overall geometry is built sequentially, step by step. The construction algorithm can be different.

For example, the construction of the given part (Fig. 3.1.) can be conventionally divided into four consecutive stages: construction of a sketch and the basic boss on the features, sketch and a cylindrical boss on the features, sketch and a cut of a square section on the features, and, finally, sketch of a slot and a cylindrical hole:

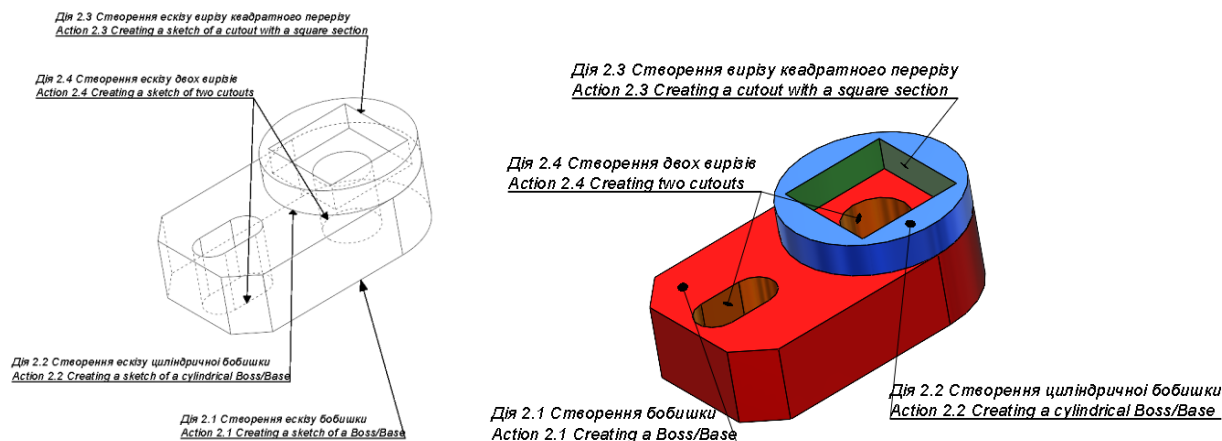
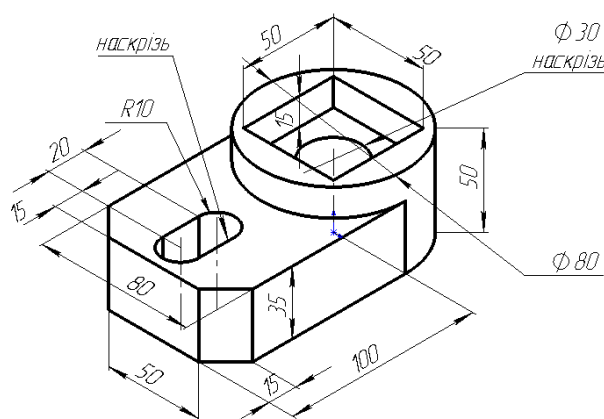


Рис. 3.1. Проста тривимірна деталь
Fig. 3.1. A simple three-dimensional detail

Завдання - побудувати наступну деталь:

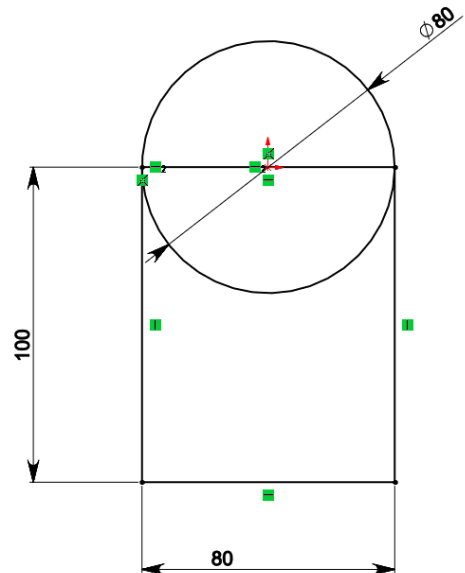
The task is to build the following detail:



Перший етап First stage

3.1. Необхідно створити ескіз бази деталі. Виберіть площину "Згори". Ескіз створюється поєднанням таких графічних примітивів як "Коло" і "Прямокутник"

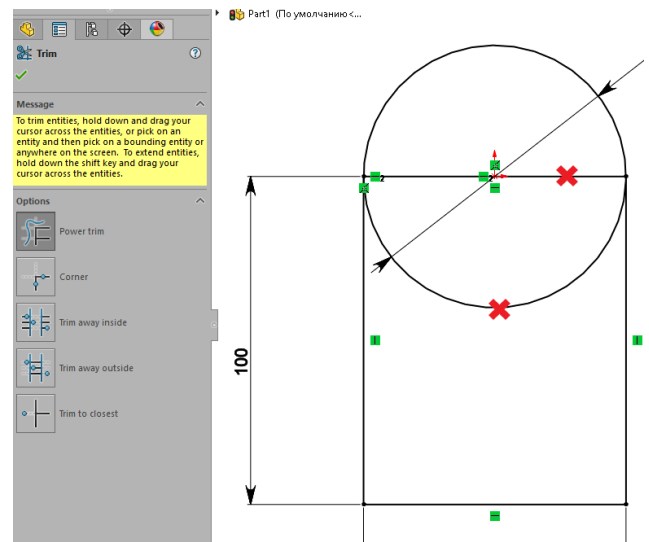
It is necessary to create a sketch of the base of the part. Select the "Top" plane. The sketch is created by combining such graphic primitives as "Circle" and "Rectangle"



3.2. Далі, за допомогою команди "Trim" необхідно відрізати зайві лінії, щоб ескіз не мав розгалужень і залишився замкнутим. Слідкуйте за тим, щоб ескіз був повністю визначеним (лінії чорного кольору). За необхідності, додайте розміри або зв'язки.

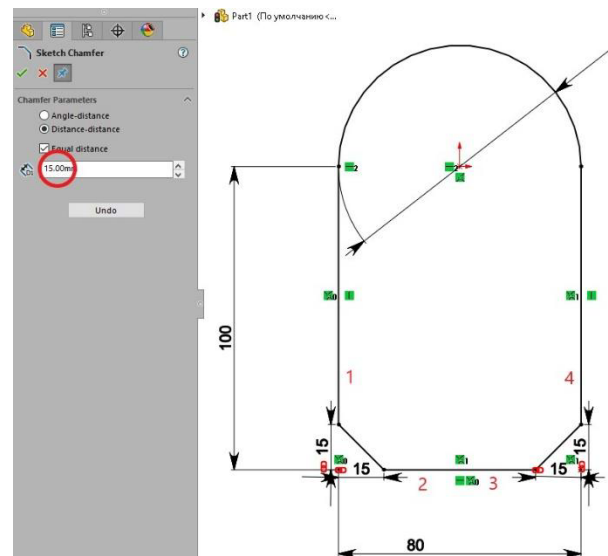
Next, with the help of the "Trim" command, it is necessary to cut off the excess lines so that the sketch does not have branches and remains closed.

Make sure the sketch is fully defined (black lines). If necessary, add dimensions or relations.



3.3. Створення фаски за допомогою команди "Chamfer".

Creating a chamfer using the "Chamfer" command.



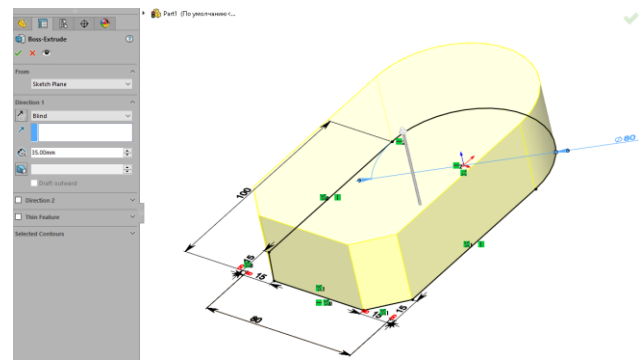
3.4. Готовий ескіз слід перетворити на тривимірну модель за допомогою видавлювання з використанням команди "Extruded Boss/Base" на вкладці "Features":



Ескіз видавлюється на 35 мм.

The finished sketch should be converted into a 3D model by extruding using the "Extruded Boss/Base" command on the "Features" tab.

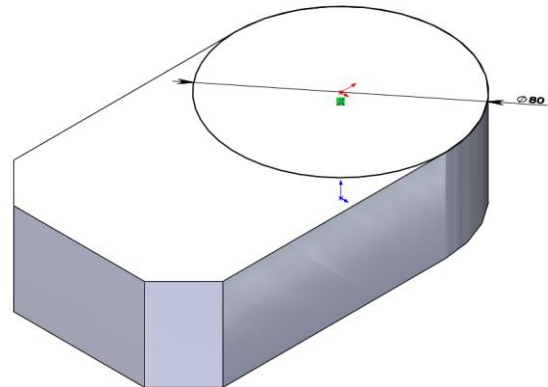
The sketch is extruded by 35 mm.



Другий етап Second stage

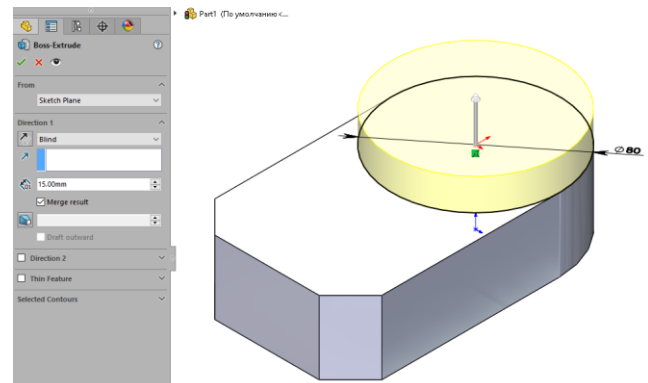
3.5. Далі, на верхній грані бази деталі намалюйте коло діаметром 80 мм.

Next, draw a circle with a diameter of 80 mm on the upper face of the base of the part.



3.6. Видав'ть намальоване коло на 15 мм. за допомогою команди "Extruded Boss/Base" на вкладці "Features".

Extrude the drawn circle by 15 mm., using the "Extruded Boss/Base" command on the "Features" tab.



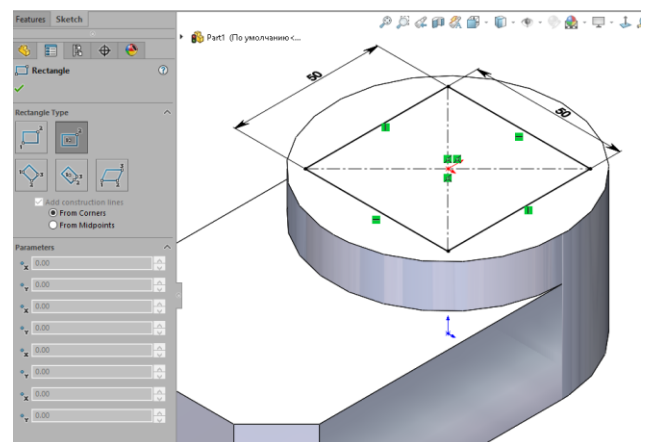
Третій етап Third stage

3.7. Тепер необхідно зробити витягнутий виріз квадратного перерізу.

Для цього намалюйте на верхній грані квадрат з базовою точкою на перетині його діагоналей зі сторонами по 50 мм.

Now it is necessary to make an elongated cut out of a square section.

To do this, draw a square on the upper face with a base point at the intersection of its diagonals with sides of 50 mm.

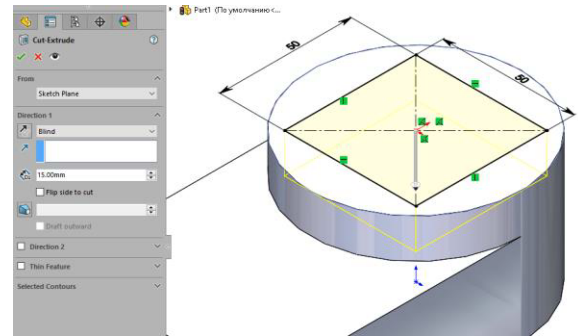


3.8. За допомогою команди " Extruded



Cut " на вкладці "Features" видавить ескіз всередину деталі на глибину 15 мм.

Using the "Extruded Cut" command on the "Features" tab, extrude the sketch inside the part to a depth of 15 mm.



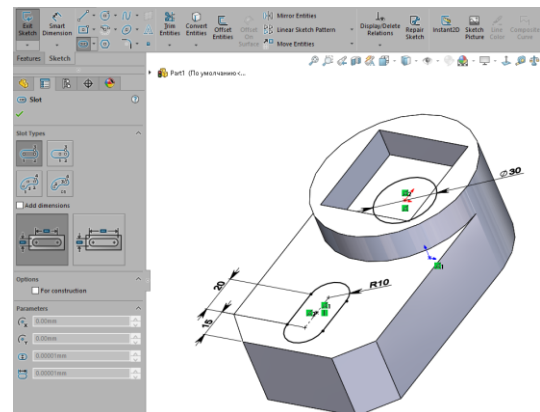
Четвертий етап Fourth stage

3.9. Так як ескізи двох останніх елементів деталі знаходяться на одній грані, то їх можна намалювати разом і вирізати однією командою відразу два отвори.

Намалюйте ескізи як показано на рисунку.

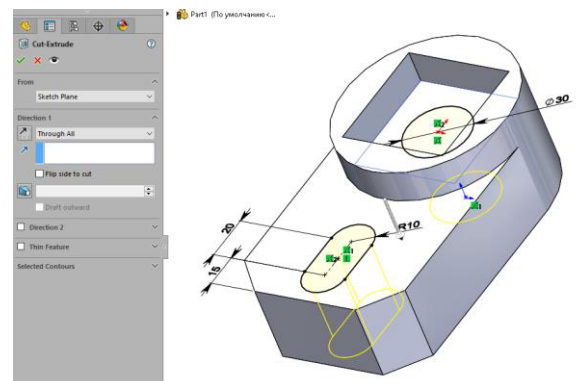
Since the sketches of the last two elements of the part are on the same face, they can be drawn together and cut two holes at once with one command.

Draw the sketches as shown in the picture.

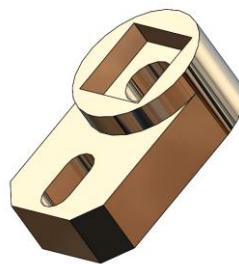


3.10. За допомогою команди " Extruded Cut " на вкладці "Features" видавить ескіз всередину деталі. Так як виріз проходить через всю деталь, то в налаштуваннях параметрів вирізу можна вибрати пункт "Through All" і виріз автоматично пройде через всю деталь.

Using the "Extruded Cut" command on the "Features" tab, extrude the sketch inside the part. Since the cutout goes through the entire part, you can select the "Through All" item in the settings of the cutout parameters and the cutout will automatically pass through the entire part.



Результат геометричного моделювання: The result of the geometric modeling:

