

Лекція 1. Вступ до САПР та Autodesk Inventor

Освітня мета лекції

Сформувати у студентів базове уявлення про системи автоматизованого проектування (САПР), показати їх роль у сучасній інженерній діяльності та навчити орієнтуватися в середовищі Autodesk Inventor як інструменті параметричного 3D-моделювання.

1. Теоретична частина

1.1. Поняття САПР (CAD) та їх роль у сучасній інженерії

САПР (CAD — Computer-Aided Design) — це програмні засоби, призначені для автоматизованого створення, редагування, аналізу та підготовки конструкторської документації.

САПР використовуються для:

- проектування механічних деталей і вузлів;
- створення виробів для масового та одиничного виробництва;
- підготовки моделей до верстатної обробки та 3D-друку;
- зменшення кількості помилок на етапі проектування;
- скорочення часу розробки виробу.

У сучасній інженерії САПР є обов'язковим інструментом, оскільки:

- замінюють ручне креслення;
- дозволяють швидко вносити зміни;
- забезпечують точність геометрії;
- інтегруються з аналізом міцності та виробництвом.

1.2. Різниця між 2D- та 3D-проектуванням

2D-проектування:

- базується на плоских кресленнях;
- використовує вигляди, розрізи, перерізи;
- вимагає високого рівня просторової уяви;
- складно вносити зміни — потрібно переробляти кілька виглядів.

3D-проектування:

- базується на об'ємній цифровій моделі;
- автоматично генерує креслення;

- дозволяє візуально оцінювати форму та взаємодію деталей;
- спрощує підготовку до виробництва (CNC, 3D-друк).

Сучасна промисловість майже повністю перейшла на 3D-проектування, а 2D-креслення використовуються як похідний результат.

1.3. Параметричне моделювання: що це і чому воно важливе

Параметричне моделювання — це підхід, при якому геометрія моделі визначається параметрами (розмірами, залежностями, формулами).

Приклад параметрів:

- довжина;
- ширина;
- товщина;
- діаметр отвору;
- кількість елементів.

Переваги параметричного моделювання:

- зміна одного параметра автоматично перебудовує модель;
- зменшення кількості помилок;
- зручність створення типових виробів;
- можливість швидкої адаптації під інші умови або вимоги.

Autodesk Inventor є параметричною САПР, що робить його особливо корисним для інженерного проектування та навчання.

1.4. Огляд екосистеми Autodesk

Autodesk — міжнародна компанія, що розробляє програмне забезпечення для проектування, архітектури, машинобудування та виробництва.

Основні продукти:

- **AutoCAD** — 2D-креслення та базове 3D;
- **Fusion 360** — хмарна CAD/CAM/CAE система;
- **Inventor** — професійна САПР для машинобудування;
- **Revit** — проектування будівель;
- **3ds Max** — візуалізація.

Autodesk Inventor орієнтований на:

- механічні деталі;
- вузли та механізми;
- параметричні моделі;
- підготовку до виробництва.

1.5. Типи файлів Autodesk Inventor

У Inventor використовується чітка логіка поділу файлів:

- **IPT (Part)** — файл окремої деталі
Містить ескізи, 3D-операції та параметри.
- **IAM (Assembly)** — файл збірки
Об'єднує кілька деталей в єдину конструкцію з обмеженнями.
- **IDW / DWG (Drawing)** — креслення
Автоматично генерується з 3D-моделі або збірки.

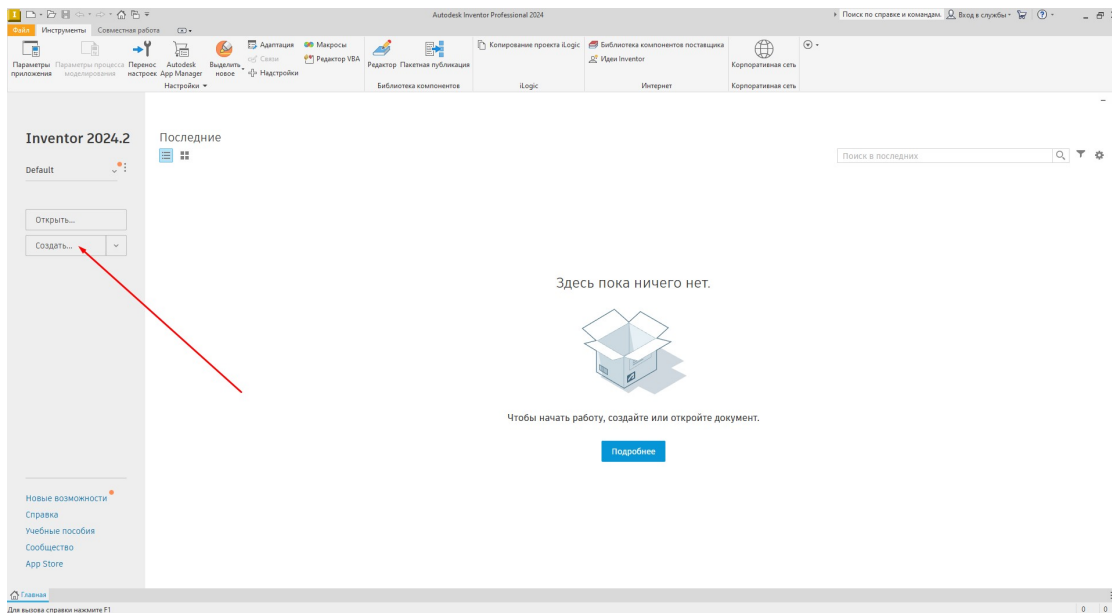
Початок роботи в Autodesk Inventor

Мета розділу

Навчити студентів запускати програму, правильно налаштовувати робоче середовище та орієнтуватися в основних елементах інтерфейсу Autodesk Inventor.

1. Запуск програми та стартове вікно

Після запуску Autodesk Inventor відкривається **стартове вікно**, яке забезпечує швидкий доступ до основних функцій програми.



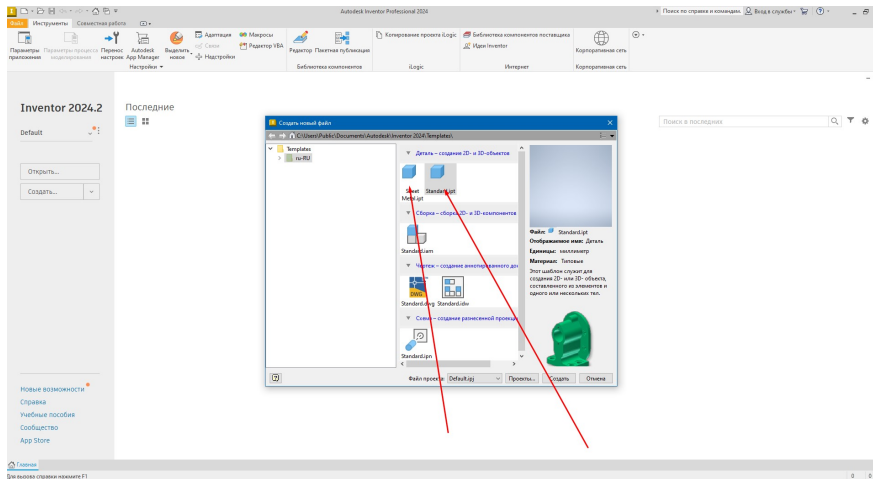
Основні елементи стартового вікна:

- **New** — створення нового файлу;
- **Open** — відкриття існуючого проєкту;
- **Recent** — список нещодавно відкритих файлів;
- **Templates** — шаблони документів;
- **Projects** — керування проєктами.

2. Створення нового файлу деталі

Для створення 3D-моделі деталі необхідно:

1. Обрати **File** → **New** або кнопку **New** на стартовому екрані;
2. У вікні шаблонів вибрати **Standard (mm).ipt**;
3. Підтвердити створення файлу.