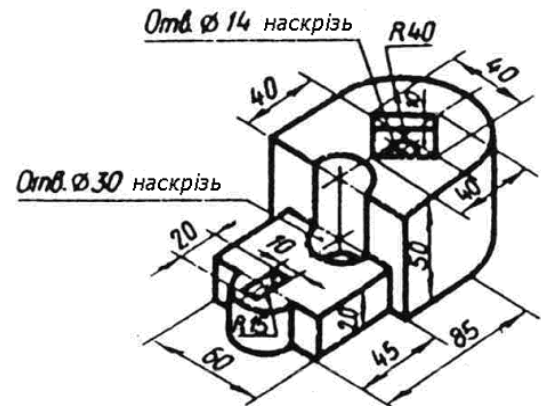
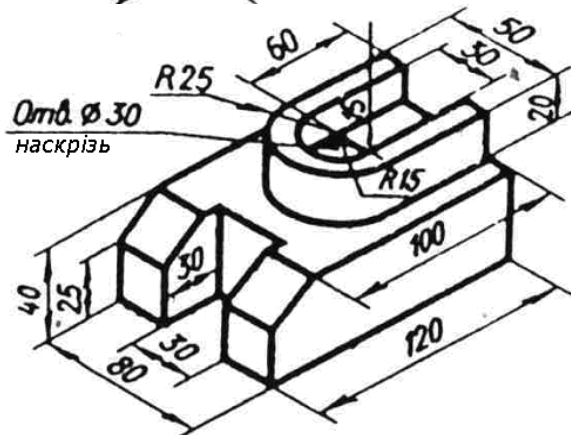
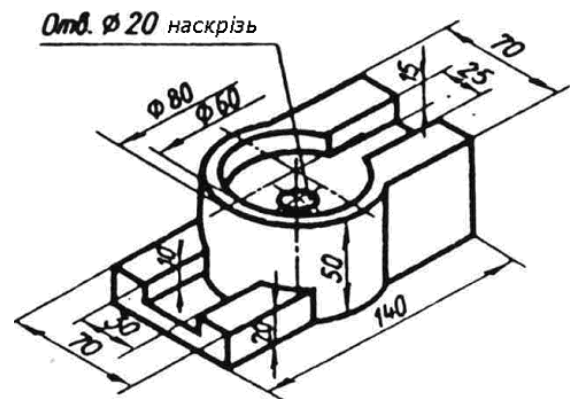
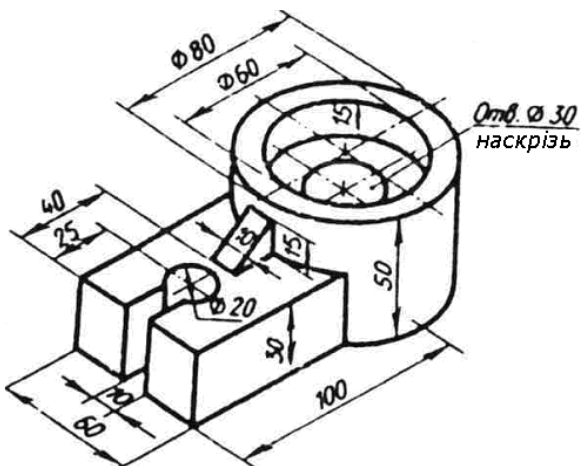
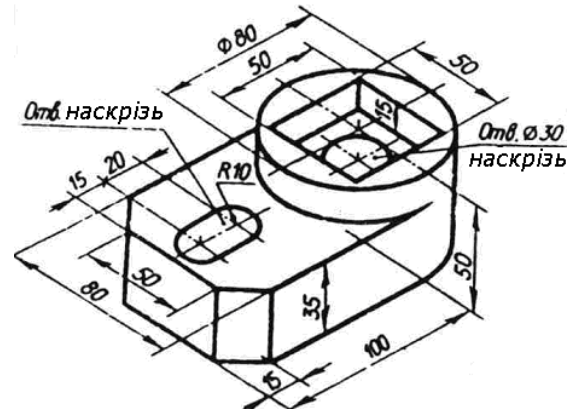
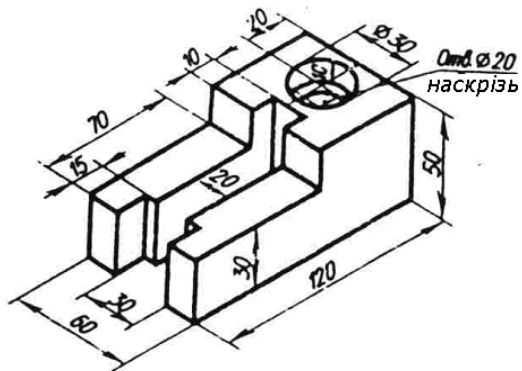
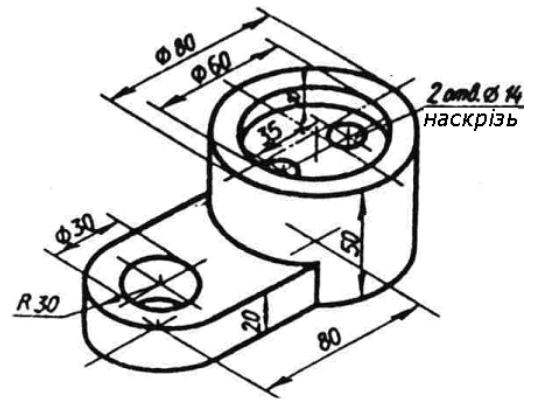
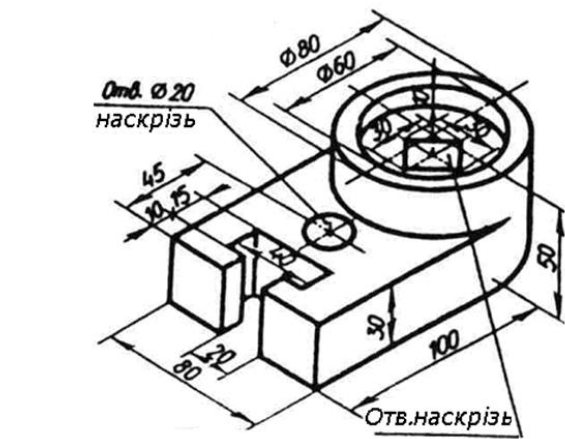


Відео побудови простої деталі: Video instructions for task:

<https://www.youtube.com/watch?v=kPVttgZCyio&t=85s>

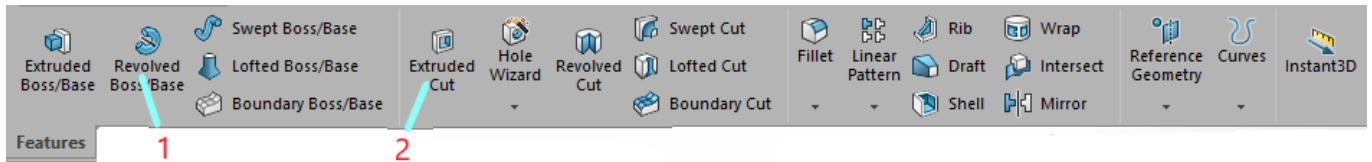
Завдання для самостійної роботи

Tasks for homework



4. СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ МЕТОДОМ ОБЕРТАННЯ КОНТУРУ НАВКОЛО ВІСІ

4. CREATING A PART MODEL BY ROTATING THE CONTOUR AROUND AN AXIS



Необхідні команди: Required commands:

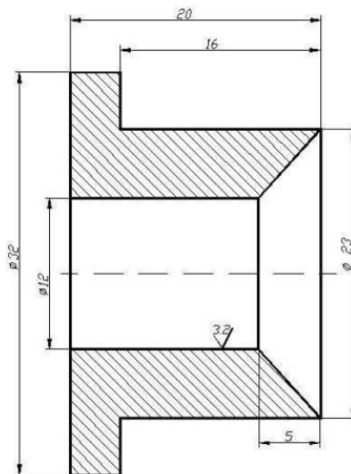
- 1 – Revolved Boss/Base – обернена із замкнутого ескізу бобишка;
- 2 – Extruded Cut – вирізаний замкнутим ескізом отвір.

Спосіб створення тіл обертання аналогічний попередньому (витягування плоского контуру в третій вимір), але в цьому випадку витягування відбувається навколо вибраної осі обертання, а величина видавлювання вимірюється в градусах.

The method of creating bodies of rotation is similar to the previous one (extruding a flat contour in the third dimension), but in this case the extrusion takes place around the selected axis of rotation, and the amount of extrusion is measured in degrees.

Створення втулки методом обертання замкнутого контуру навколо осі

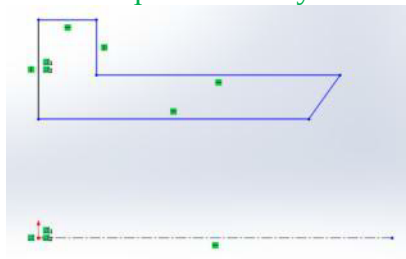
Creating a sleeve by rotating a closed sketch outline around an axis



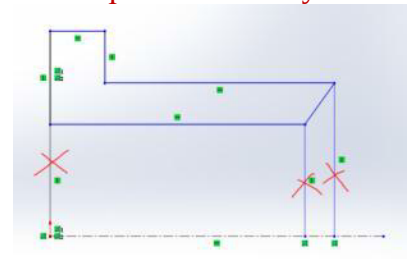
Алгоритм побудови Creation algorithm

4.1. Створіть контур, як показано на рисунку. Зверніть увагу на те, який саме варіант створення контуру є правильним. Create an closed sketch outline as shown in the figure. Pay attention to which option for creating a contour is correct.

Вірно Correctly



Невірно! Incorrectly!

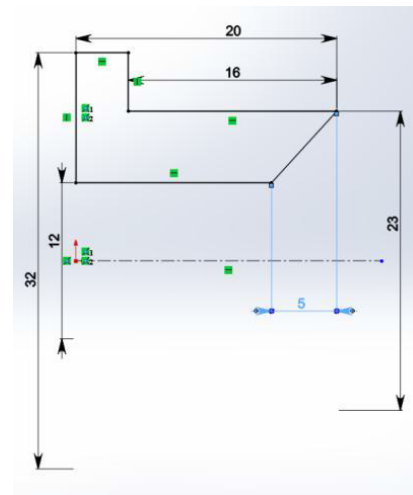


4.2. Створіть необхідні розміри та взаємозв'язки на контурі, зробивши його повністю визначеним.

Зайвих розмірів і тих, які не вказані на креслення, проставляти не потрібно.

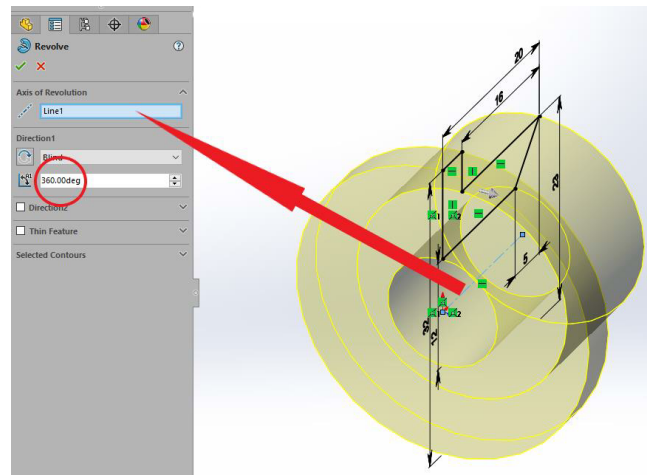
Create the necessary dimensions and relations on the path, making it fully defined.

There is no need to add additional dimensions and those not specified in the drawing.

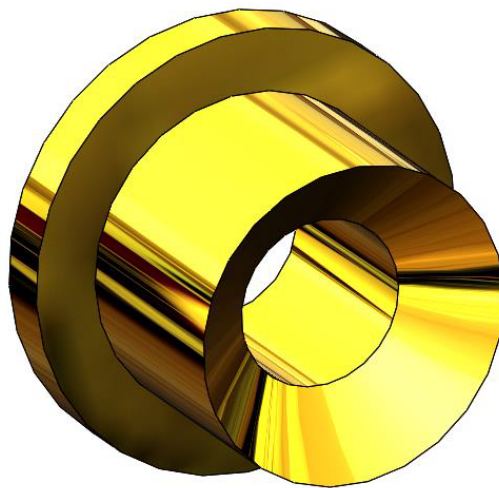


4.3. За допомогою команди "Revolved Boss/Base" на вкладці "Features" оберніть контур навколо осі, яку треба вибрати у вікно "Axis to Revolution".

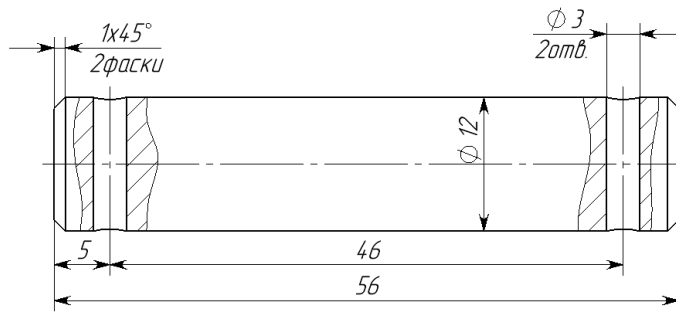
Using the "Revolved Boss/Base" command on the "Features" tab, wrap the contour around the axis to be selected in the "Axis to Revolution" window.



Результат геометричного моделювання втулки. The result of the geometric modeling of the sleeve.



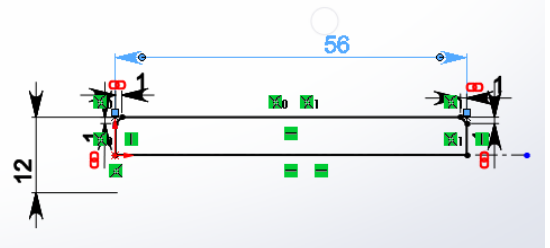
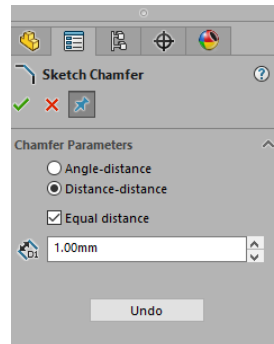
Створення моделі пальця. Creating a Shaft Model.



Алгоритм побудови Creation algorithm

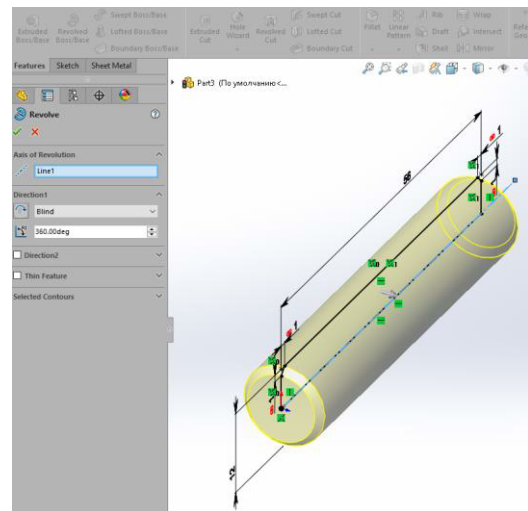
4.4. Створіть замкнутий контур за розмірами. Створіть на контурі фаски.

Create a closed contour by dimensions. Create chamfers on the contour



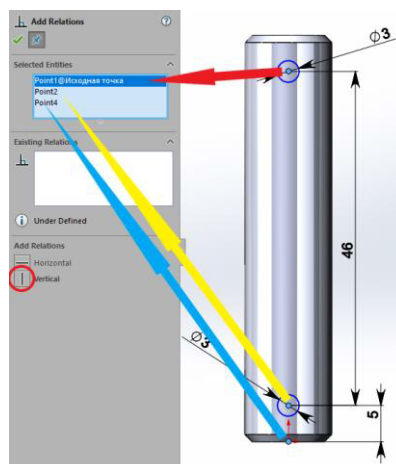
4.5. За допомогою команди "Revolved Boss/Base" на вкладці "Features" оберніть контур навколо осі, яку треба вибрати у вікно "Axis to Revolution".

Using the "Revolved Boss/Base" command on the "Features" tab, revolve the contour around the axis to be selected in the "Axis to Revolution" window.

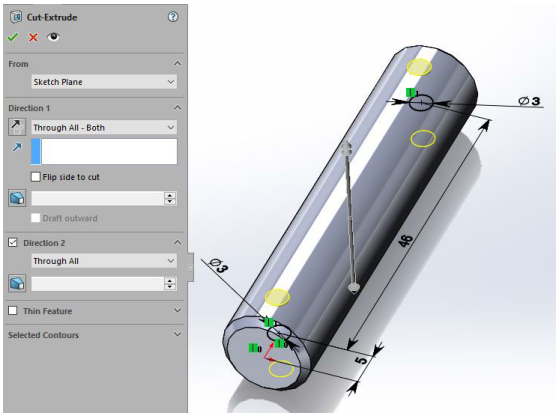


4.6. На площині, яка проходить через центр обертання деталі створіть два кола і визначте їх положення розмірами та взаємозв'язками "Vertical" для центрів кіл та початкової точки.

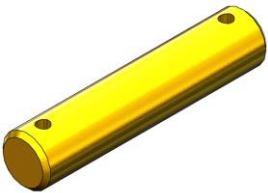
On the plane that passes through the center of rotation of the part, create two circles and define their position with dimensions and relations "Vertical" for the centers of the circles and the starting point.



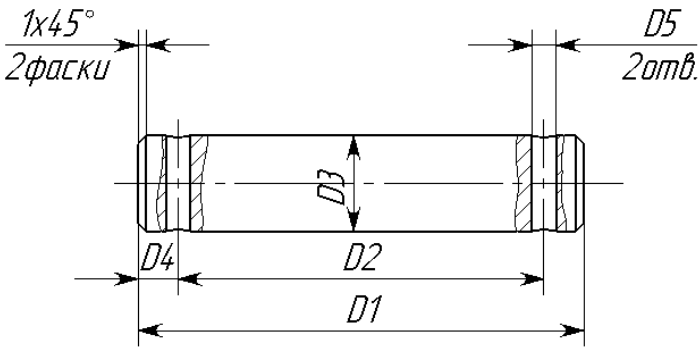
4.7. Командою "Extruded Cut" із налаштуваннями "Throw All - Both" створіть два отвори в деталі.
 By the command "Extruded Cut" and with the settings "Throw All - Both" create two holes in the part.



Результат геометричного моделювання пальця: The result of geometric modeling of the shaft:

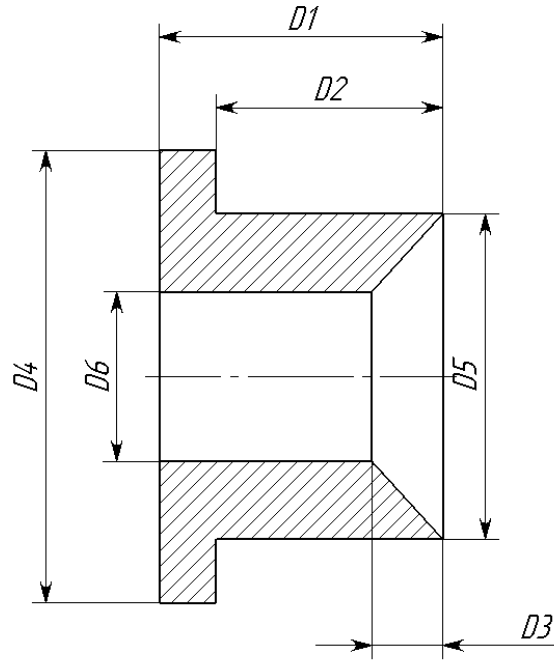


Завдання для самостійної роботи. Tasks
Завдання 1. Task 1.