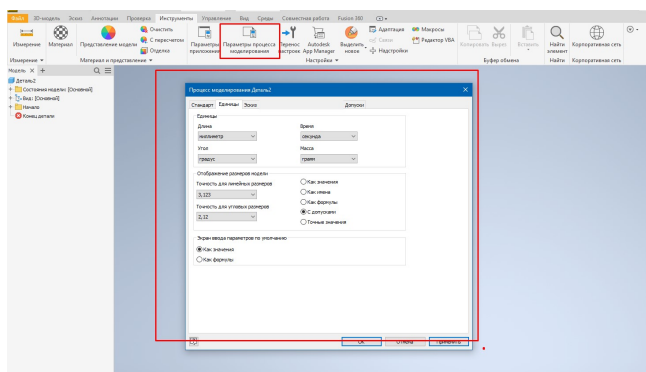
IPT-файл є основою для створення окремих деталей та майбутніх збірок.

3. Налаштування одиниць вимірювання

Перед початком моделювання необхідно переконатися, що використовується правильна система одиниць.

Послідовність дій:

1. Меню **Tools** → **Document Settings**;
2. Вкладка **Units**;
3. Встановити:
 - довжина — **міліметри (mm)**;
 - маса — **грами або кілограми**;
 - кут — **градуси**;
4. Застосувати налаштування.



Неправильно встановлені одиниці вимірювання є **однією з найпоширеніших помилок** початківців.

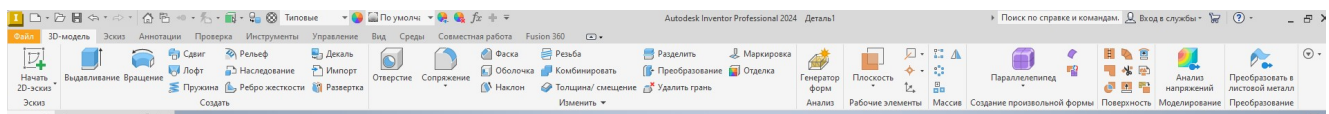
4. Огляд інтерфейсу Autodesk Inventor

Інтерфейс програми поділяється на кілька логічних зон:

4.1. Стрічка команд (Ribbon)

Розташована у верхній частині вікна та містить вкладки:

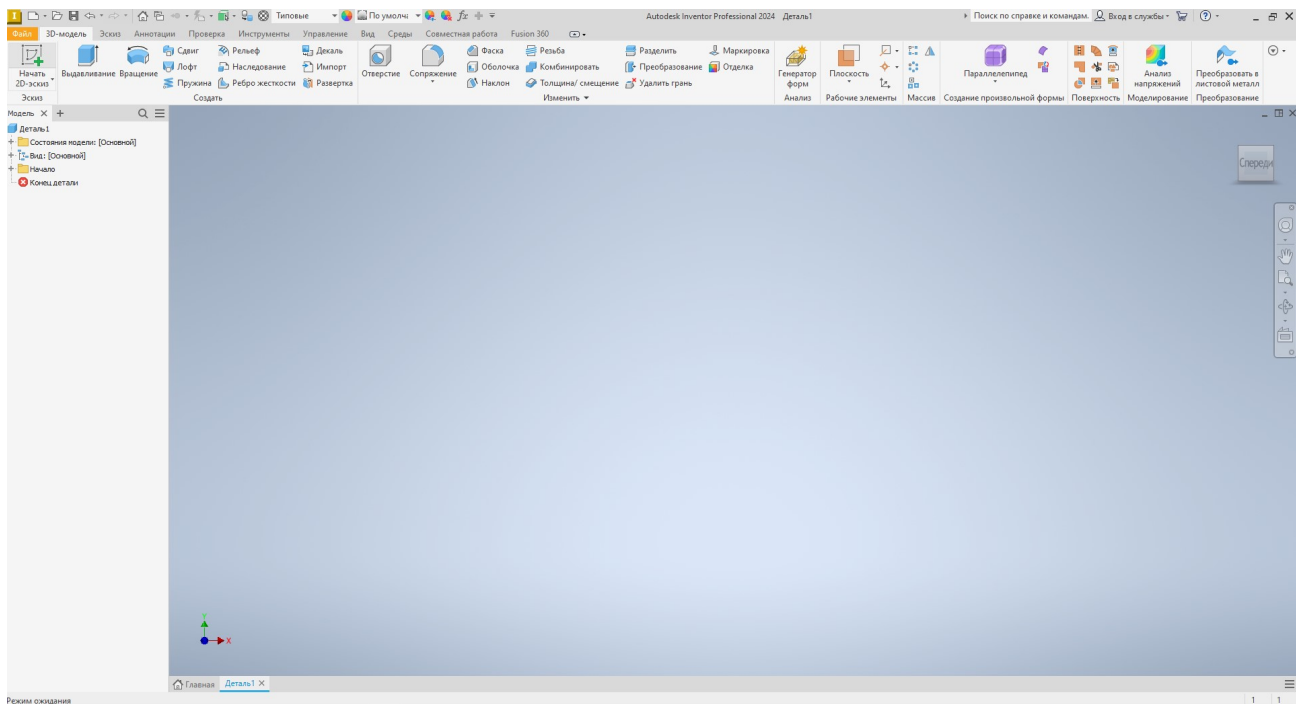
- **Sketch** — інструменти для створення ескізів;
- **3D Model** — операції створення об'ємних тіл;
- **Inspect** — перевірка моделі;
- **Tools** — налаштування та параметри;
- **View** — керування відображенням.