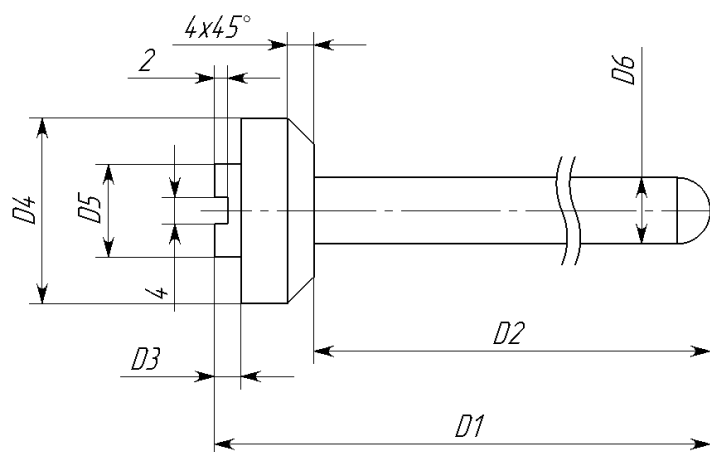
	Розміри Dimensions				
№	D1	D2	D3	D4	D5
Зразок Sample	56	46	12	5	3
1	61	47	15	7	3,5
2	66	48	17	9	4
3	71	49	20	11	4,5
4	76	50	22	13	5
5	81	51	25	15	5,5
6	86	52	27	17	6
7	91	53	30	19	6,5
8	96	54	32	21	7
9	101	55	35	23	7,5
10	106	56	37	25	8
11	111	57	40	27	8,5
12	116	58	42	29	9
13	121	59	45	31	9,5
14	126	60	47	33	10
15	131	61	50	35	11
16	136	62	52	37	11
17	141	63	55	39	12
18	146	64	57	41	12
19	151	65	60	43	13
20	156	66	62	45	13

Завдання 2. Task 2.



	Розміри Dimensions					
№	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Зразок Sample	20	16	5	32	23	12
1	21	16,5	6	33,5	24	11
2	22	17	7	35	25	8
3	23	17,5	8	36,5	26	10
4	24	18	9	38	27	17
5	25	18,5	10	39,5	28	13
6	26	19	11	41	29	15
7	27	19,5	12	42,5	30	14
8	28	20	13	44	31	13
9	29	20,5	14	45,5	32	17
10	30	21	15	47	33	19
11	31	21,5	16	48,5	34	10
12	32	22	17	50	35	17
13	33	22,5	18	51,5	36	20
14	34	23	19	53	37	21
15	35	23,5	20	54,5	38	25
16	36	24	21	56	39	23
17	37	24,5	22	57,5	40	22
18	38	25	23	59	41	21
19	39	25,5	24	60,5	42	20
20	40	26	25	62	43	20

Завдання 3. Task 3.



	Розміри Dimensions					
№	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Зразок Sample	130	115	4	28	14	10
1	132	116,5	4,2	31	15,5	11,2
2	134	118	4,4	34	17	12,4
3	136	119,5	4,6	37	18,5	13,6
4	138	121	4,8	40	20	14,8
5	140	122,5	5	43	21,5	16
6	142	124	5,2	46	23	17,2
7	144	125,5	5,4	49	24,5	18,4
8	146	127	5,6	52	26	19,6
9	148	128,5	5,8	55	27,5	20,8
10	150	130	6	58	29	22
11	152	131,5	6,2	61	30,5	23,2
12	154	133	6,4	64	32	24,4
13	156	134,5	6,6	67	33,5	25,6
14	158	136	6,8	70	35	26,8
15	160	137,5	7	73	36,5	28
16	162	139	7,2	76	38	29,2
17	164	140,5	7,4	79	39,5	30,4
18	166	142	7,6	82	41	31,6
19	168	143,5	7,8	85	42,5	32,8
20	170	145	8	88	44	34

Відеоінструкція по завданню 1: Video instructions for task 1:

<https://www.youtube.com/watch?v=gz6QQGkINZ0>

Відеоінструкція по завданню 2: Video instructions for task 2:

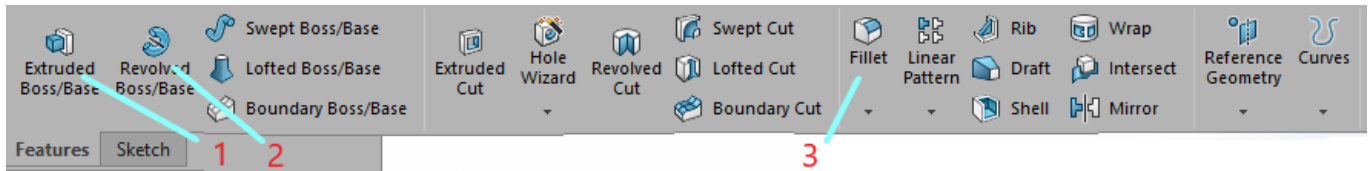
<https://www.youtube.com/watch?v=GJjviOGOLro>

Відеоінструкція по завданню 3: Video instructions for task 3:

<https://www.youtube.com/watch?v=XtmCkpkDjbU>

5. РОЗРОБКА ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ СКЛАДНОЇ ДЕТАЛІ

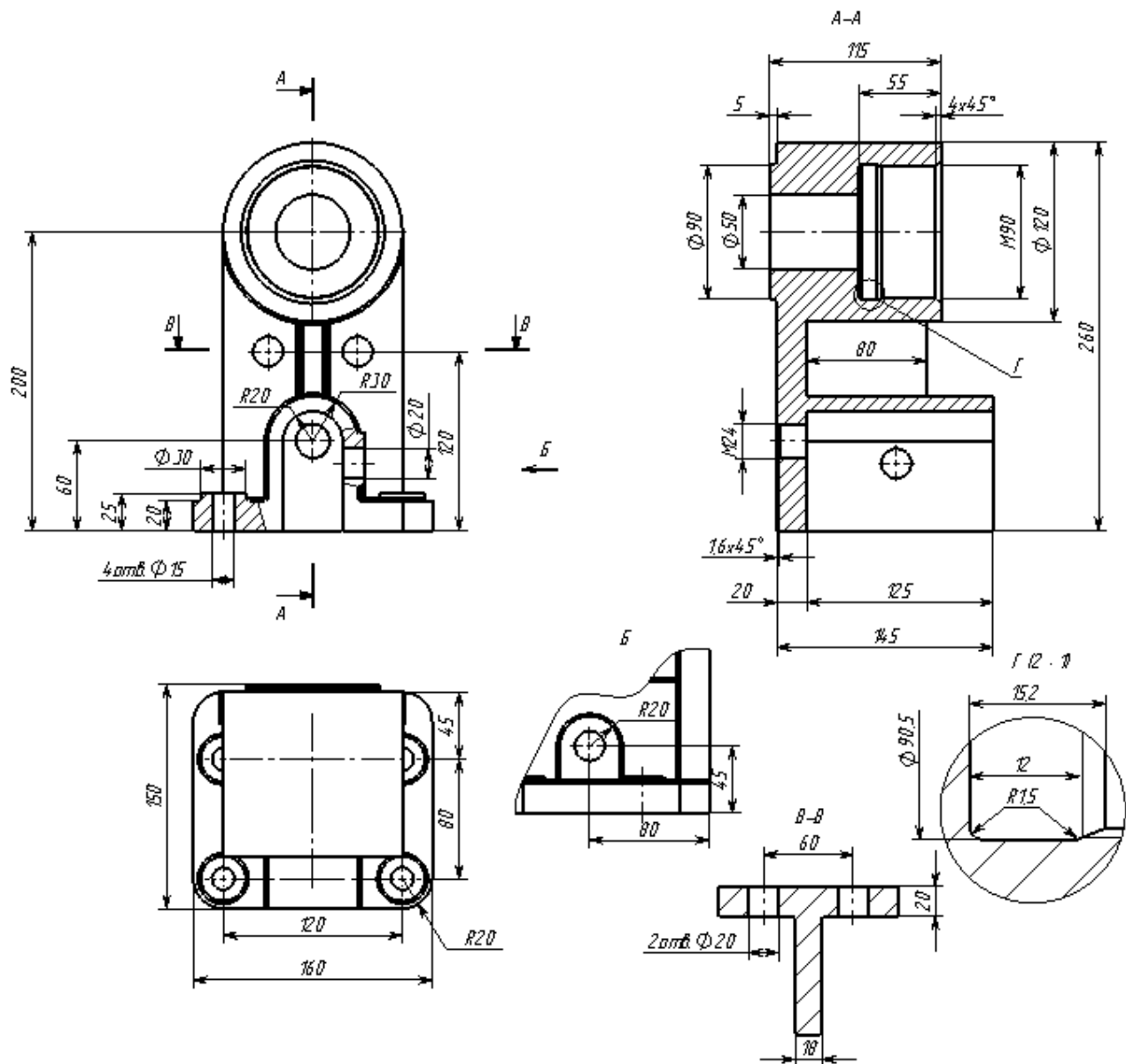
5. CREATING A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF A COMPLEX PART

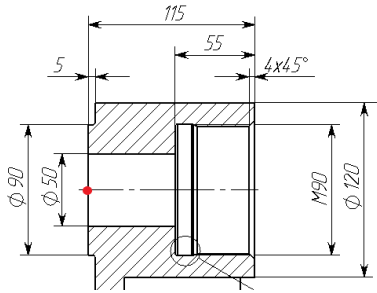


Необхідні команди: Required commands:

- 1 – Extruded Boss/Base – видавлена із замкнутого ескізу бобишка;
- 2 – Revolved Boss/Base – бобишка, яка утворення обертанням контуру навколо осі;
- 3 – Fillet – створення заокруглення (Chamfer – створення фаски при розкритті списку).

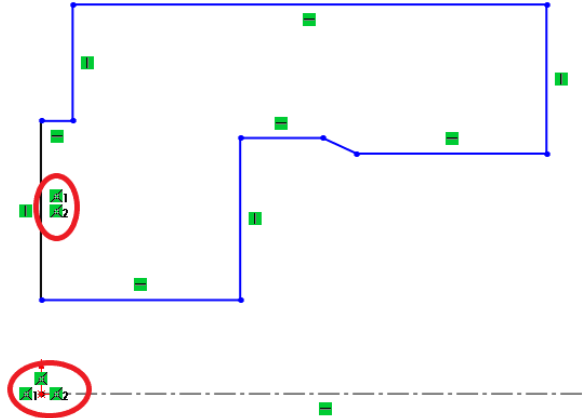
Завдання: створити тривимірну модель деталі Task: create a three-dimensional model of the part





5.1. Виберіть площину “Right”. Створіть контур верхньої частини деталі. Не забувайте прив'язати осьову лінію до початку координат, а ліву частину контуру частково зафіксувати взаємозв'язком “Vertical”. (Виберіть, натиснувши CTRL, на ескізі вихідну точку, та верхню або нижню точку на вертикальній прямій і в контекстному меню виберіть взаємозв'язок “Vertical”).)

Select the "Right" plane. Create an outline of the upper part of the part. Do not forget to tie the axis line to the origin of the coordinates, and partially fix the left part of the contour with the “Vertical” connection. (Ctrl-select the starting point on the sketch and the top or bottom point on the vertical line and select the “Vertical” relation from the context menu.)



5.2. Відредагуйте контур проставленням необхідних розмірів.

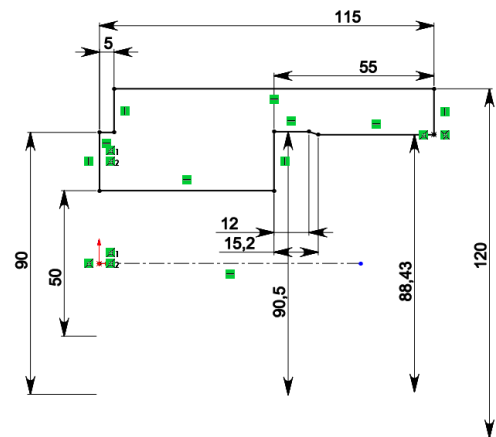
Зверніть увагу - діаметри майбутніх концентричних поверхонь проставлені відносно осової лінії.

Згідно ГОСТ 19257-73 для нарізання внутрішньої різьби M90 з нормальним кроком 1,5 необхідно створити отвір діаметром 88,43 мм.

Edit the outline by placing the required dimensions.

Pay attention - the diameters of the future concentric surfaces are placed relative to the axis line.

According to GOST 19257-73, a hole with a diameter of 88.43 mm must be created to cut an M90 internal thread with a normal pitch of 1.5.



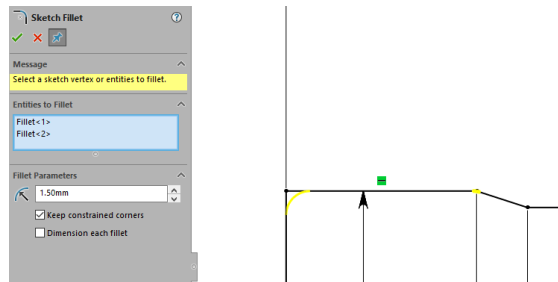
5.3. Створення фаски 1x45° командою “Chamfer”.

Creation of a chamfer 1x45° by the “Chamfer” command.

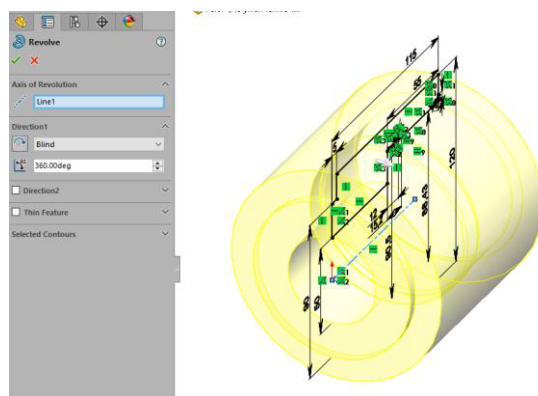


5.4. Створення заокруглень кутів проточки радіусом 1,5 мм командою “Fillet”.

Creation of fillet corners with a radius of 1.5 mm using the “Fillet” command.

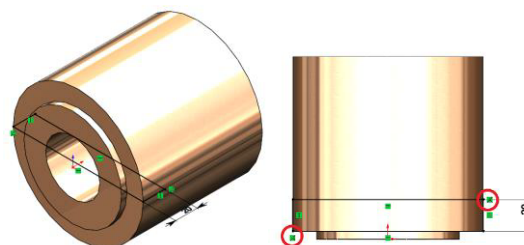


5.5. Виберіть на вкладці "Features" команду "Revolved Boss/Base". Якщо вікно "Axis of Revolution" пусте, зробіть його активним і введіть в нього осьову лінію, навколо якої треба повернути контур. Select the Revolved Boss/Base command from the Features tab. If the "Axis of Revolution" window is empty, make it active and enter the axis line around which the contour should be rotated.



5.6. На площині "Top" намалуйте контур, як показано на рисунку. Зверніть увагу на необхідні розміри і взаємозв'язки, які роблять ескіз визначеним.

On the "Top" plane, draw a contour as shown in the figure. Note the necessary size and relation that make the sketch defined.

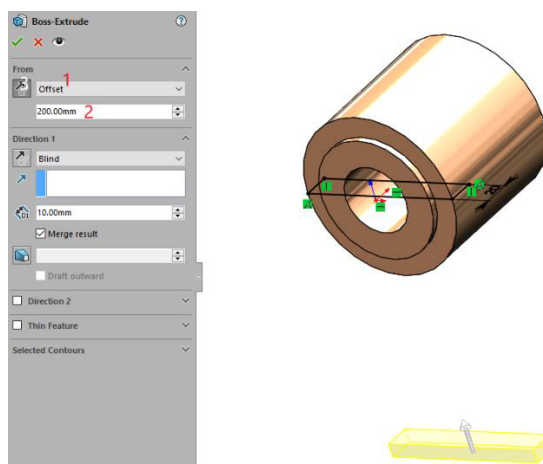


5.7. У властивостях команди "Extruded Boss/Base" спочатку змістіть початок видавлювання контура на 200 мм униз:

1. У полі "From" виберіть пункт "Offset";
2. Введіть відстань зміщення – 200 мм. Напрямок зміщення можна змінювати кнопкою зі стрілками, яка розташована ліворуч від вкладки.

In the properties of the "Extruded Boss/Base" command, first move the beginning of the contour extrusion 200 mm down:

1. In the "From" field, select the "Offset" item;
2. Enter the displacement distance - 200 mm. The direction of displacement can be changed with the button with arrows, which is located to the left of the tab.

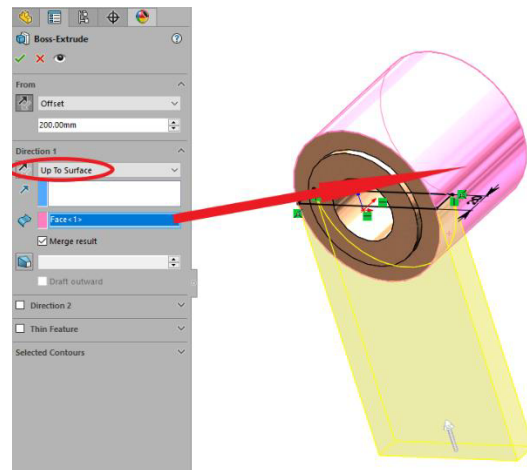


5.8. Далі в тій же команді "Extruded Boss/Base" виберіть у вкладці "Direction 1" опцію "Up To Surface", а у вікно, яке підсвічене рожевим кольором введіть необхідну поверхню як показано на рисунку.

Напрямок видавлювання можна змінювати кнопкою зі стрілками, яка розташована ліворуч від вкладки .

Next, in the same "Extruded Boss/Base" command, select the "Up To Surface" option in the "Direction 1" tab, and in the window highlighted in pink, enter the required surface as shown in the figure.