4.2. Робоча область

Центральна частина вікна, де:

- створюється ескіз;
- відображається 3D-модель;
- виконуються всі операції моделювання.

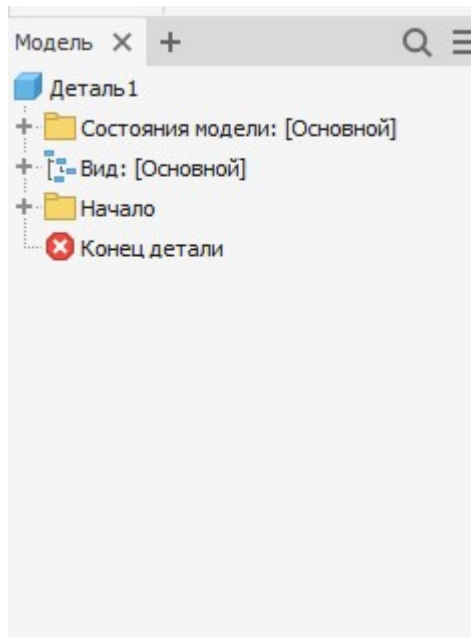


4.3. Браузер моделі (Model Browser)

Розташований зліва та містить:

- історію побудови моделі;
- список ескізів;

- 3D-операції;
- параметри.



4.4. Панель навігації

Містить інструменти:

- обертання моделі;
- масштабування;
- панорамування;
- орієнтацію по осях.