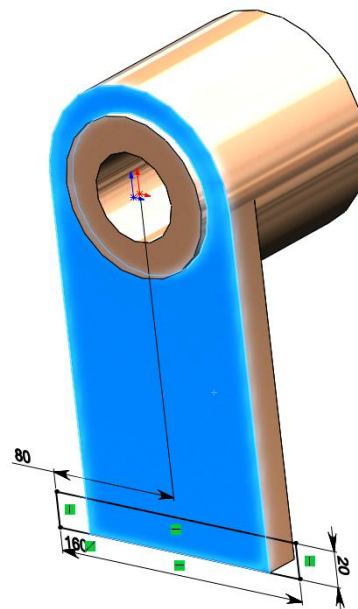
The direction of extrusion can be changed with the button with arrows, which is located to the left of the tab



5.9. Створення нижньої основи деталі.

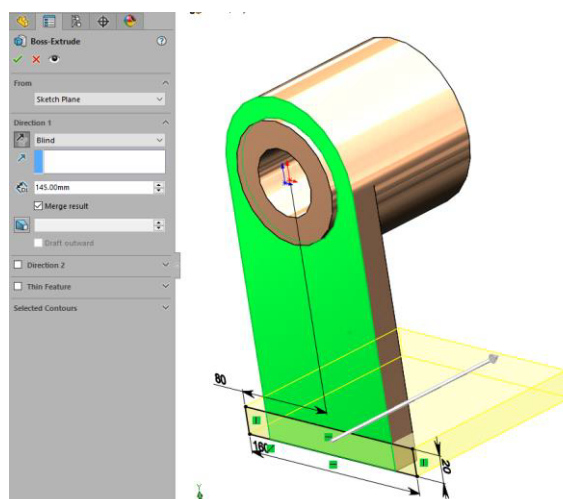
На виділеній грані створіть ескіз як показано на рисунку.

Creating the bottom base of the part. On the selected face, create a sketch as shown in the figure.



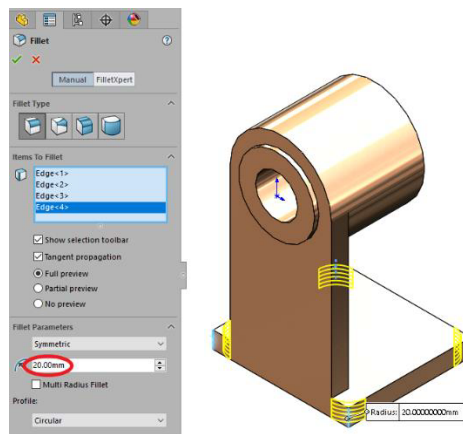
5.10. За допомогою команди "Extruded Boss/Base" на вкладці "Features" видавіть ескіз на відстань 145 мм.

Using the "Extruded Boss/Base" command on the "Features" tab, extrude the sketch to a distance of 145 mm.



5.11. За допомогою команди “Fillet” панелі інструментів "Features" закругліть чотири кути платформи радіусом 20 мм.

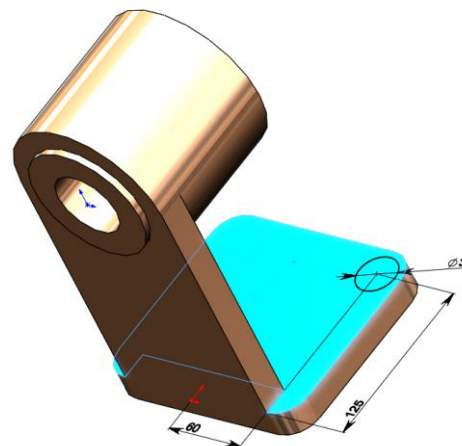
Using the “Fillet” command of the “Features” toolbar, round off the four corners of the platform with a radius of 20 mm.



5.12. Створення місць для кріплення.

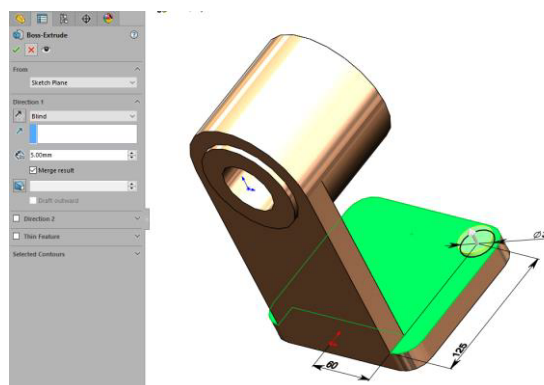
Виберіть виділену грань та створіть ескіз, як показано на рисунку.

Creating places for fastening. Select the selected face and create a sketch as shown in the figure.



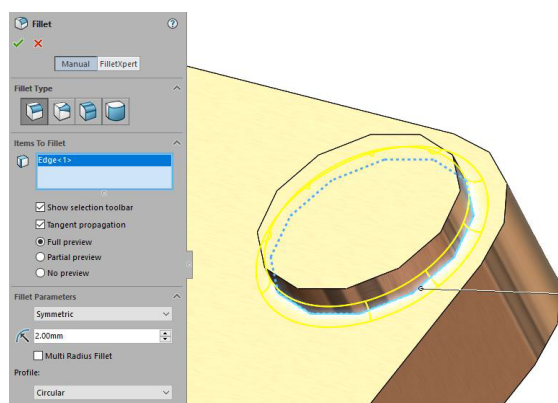
5.13. За допомогою команди "Extruded Boss/Base" створіть з ескізу бобишку висотою 5 мм.

Using the "Extruded Boss/Base" command, create a 5 mm high boss from the sketch.



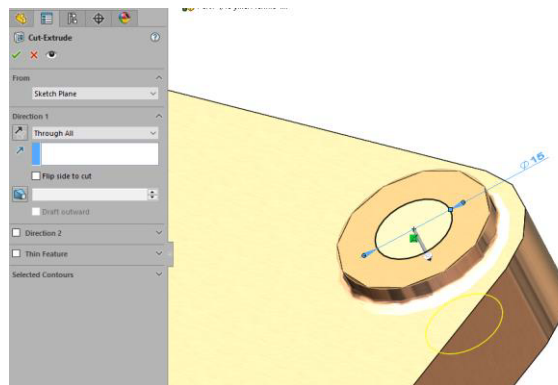
5.14. Заокругліть радіусом 2 мм. місце переходу бобишки в платформу за допомогою команди “Fillet”.

Round with a radius of 2 mm. the place of transition of the boss into the platform using the “Fillet” command.



5.15. Користуючись вищенаведеними інструкціями, створіть наскрізний отвір як показано на рисунку.

Using the above instructions, create a through hole as shown.



5.16. Далі необхідно створити двовимірний масив компонентів (масив отворів).

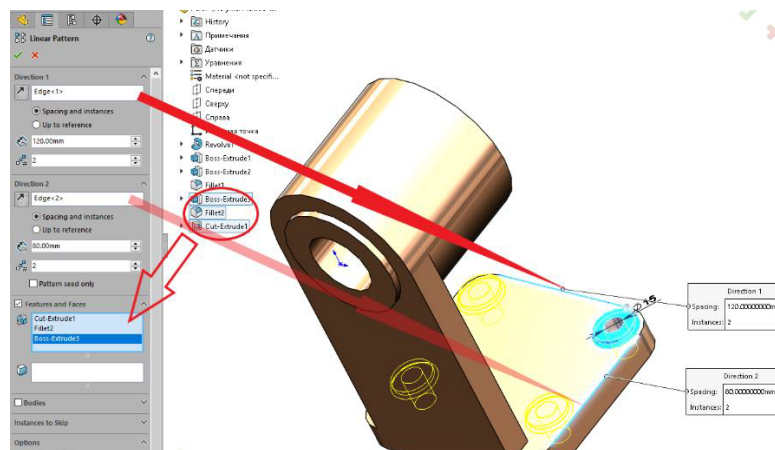
Виберіть команду “Linear Pattern” на панелі інструментів “Features”.

В якості напрямків для дії масиву виберіть взаємоперпендикулярні кромки (Edge 1, Edge 2) на платформі, а у вікно "Features and Faces" виберіть три елементи: Витягнута бобишка, заокруглення та витягнутий виріз. За необхідності, змініть напрям масиву натиснувши іконку

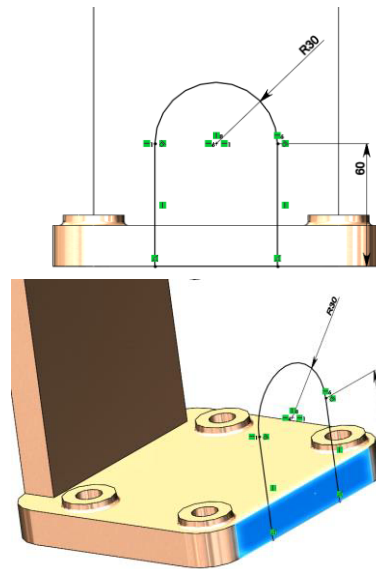
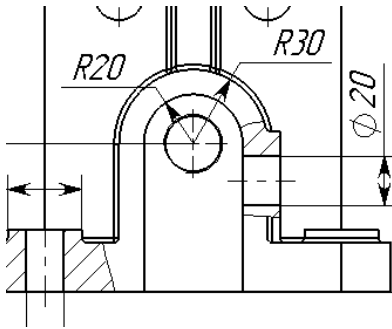
Next, it is necessary to create a two-dimensional array of components (an array of holes).

Select the “Linear Pattern” command from the “Features” toolbar.

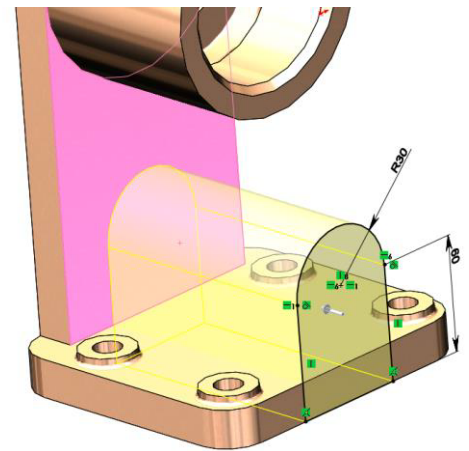
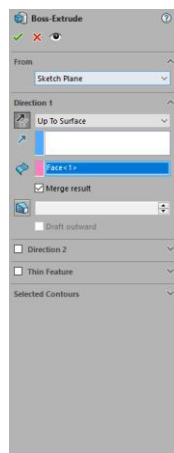
As directions for the action of the array, select mutually perpendicular edges (Edge 1, Edge 2) on the platform, and in the "Features and Faces" window, select three elements: Extruded boss, rounding and elongated cutout. If necessary, change the direction of the array by clicking the icon



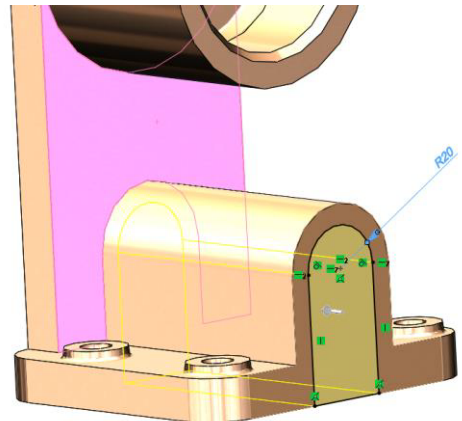
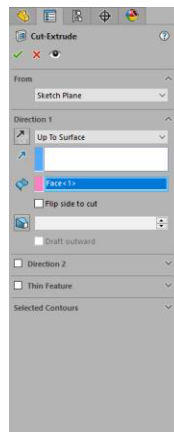
5.17. Побудова наступного елемента деталі. Ескіз. Не забувайте, що контур ескізу повинен бути замкненим.
Creating the next part element. Sketch. Do not forget that the outline of the sketch must be closed.



5.18. Побудова витягнутої бобишки до вказаної поверхні.
Construction of an elongated boss to the specified surface.

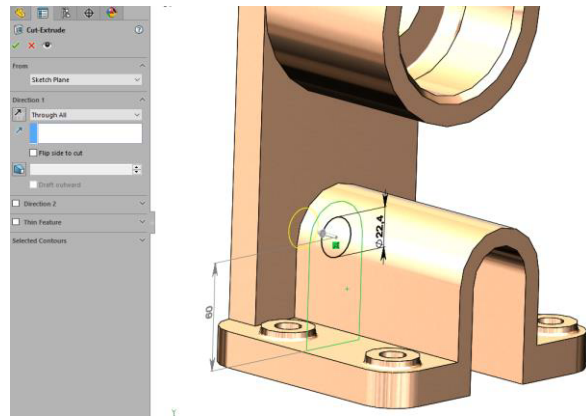


5.19. Далі необхідно побудувати виріз. Використовується команда "Extruded Cut", в якості обмеження глибини вирізу необхідно в вікні "Direction 1" вказати у якості поверхні передню стінку деталі.
Next, you need to build a cutout. The "Extruded Cut" command is used, as a limitation of the depth of the cut, it is necessary to specify the front wall of the part as a surface in the "Direction 1" window.

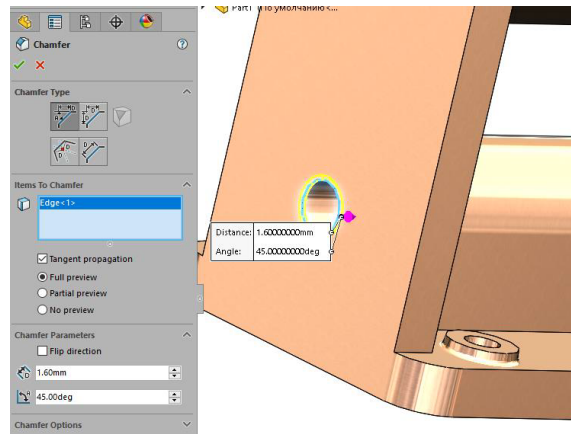


5.20. Згідно ГОСТ 19257-73 для нарізання різьби М24 необхідно створити отвір діаметром 22,4 мм.

According to GOST 19257-73, a hole with a diameter of 22.4 mm must be created for cutting the M24 thread.



5.21. Створення фаски на отворі деталі.
Creating a chamfer on the hole of the part

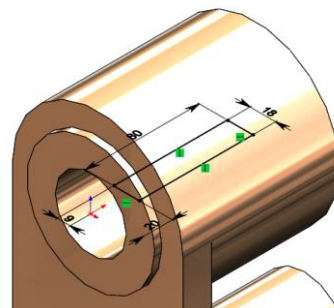
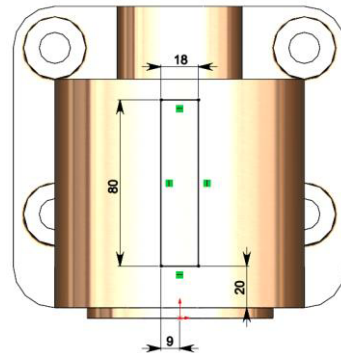


5.22. Побудова ребра.

Створіть ескіз ребра жорсткості як показано на рисунку, використавши в якості площини для рисунку площину "Top".

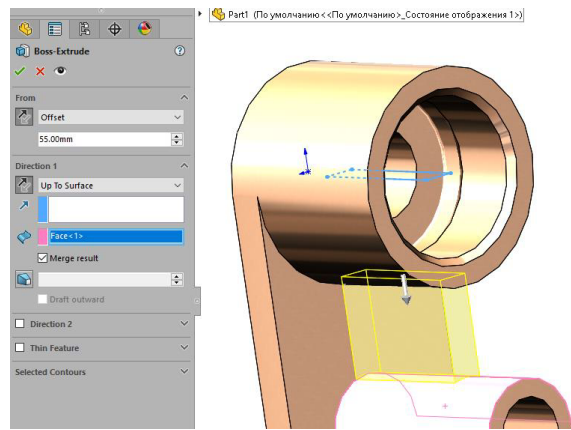
Rib construction.

Sketch the stiffener as shown in the figure, using the "Top" plane as the drawing plane.



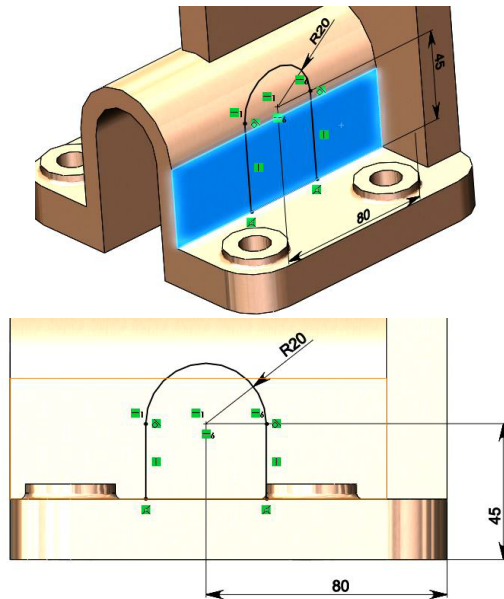
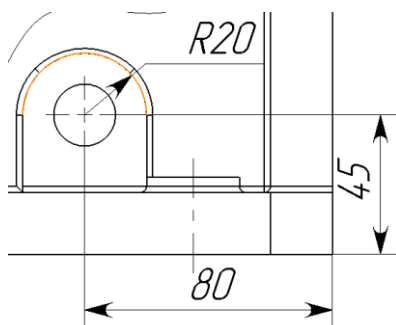
5.23. При видавлюванні ескізу, використовуючи методику із 4.7, відступіть 55 мм вниз, далі видавіть ескіз до поверхні як показано на рисунку.

When extruding the sketch using the technique of 4.7, retreat 55mm down, then extrude the sketch to the surface as shown in the figure.



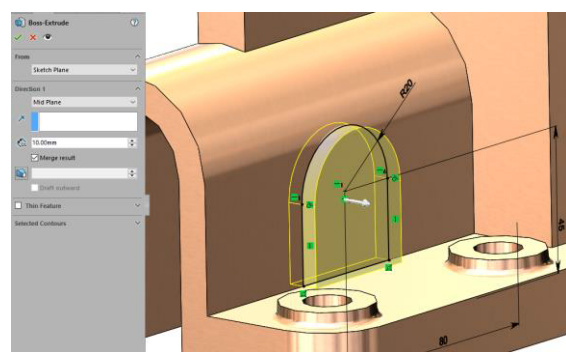
5.24. Створення місця бічного кріплення. Ескіз.

Creating a place for lateral attachment. Sketch.

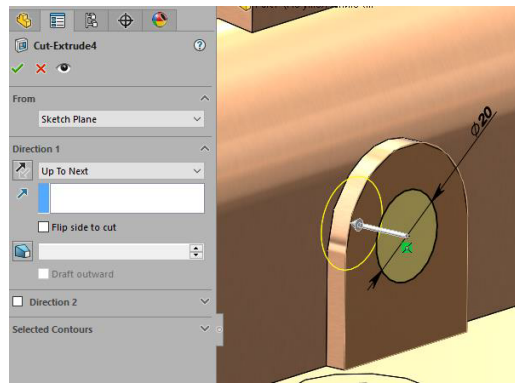


5.25. Створення місця бокового кріплення. Так як частина деталі має заокруглення, то з метою заповнення небажаного зазору необхідно майбутню бобишку видавити в обидва боки. Команда “Extruded Cut”, в вікні "Direction 1" вказати “Mid Plane”, а відстань – 10 мм. (5 мм в один бік, і 5 мм – в інший).

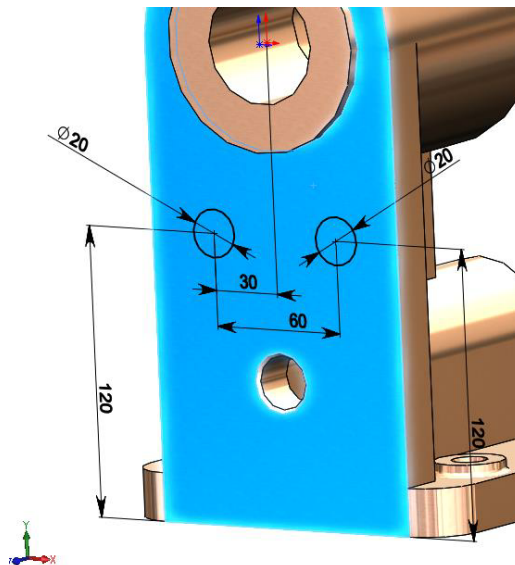
Creating a place for lateral attachment. Since part of the part has a rounding, then with the order to fill the unwanted gap, it is necessary to extrude the future head in both directions. Command "Extruded Cut", in the window "Direction 1" specify "Mid Plane", and the distance - 10 mm. (5 mm in one direction, and 5 mm in the other).



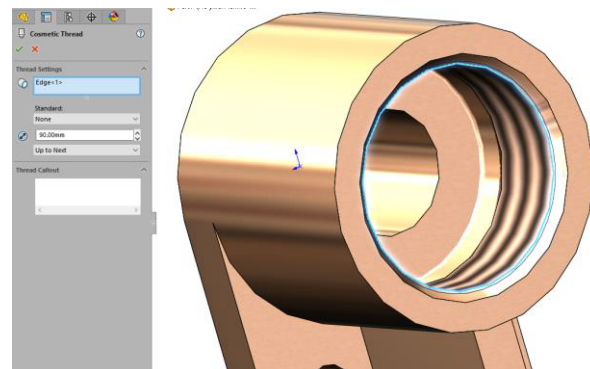
5.26. Створення отвору.
Creating a hole.



5.27. Створення отворів на задній стінці.
Creating holes on the back wall



5.28. Створення схематичного позначення різьби.
Для створення різьби достатньо її схематичного позначення.
Виберіть в випадаючому меню "Insert > Annotations > Cosmetic Thread"
Виберіть у вікні менеджера стандарт None, діаметр – 90 мм., умова – Up To Next.
Creation of a thread, its schematic designation is enough.
To create a thread, its schematic designation is enough.
Select "Insert > Annotations > Cosmetic Thread" from the drop-down menu
Select the None standard in the manager window, the diameter is 90 mm, the condition is Up To Next.



5.29. Створення схематичного позначення різьби.

Виберіть в випадаючому меню "Insert > Annotations > Cosmetic Thread"

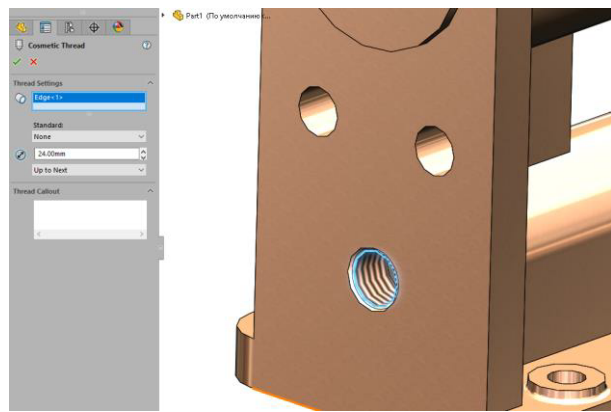
Виберіть у вікні менеджера стандарт None, діаметр – 24 мм., умова – Up To Next.

Creation of a schematic notation of a thread.

Select "Insert > Annotations > Cosmetic Thread" from the drop-down menu

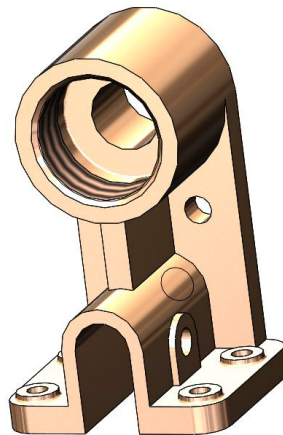
Select the None standard in the manager window,

the diameter is 24 mm, the condition is Up To Next.



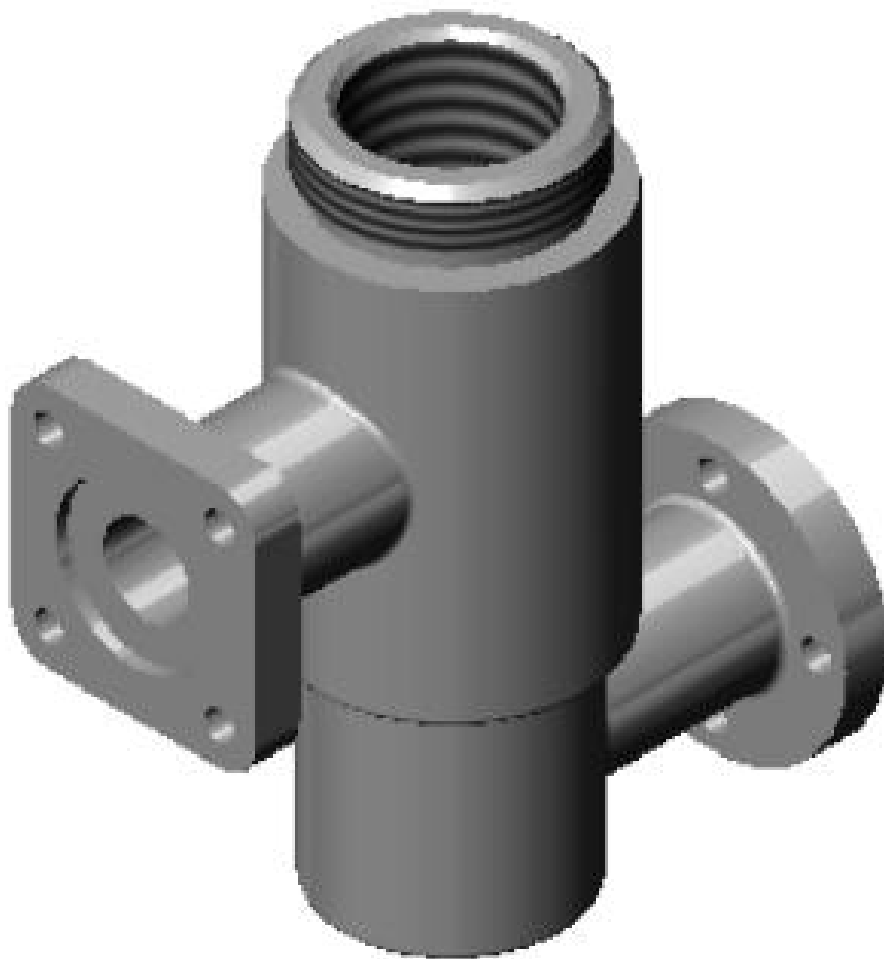
Результат моделювання деталі.

The result of modeling the part



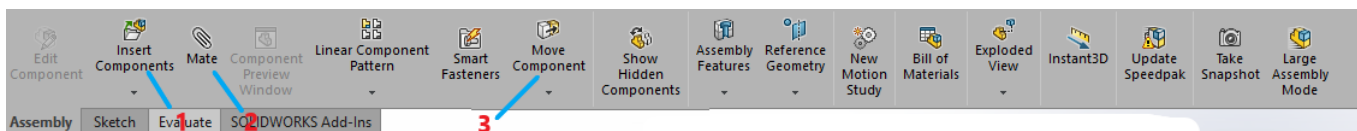
Відео побудови деталі: Video instructions: <https://www.youtube.com/watch?v=vW8nONCgNOo>

Відео побудови деталі для самостійного опрацювання: Video instructions:
<https://youtu.be/s7nZ0x8QvE0>



6. СТВОРЕННЯ ЗБІРКИ ДЕТАЛЕЙ

6. BUILD AN ASSEMBLY



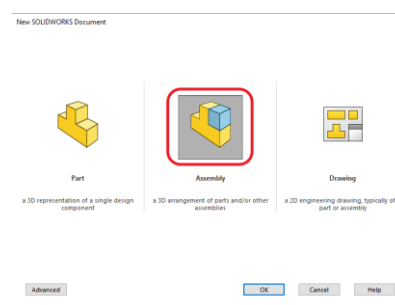
Необхідні команди: Required commands:

- 1 – Insert Components – додавання деталей до збірки;
- 2 – Mate – створення спряжень між елементами деталей;
- 3 – Move/Rotate Component – лінійне переміщення деталей та обертання деталей.

Алгоритм побудови Creation algorithm

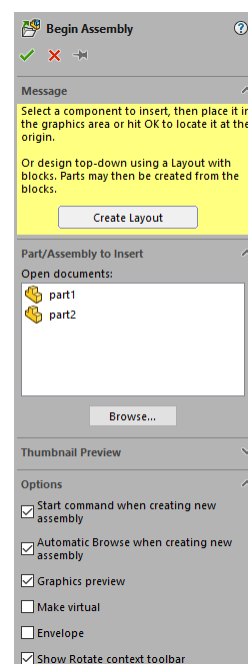
6.1. Створіть новий файл, та виберіть шаблон "Assembly" в діалоговому вікні.

Create a new file, select the "Assembly" template in the dialog box.



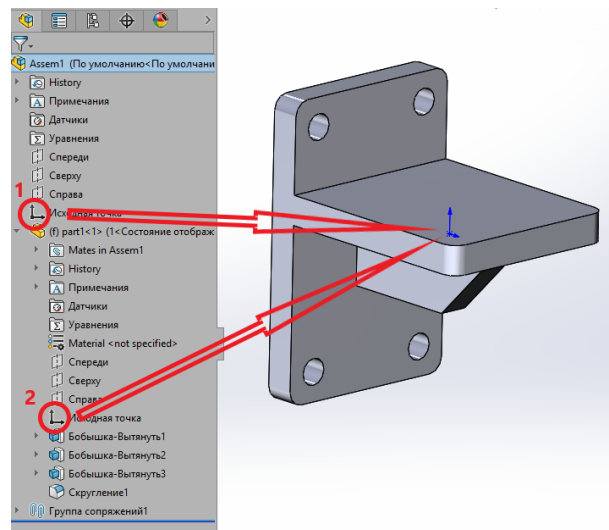
6.2. Після запуску файлу збірки запуситься вікно "Begin Assembly", де можна вибрати один з відкритих файлів деталей у вікні "Part/ Assembly for insert" або, натиснувши "Browse..." вибрати файл деталі з конкретної папки.

After starting the assembly file, the "Begin Assembly" window will open, where you can select one of the open part files in the "Part/Assembly for insert" window, or click "Browse..." to select a part file from a specific folder.



6.3. Перша деталь фіксується в просторі автоматично. Бажано сумістити початкову точку деталі з початковою точкою збірки з метою подальшого полегшення процесу збирання. Сумістити початкові точки деталі і збірки можна або вручну навівши курсор з деталлю на базову точку, або відразу натиснути на зелену галочку в діалогову вікні під час вставлення деталі.

The first detail is fixed in space automatically. It is desirable to align the starting point of the part with the starting point of the assembly in order to further facilitate the assembly process. You can align the starting points of the part and the assembly either manually by moving the cursor with the part to the base point, or immediately click on the green check mark in the dialog box when inserting the part.



6.4. Далі необхідно додати в збірку інші деталі. Для цього треба натиснути "Insert Components":

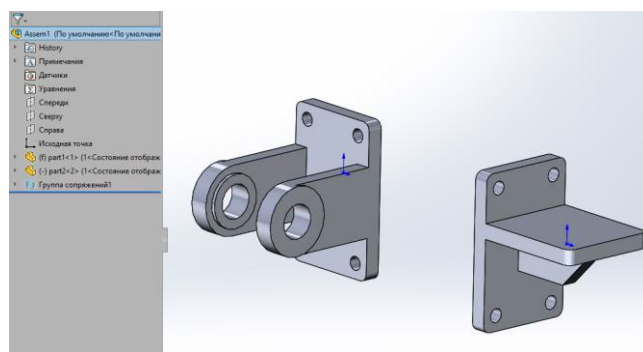


Щойно вставлена деталь ще не зафіксована відносно базової точки збірки. Її можна переміщати в просторі за допомогою команди "Move Component":



Next, it is necessary to add other parts to the assembly. To do this, click "Insert Components".

The newly inserted part is not yet locked relative to the base assembly point. It can be moved in space using the "Move Component" command.



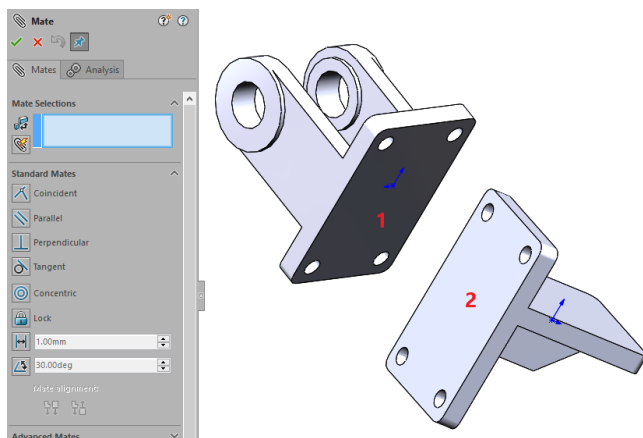
6.5. Для того, щоб зібрати дві деталі в збірку, необхідно розташувати їх елементи певним чином один до одного. Для цього використовується команда "Mate":



В менеджері властивостей "Mate" є вікно "Mate Selections", куди треба внести елементи деталей (грані, кромки, осі..), далі зі списку вибрати необхідне спраження.

За замовчуванням програма автоматично запропонує спраження, яке найбільш підходить.

In order to assemble two parts into an assembly, it is necessary to arrange their elements



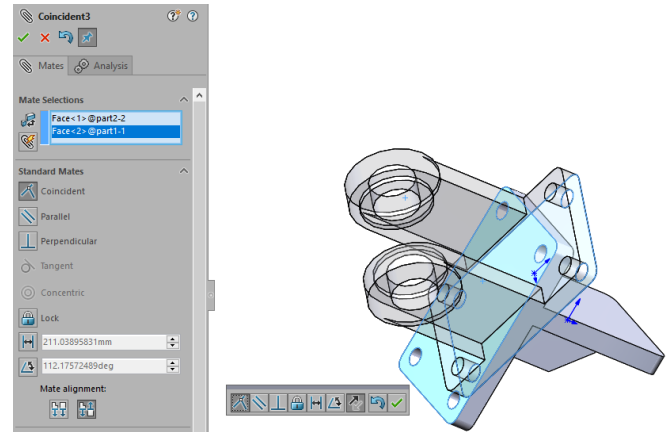
in a certain way to each other. For this, the “Mate” command is used.

In the "Mate" property manager, there is a "Mate Selections" window, where you need to enter details elements (faces, edges, axes...), then select the necessary mate from the list.

By default, the program will automatically suggest the most suitable mate.

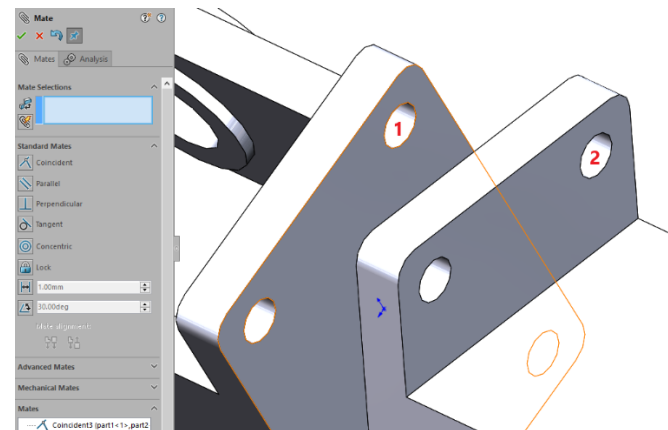
6.6. Тильні грані двох деталей повинні в збірці торкатись одна до одної. Для цього в вікно виберіть необхідні грані на деталях (1 і 2 на рис. 6.5.) - програма автоматично запропонує спряження "Coincident" і сумістить вибрані грані.