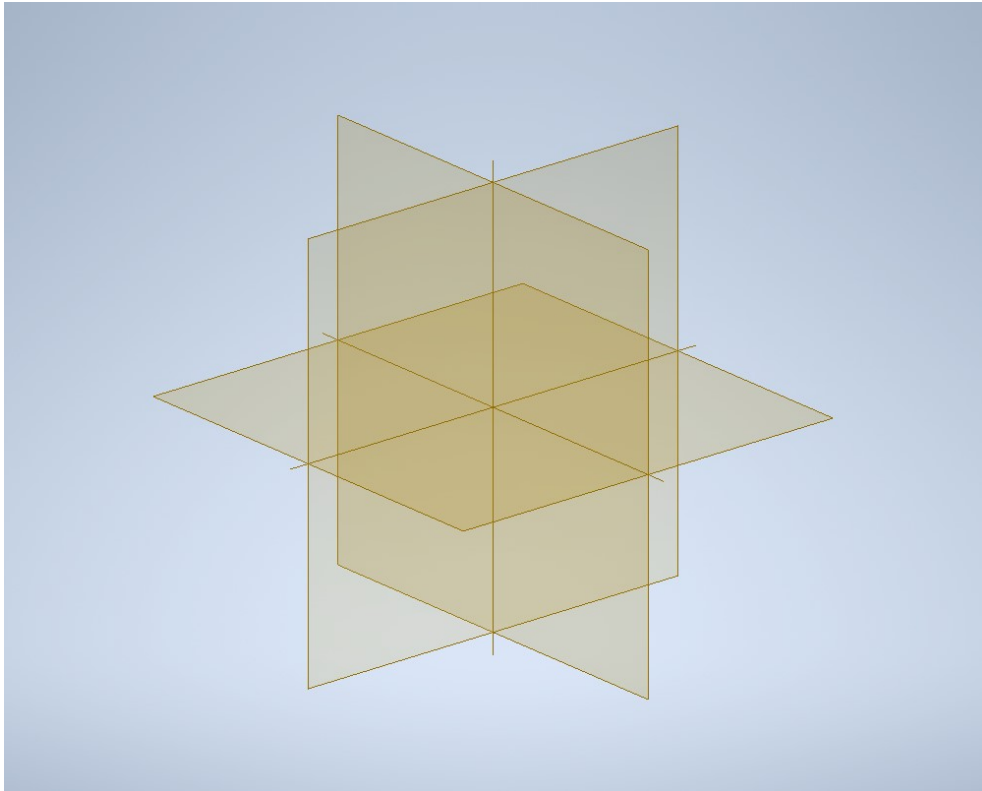
Також використовуються:

- коліщатко миші — масштаб;
- натискання коліщатка — обертання.

5. Система координат та робочі площини

У кожному новому файлі деталі автоматично створюються три базові площини:

- XY;
- YZ;
- XZ.



Вони:

- перетинаються в початку координат;
- використовуються як основа для створення ескізів;
- визначають орієнтацію моделі у просторі.

6. Збереження файлу та організація роботи

Рекомендується:

- зберігати файл одразу після створення;
- використовувати зрозумілі назви файлів;
- створювати окрему папку для кожного проєкту.

Команда збереження:

- **File → Save** або **Ctrl + S**.

Лекція 2. Ескізи (Sketch): геометрична основа 3D-моделі

Освітня мета лекції

Навчити студентів створювати коректні, логічно побудовані та **повністю визначені ескізи**, які є основою для подальшого 3D-моделювання в Autodesk Inventor.

1. Теоретична частина

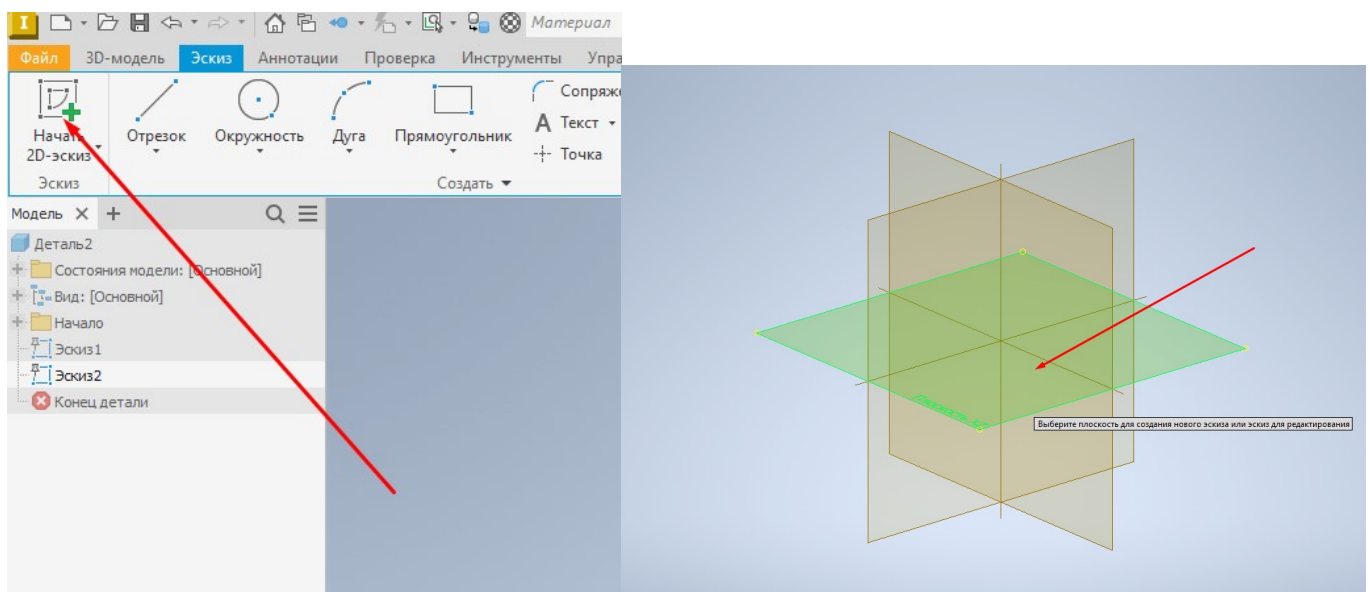
1.1. Робочі площини та система координат