The back faces of the two parts must touch each other in the assembly. To do this, select the necessary faces on the details in the window (1 and 2 in Fig. 5.5) - the program will automatically offer the "Coincident" mate and match the selected faces.



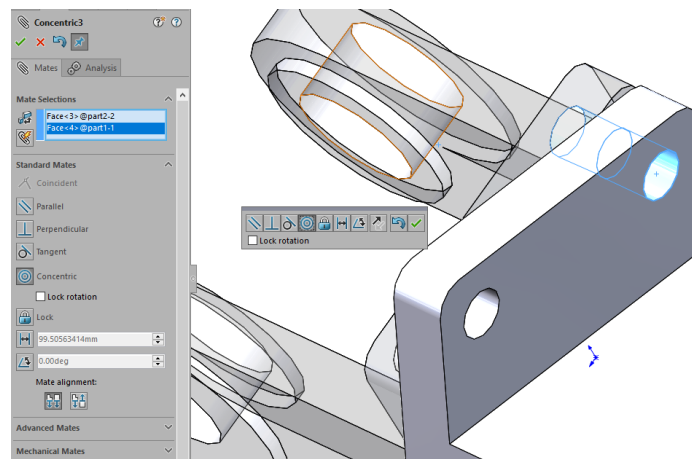
6.7. Далі треба сумістити отвори для кріплення (циліндричні поверхні 1 і 2).

Next, it is necessary to align the mounting holes (cylindrical surfaces 1 and 2).



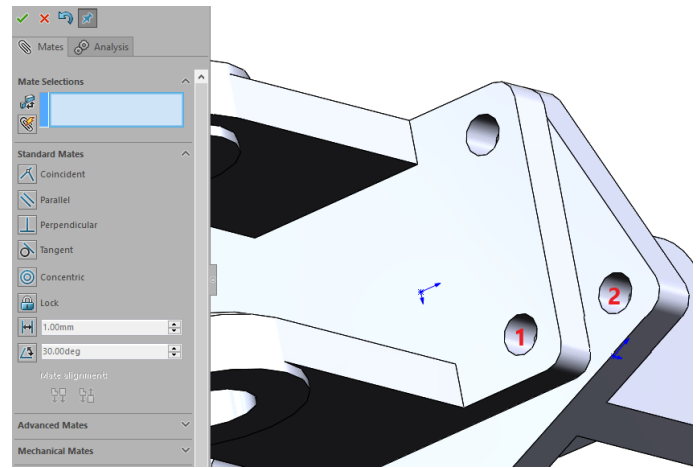
6.8. В цьому випадку необхідно вибрати отвори в деталях і спряження "Concentric".

In this case, it is necessary to select holes in the details and "Concentric" mate.

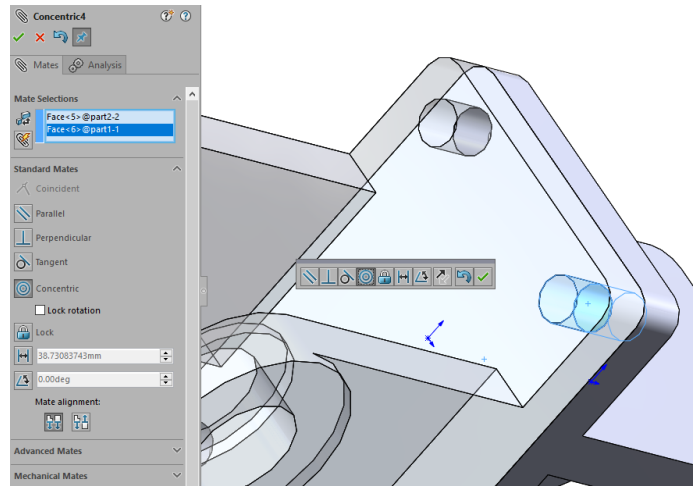


6.9. За такою ж методикою виберіть інші два отвори.

Using the same technique, select the other two holes.



6.10. Спряження "Concentric".
"Concentric" mate.

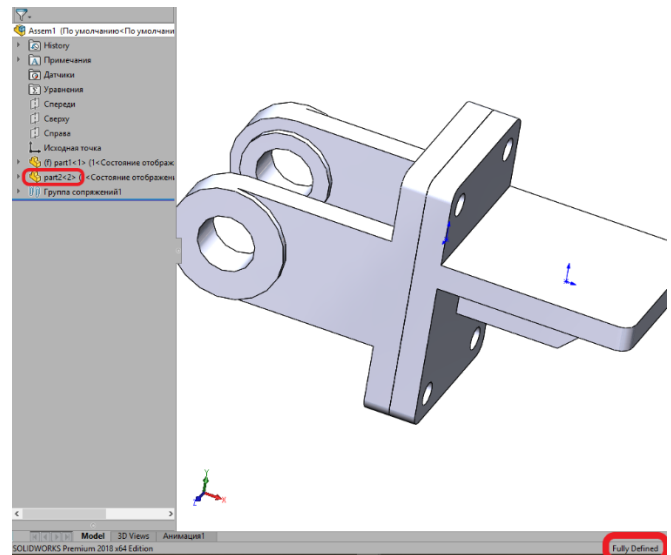


6.11. Тепер друга деталь зафіксована в просторі за допомогою спряжень відносно першої деталі і відносно базової точки.

Про це свідчить відсутність значка мінус напроти деталі в дереві конструювання, а в правому нижньому кутку повідомлення "Fully Defined" говорить про те, що збірка повністю визначена в просторі.

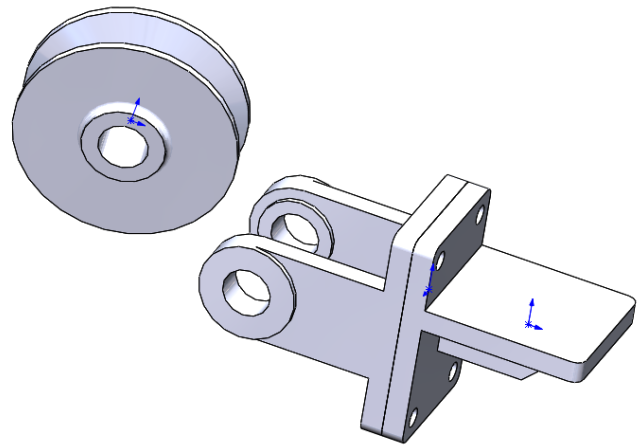
Now the second detail is fixed in space by means of mates relative to the first detail and relative to the base point.

This is evidenced by the absence of a minus icon opposite the part in the design tree, and the message "Fully Defined" in the lower right corner indicates that the assembly is fully defined in space.



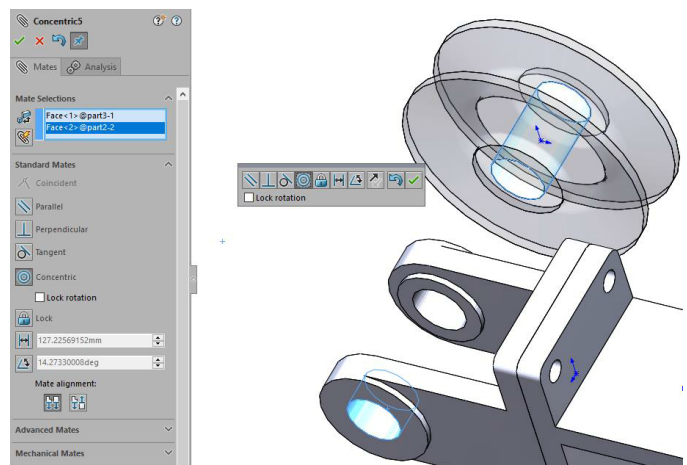
6.12. Додайте третю деталь за методикою, яка описана вище.

Add the third detail using the method described above.



6.13. Спряження "Concentric" виставить виділені циліндричні поверхні концентрично.

The "Concentric" coupling will expose the selected cylindrical surfaces concentrically



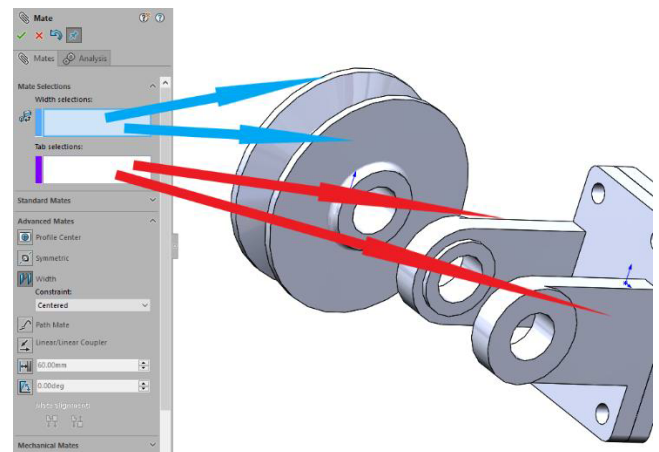
6.14. Щоб виставити третю деталь по центру між щокми деталі 2, необхідно вибрати спряження "Width" на вкладці "Advanced Mates":



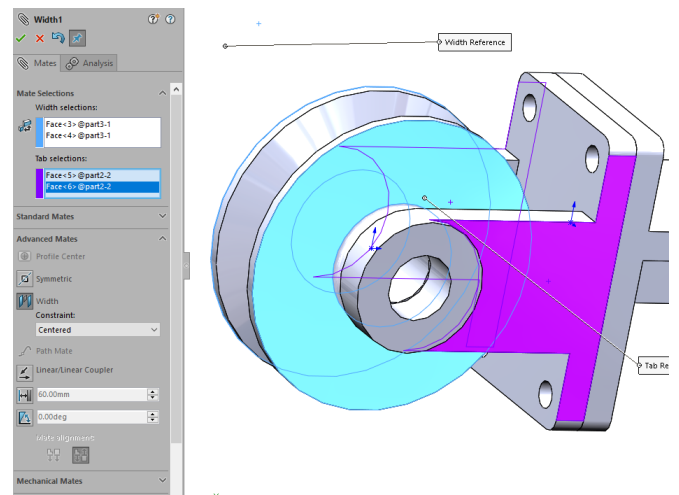
В перше вікно вводяться паралельні грані на деталі 3, а в другому - паралельні грані на деталі 2.

To set the third part in the center between the cheeks of part 2, you need to select the "Width" conjugation on the "Advanced Mates" tab.

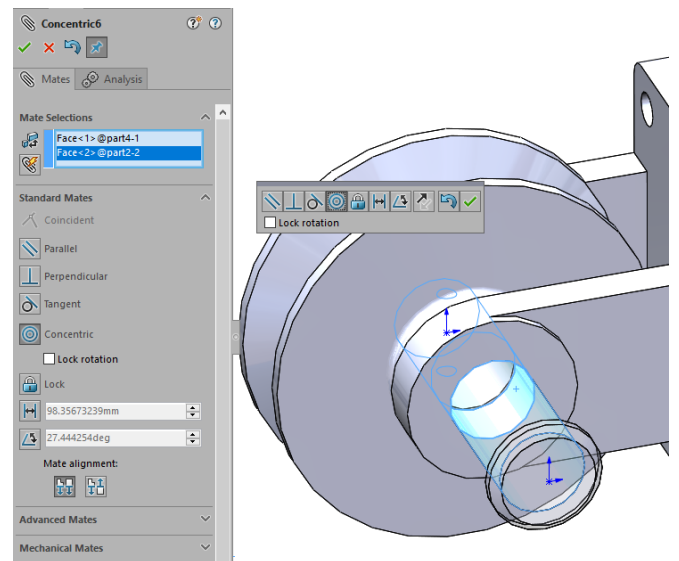
In the first window, parallel faces on part 3 are entered, and in the second - parallel faces on part 2.



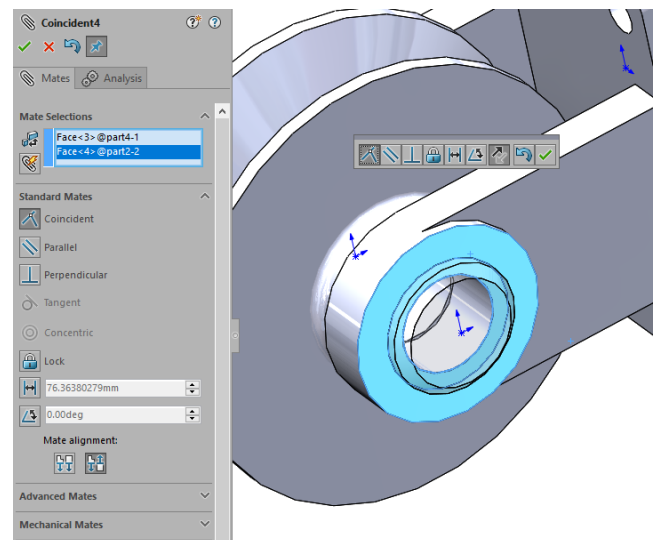
6.15. Результат роботи спряження "Width".
The result of mate "Width".



6.16. Додайте в простір збірки четверту деталь (вал).
Спряження "Concentric".
Add the fourth part (the shaft) to the assembly space.
"Concentric" mate.

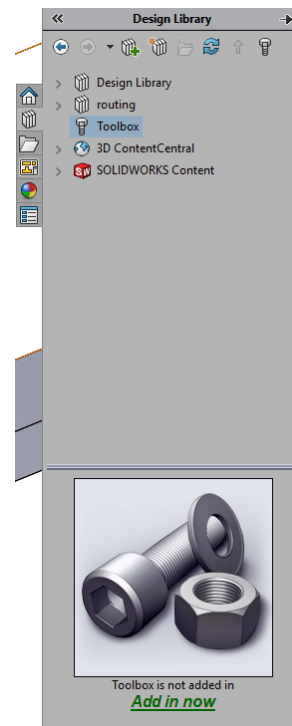


6.17. Спряження "Coincident".
"Coincident" mate.



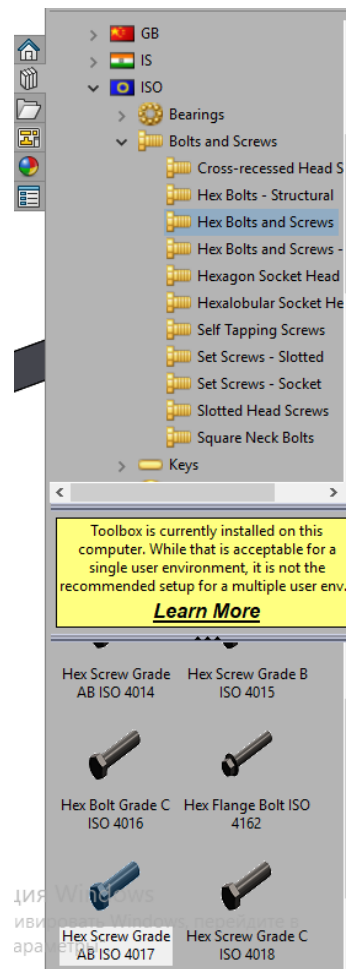
6.18. Далі необхідно додати болтові з'єднання в збірку. Для цього треба завантажити бібліотеку кріплення "Toolbox". Виберіть "Add in now".

Next, it is necessary to add bolted connections to the assembly. To do this, you need to download the "Toolbox" mounting library. Select "Add in now".



6.19. Після завантаження бібліотеки необхідно вибрати стандарт кріплень. Виберіть стандарт ISO. В списку "Bolts and Screws" виберіть необхідний тип болта, розмір підбирається програмою автоматично, виходячи з розміру отвору.

After loading the library, you need to select the mounting standard. Select the ISO standard. In the "Bolts and Screws" list, select the required type of bolt, the size is selected automatically by the program, based on the size of the hole.

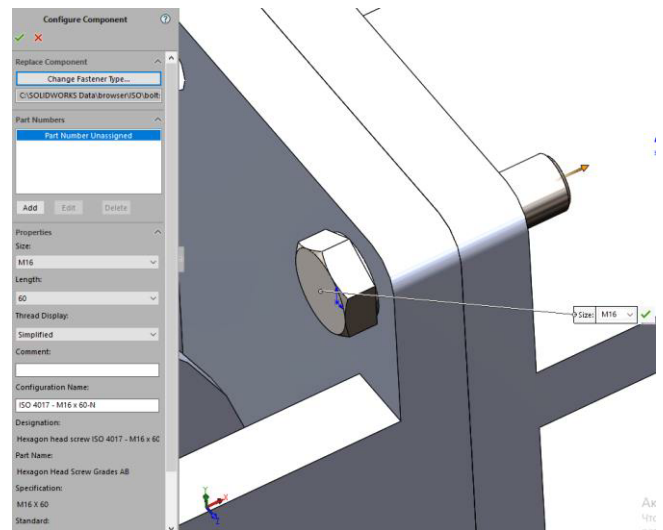


6.20. Перетягніть необхідний тип болта на отвір, та відкоригуйте, за необхідності, розмір болта, довжину болта і довжину різьби.

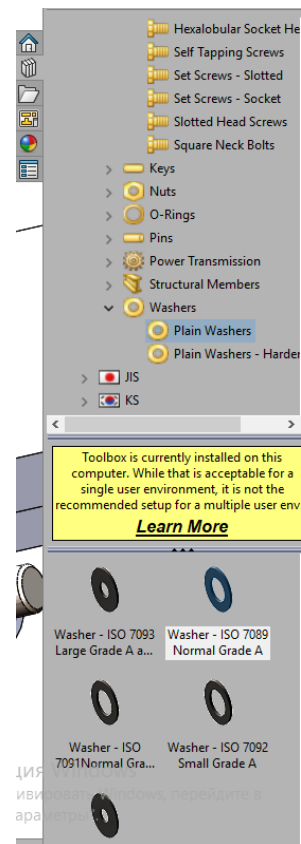
Після налаштування типу болта, не виходячи з команди простановки кріплень, додайте ще три болти у відповідні отвори.

Drag the desired bolt type onto the hole, and adjust the bolt size, bolt length, and thread length as necessary.

After setting the bolt type, without leaving the mount command, add three more bolts to the corresponding holes.

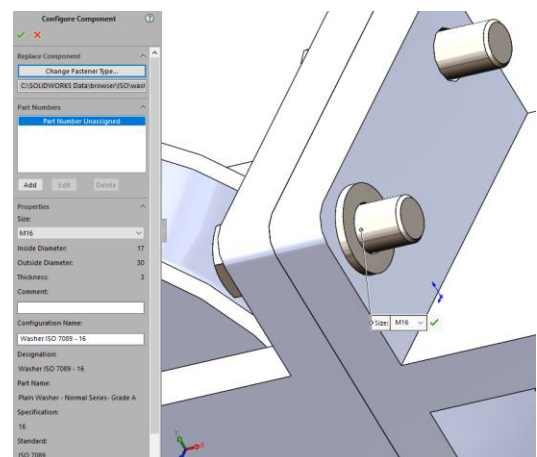


6.21. Таким же чином виберіть шайби
In the same way, select washers

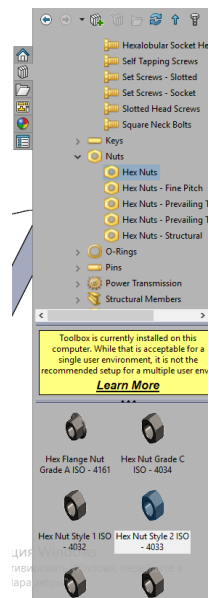


6.22. Перетягніть шайби на робоче поле, в зону їх розташування. Програма автоматично підбере необхідний типорозмір.

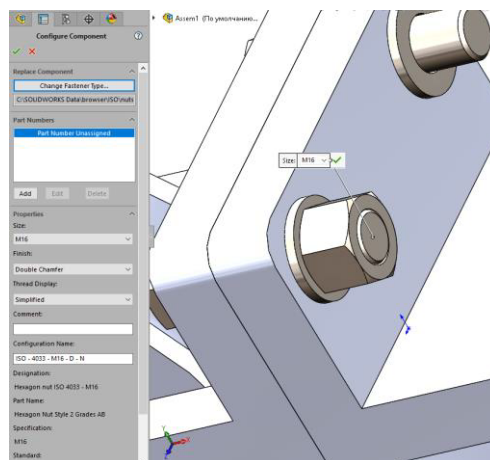
Drag the washers to the working field, to the area where they are located. The program will automatically select the required font size.



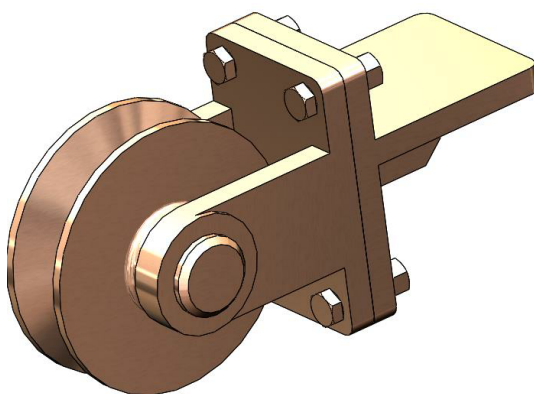
6.23. Потім виберіть гайки.
Then select the nuts.



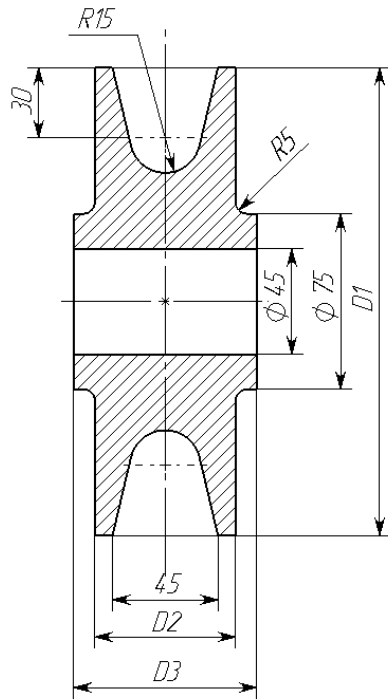
6.24. Додайте гайки до збірки.
Add the nuts to the assembly.



Результат збирання. The result of the assembly process.

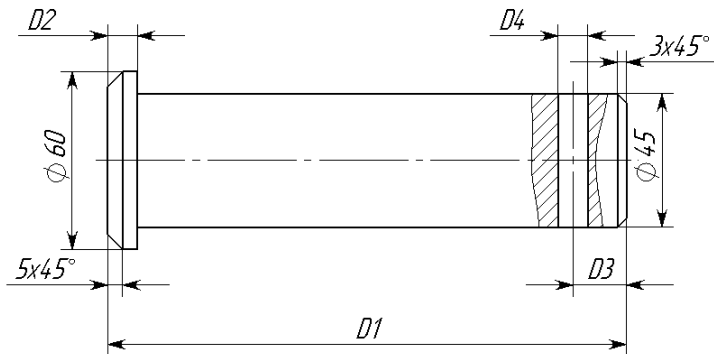


Завдання на третю деталь. Task on the third detail



	D1	D2	D3
0	200	45,0	78,0
1	202	45,5	78,5
2	204	46,0	79,0
3	206	46,5	79,5
4	208	47,0	80,0
5	210	47,5	80,5
6	212	48,0	81,0
7	214	48,5	81,5
8	216	49,0	82,0
9	218	49,5	82,5
10	220	50,0	83,0
11	222	50,5	83,5
12	224	51,0	84,0
13	226	51,5	84,5
14	228	52,0	85,0
15	230	52,5	85,5
16	232	53,0	86,0
17	234	53,5	86,5
18	236	54,0	87,0
19	238	54,5	87,5
20	240	55,0	88,0

Завдання на четверту деталь. Task on the fourth detail



	D1	D2	D3	D4
0	175	10,0	18,0	10,0
1	177	10,5	18,5	10,1
2	179	11,0	19,0	10,2
3	181	11,5	19,5	10,3
4	183	12,0	20,0	10,4
5	185	12,5	20,5	10,5
6	187	13,0	21,0	10,6
7	189	13,5	21,5	10,7
8	191	14,0	22,0	10,8
9	193	14,5	22,5	10,9
10	195	15,0	23,0	11,0
11	197	15,5	23,5	11,1
12	199	16,0	24,0	11,2
13	201	16,5	24,5	11,3
14	203	17,0	25,0	11,4
15	205	17,5	25,5	11,5
16	207	18,0	26,0	11,6
17	209	18,5	26,5	11,7
18	211	19,0	27,0	11,8
19	213	19,5	27,5	11,9
20	215	20,0	28,0	12,0

7. ОСНОВИ СТВОРЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

7. FUNDAMENTALS OF CREATING DRAWINGS

7.1. Для того, щоб створити креслення деталі за вимогами ГОСТ, необхідно вибрати відповідний шаблон креслення, де прописані шрифти, формати та інші вимоги щодо оформлення.

In order to create details of creation according to the requirements of GOST, it is necessary to select the appropriate creation template, where fonts, formats and other design requirements are prescribed.

7.2. Натисніть "Advanced" на попередньому вікні і на вкладці "Templates" виберіть шаблон креслення "gost-part".

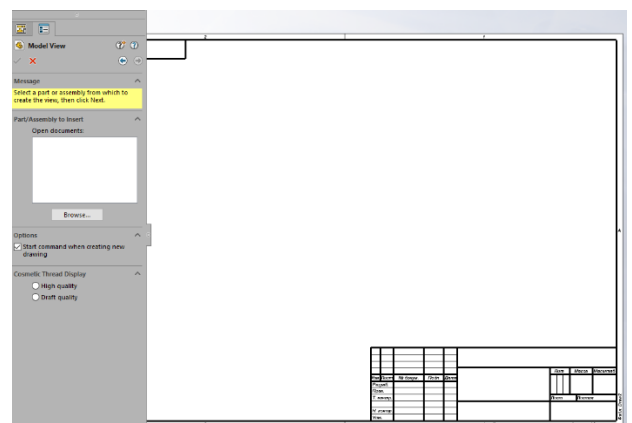
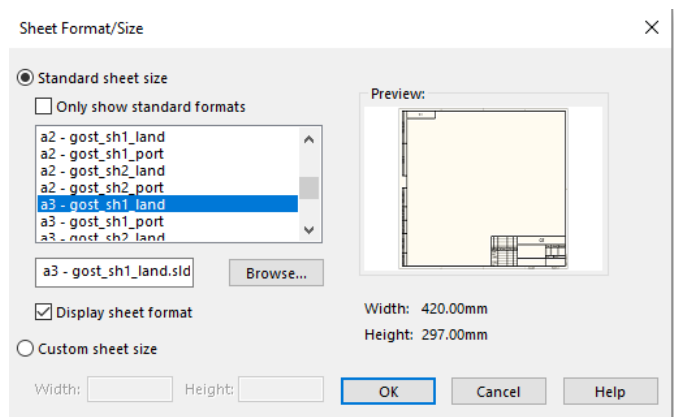
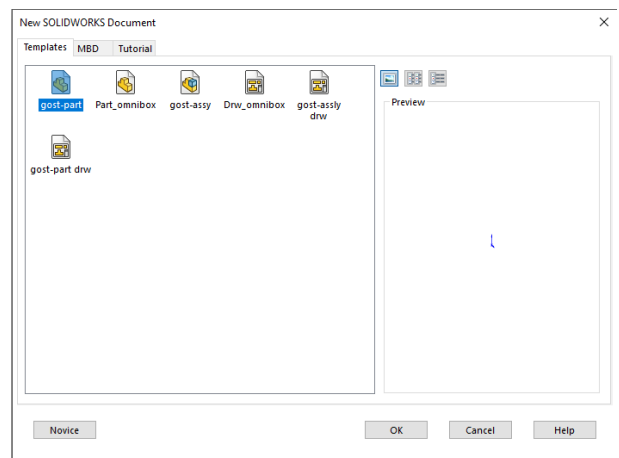
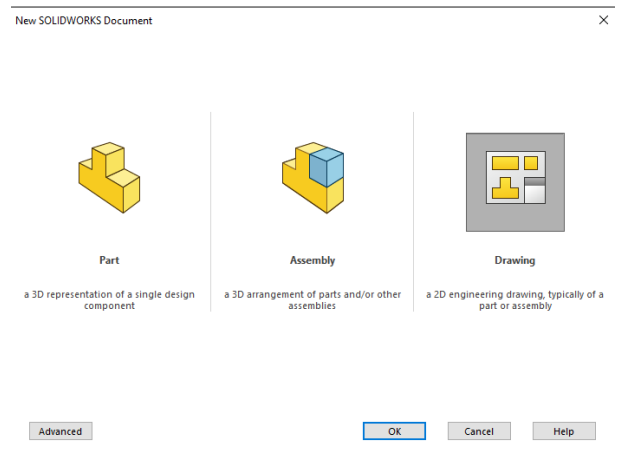
Click "Advanced" on the previous window and on the "Templates" tab select the "gost-part" drawing template.

7.3. Далі, у наступному вікні, необхідно вибрати умову "Standard sheet size" і в списку аркушів вибрати стандартний розмір аркуша зі списку. Вибираємо перший аркуш A3 стандарту ГОСТ.

Next, in the next window, you need to select the "Standard sheet size" condition and select the standard sheet size from the list in the list of sheets. We select the first sheet of A3 of the GOST standard.

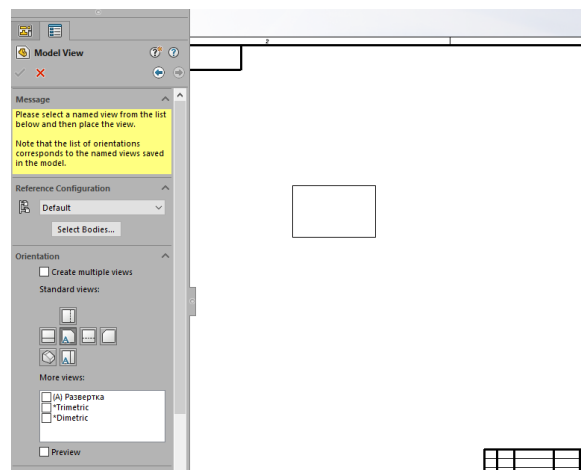
7.4. Далі на вибраний формат аркуша необхідно вибрати і вставити необхідні види деталі. Якщо деталь вже відкрита, то у вікні "Open documents" виберіть цю деталь, в іншому випадку виберіть "Browse..."

Next, you need to select and insert the necessary types of details on the selected sheet format. If the detail is already open, select this detail in the "Open documents" window, otherwise select "Browse..."



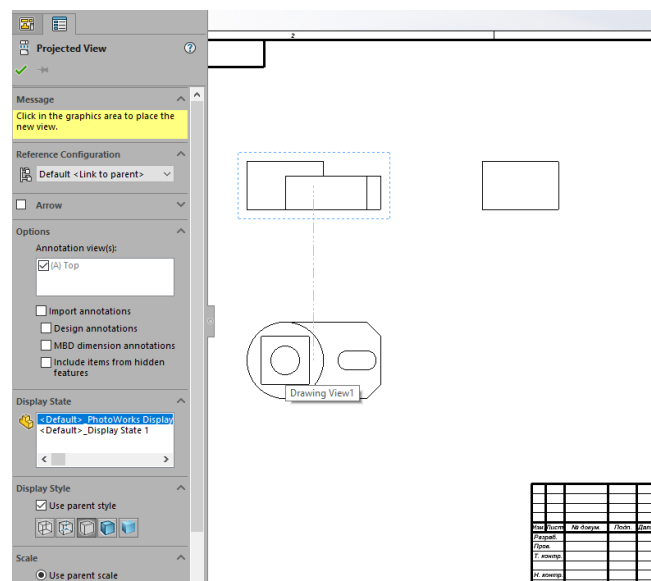
7.5. Програма запропонує розставити необхідні види в вибраних місцях. Виберіть необхідну орієнтацію деталі, натиснувши на відповідну іконку в “Orientation”-> “Standart views”.

The program will offer to place the necessary species in the selected places. Choose the required orientation of the part by clicking on the corresponding icon in “Orientation”-> “Standard views”



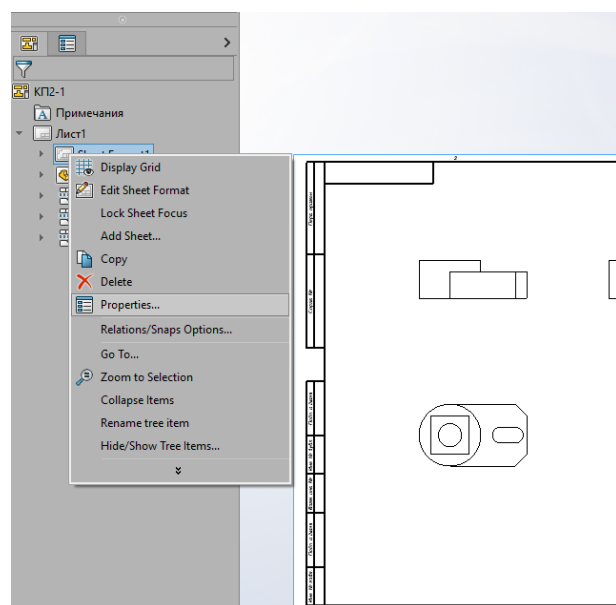
7.6. Розставте необхідні види в необхідних місцях. За необхідності можна використати команду “Projected View” вкладки “Drawing”.

Place the necessary species in the necessary places. If necessary, you can use the “Projected View” command of the “Drawing” tab.



7.7. За необхідності, змініть масштаб аркушу. Щоб змінити масштаб, клікніть правою клавiшею миші на форматі аркушу в дереві конструювання і виберіть “Properties...”.

If necessary, change the scale of the sheet. To change the scale, right-click on the sheet format in the design tree and select “Properties...”.

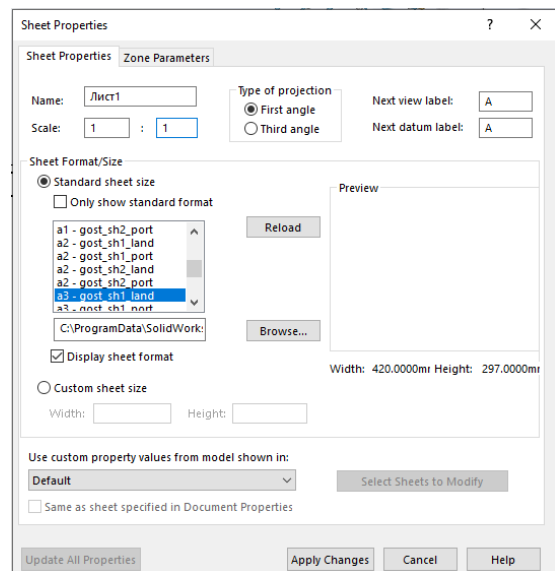


7.8. Масштаб змінюється в двох полях “Scale”. Також в цьому вікні можна змінити вибраний формат аркушу, спосіб побудови видів та ім'я аркушу.

Встановіть масштаб 1:1.

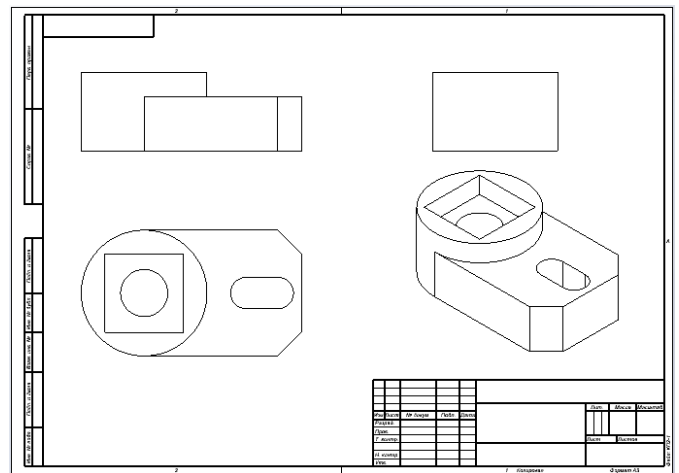
The scale is changed in two “Scale” fields. Also, in this window, you can change the selected sheet format, the way the views are constructed, and the name of the sheet.

Set the scale to 1:1.



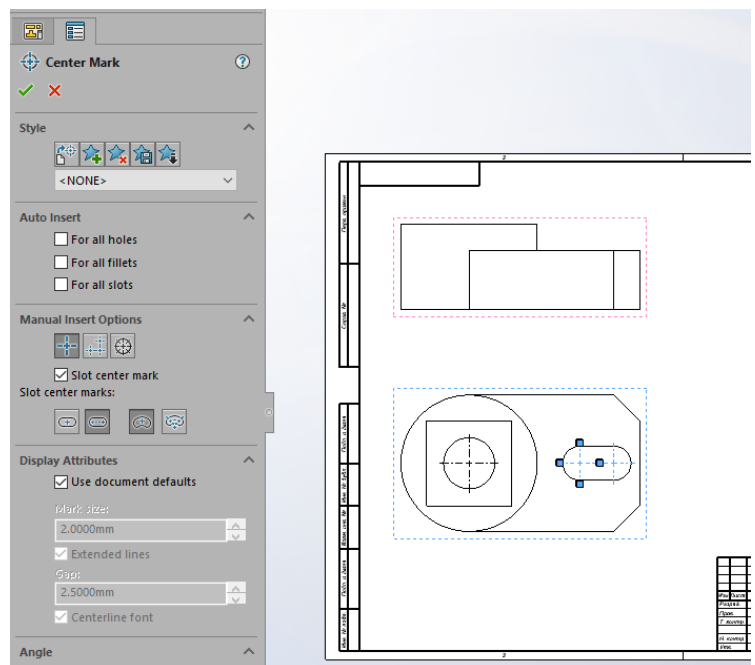
7.9. Після зміни масштабу розташування видів на аркуші матиме наступний вигляд. За необхідності, положення видів можна перетягти, причому, при перетягуванні проєкційні зв'язки зберігаються.

After changing the scale, the location of the views on the sheet will look like this. If necessary, the position of the species can be dragged, and when dragging, the projection relationships are preserved.



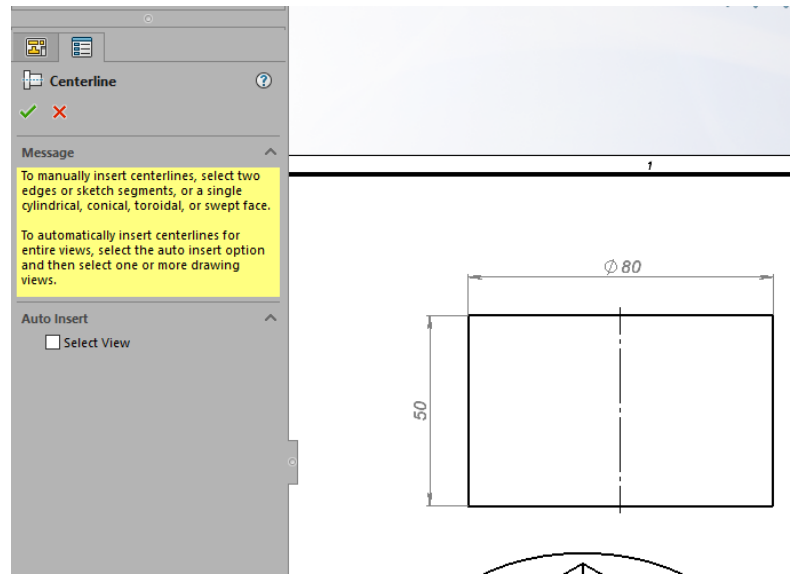
7.10. Далі необхідно проставити осьові лінії та вказати центри кіл. Деякі лінії проставляються автоматично, а деякі необхідно проставити вручну. Виберіть команду “Center Mark” на вкладці “Annotation”. Зверніть увагу на налаштування в “Manual Insert Options” та “Slot center mark”.

Next, you need to draw the axis lines and indicate the centers of the circles. Some lines are drawn automatically, and some must be drawn manually. Select the “Center Mark” command on the “Annotation” tab. Pay attention to the settings in “Manual Insert Options” and “Slot center mark”.



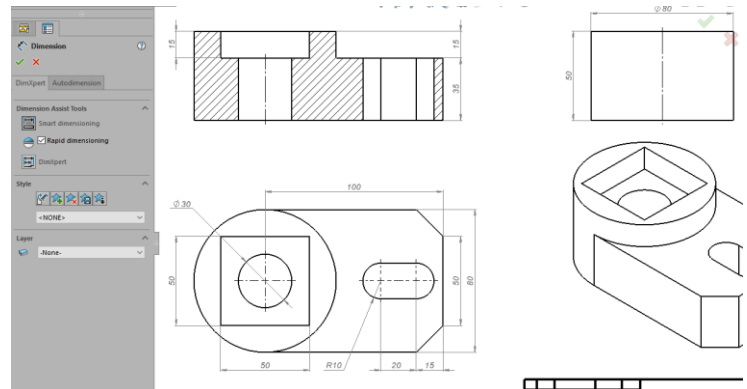
7.11. Осьова лінія проставляється шляхом виділення курсором циліндричної поверхні (автоматичний режим) або шляхом виділення курсором двох паралельних ліній – осьова лінія створиться між виділеними суцільними лініями (ручний режим).

The axial line is inserted by selecting a cylindrical surface with the cursor (automatic mode) or by selecting two parallel lines with the cursor - the axial line will be created between the selected solid lines (manual mode).



7.12. Простановка розмірів. Розміри проставляються способом, який є аналогічним способу простановки в режимі «Ескіз».

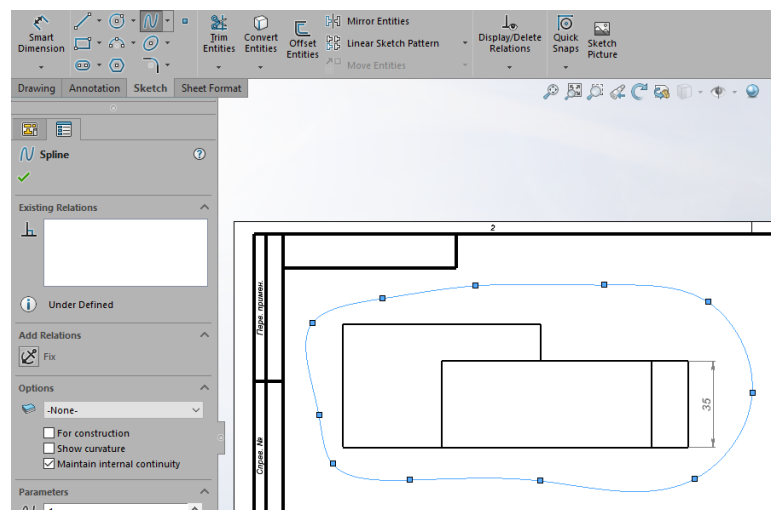
Arrangement of dimensions. The dimensions are set in a way that is similar to the way of setting in the "Sketch" mode.



7.13. Так як на кресленні не видно внутрішню частину деталі, необхідно зробити розріз деталі на основному її виді. Для цього намалюйте сплайном замкнутий контур навколо необхідного виду деталі.

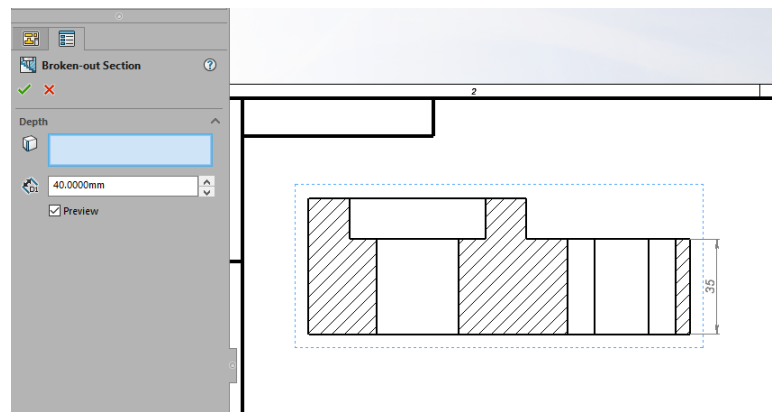
Since the inner part of the part is not visible on the drawing, it is necessary to make a section of the part on its main view.

To do this, draw a closed contour around the required type of part with a spline.



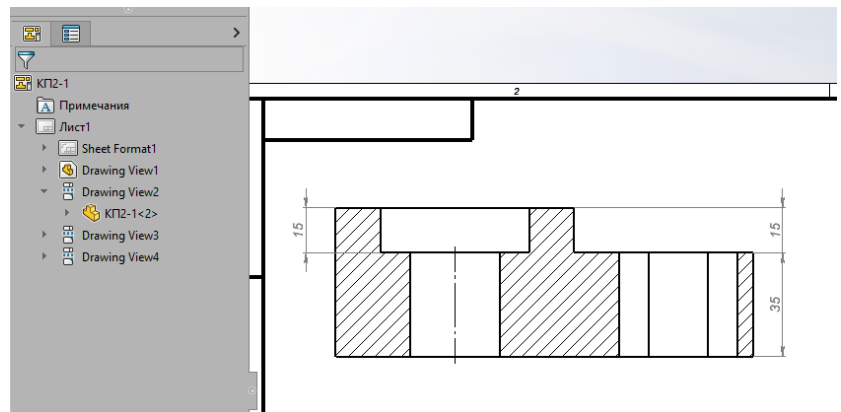
7.14. Тепер необхідно "врізатись" в деталь на половину її ширини - $80/2 = 40$ мм

Now it is necessary to "cut" into the part by half its width - $80/2 = 40$ mm



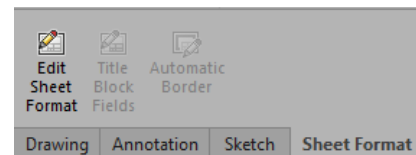
7.15. Проставте розміри і осьову лінію на виді, який отримали.

Place the dimensions and the axis line on the view you received



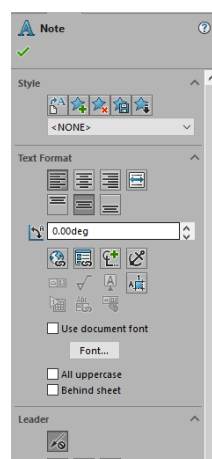
7.16. Далі необхідно додати інформацію в штамп. Для цього перейдіть на вкладку "Sheet Format" і натисніть іконку "Edit Sheet Format". Зображення видів деталі при цьому зникне з поля листа.

Next, you need to add information to the stamp. To do this, go to the "Sheet Format" tab and click the "Edit Sheet Format" icon. At the same time, the image of the types of the part will disappear from the field of the letter.



7.17. Введіть в штамп необхідну інформацію. В пустому полі наведіть курсор на передню частину необхідної строчки, курсор висвітлить пустий прямокутник синього кольору. Подвійний клік на цьому прямокутнику здасть можливість ввести інформацію.

Enter the necessary information in the stamp. In an empty field, move the cursor to the front of the required line, the cursor will highlight an empty blue rectangle. Double-clicking on this rectangle will allow you to enter information



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

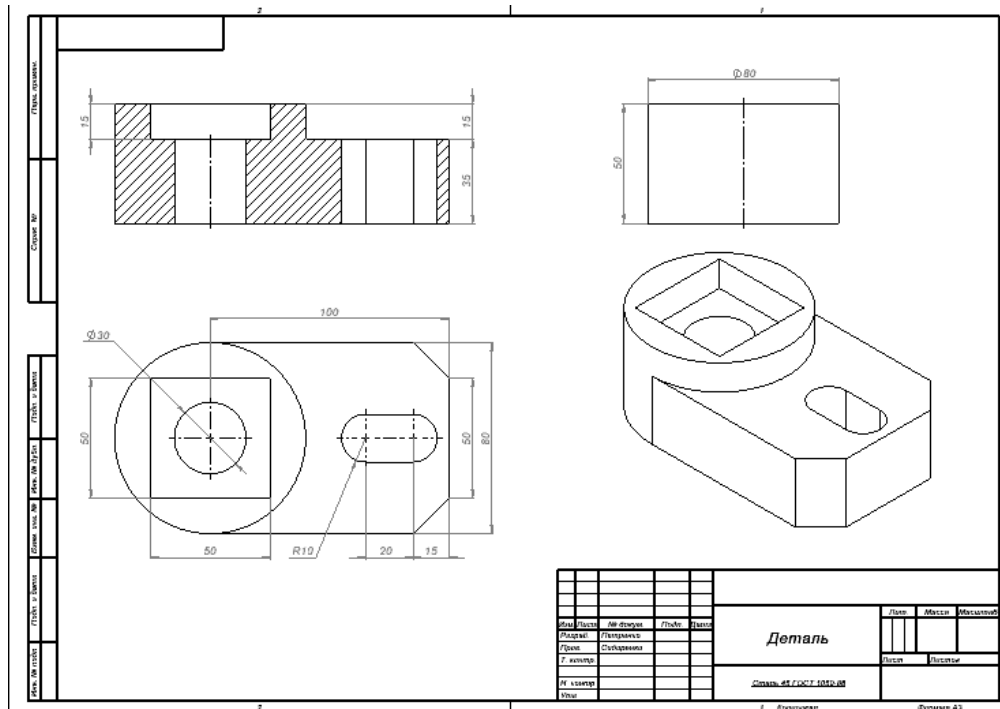
7.18. Натиснувши на іконку виходу, яка знаходиться у верхньому правому куті,



вийдіть з режиму редагування написів в штампі в верхньому правому куті.

By clicking on the exit icon, which is located in the upper right corner, exit the mode of editing the inscriptions in the stamp in the upper right corner.

В результаті отримано наступне креслення деталі: As a result, the following drawing of the part was obtained:



Завдання на самостійну роботу:

В роботі навести креслення деталі за варіантом з комп'ютерного практикуму №2 (одна деталь) та з комп'ютерного практикуму №3 (три деталі).

Tasks for homework:

In the work, provide a drawing of a part according to the option from computer workshop No. 2 (one part) and from computer workshop No. 3 (three parts).

Відео побудови деталі для самостійного опрацювання: Video instructions:

<https://youtu.be/Jzuhh7s1UBg>

ЛІТЕРАТУРА

1. Козяр М.М., Фещук Ю.В., Парфенюк О.В. Комп'ютерна графіка: SolidWorks: навчальний посібник, Ю.В. Фещук, О.В. Парфенюк. - Херсон: Олді-плюс, 2018. - 252
2. Методичні вказівки до виконання комп'ютерних практикумів з дисципліни "Пакети прикладних програм для конструювання електричних машин", використання систем автоматизованого проектування AutoCAD та SolidWorks для конструювання електричних машин / Уклад.: Ю.М. Васьковський, Ю.А. Гайденко, С.С. Цивінський. – К.: НТУУ "КПІ ІМ. І.СІКОРСЬКОГО"
3. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни "Основи проектування та САПР" для підготовки бакалаврів за напрямом 6.050502 "Інженерна механіка", 6.050503 "Машинобудування" / укладач: Г.І. Танцура – Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2011 р. – 80 с
4. Сучасні технології конструювання РЕА. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» усіх форм навчання. – Чернівці: ЧНТУ, 2019. – 67 с
5. Методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт з дисципліни CAD/CAM-системи для студентів спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" / Сост.: В.Г.Макшанцев - Краматорськ: ДДМА. 2018.-57 с.
6. Холодняк Ю. В. Комп'ютерне проектування промислових виробів: навчально-методичний посібник з виконання практичних робіт / Ю. В. Холодняк; ТДАТУ. – Мелітополь: ТДАТУ, 2020. – 152 с
7. Bethune J.D. Engineering Design and Graphics with SolidWorks 2016 / J.D. Bethune // Peachpit Press, 2016. - 784 p.
8. Onwubolu G.C. Introduction to SolidWorks: A Comprehensive Guide with Applications in 3D Printing / G.C. Onwubolu // CRC Press, 2017. - 1193 p.
9. Tickoo S. SolidWorks 2017 for Designers / S. Tickoo // CAD/CIM Technologies, 2017. - 2223 p.
10. Verma G. SolidWorks 2017 Black Book / G. Verma, M. Weber // CAD/CAM/CAE Works, 2017. - 518 p.
11. Сайт компанії Dassault System SolidWorks. <http://www.solidworks.com>.
12. Проектування елементів мехатронних систем у середовищі SolidWorks [Текст]: метод. вказівки до викон. комп. практикуму для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / Уклад.: Л.К. Лістовщик, В.О. Поліщук, М.П. Калюш. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. - 76 с.