Кожна 3D-модель в Autodesk Inventor створюється відносно **системи координат**, яка складається з трьох взаємно перпендикулярних осей:

- **X** — горизонтальна вісь;
- **Y** — вертикальна вісь;
- **Z** — вісь глибини.

Відповідно до осей існують три стандартні **робочі площини**:

- **XY** — фронтальна або базова площина;
- **XZ** — горизонтальна площина;
- **YZ** — бічна площина.



Ескіз завжди створюється **на площині або плоскій грані**. Правильний вибір площини:

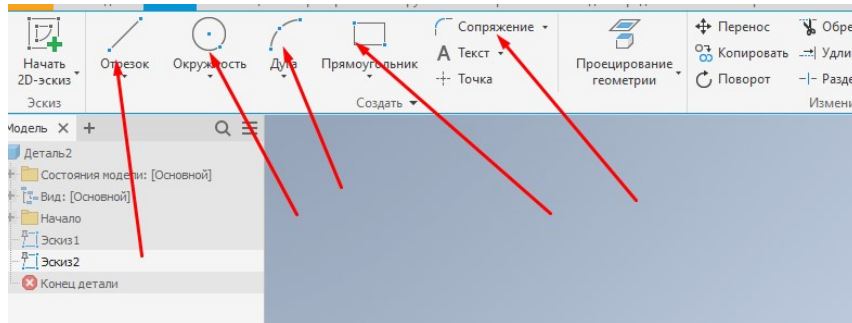
- спрощує подальше моделювання;
- забезпечує симетрію деталі;
- зменшує кількість помилок.

1.2. Геометричні примітиви

Геометричні примітиви — це базові елементи, з яких складається будь-який ескіз.

До основних примітивів належать:

- лінія (Line);
- прямокутник (Rectangle);
- коло (Circle);
- дуга (Arc);
- точка (Point);
- сплайн (Spline).



Примітиви можуть:

- з'єднуватися між собою;
- перетинатися;
- утворювати замкнені контури.

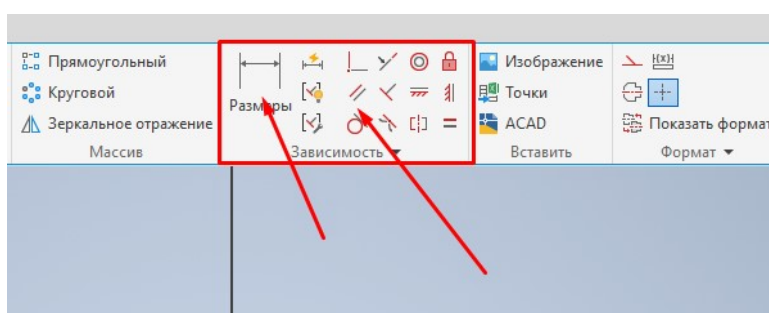
Для 3D-операцій зазвичай використовується замкнений контур, що визначає область видавлювання або обертання.

1.3. Геометричні обмеження та їх роль

Геометричні обмеження (constraints) — це правила, які визначають взаємне розташування елементів ескизу.

Основні типи обмежень:

- **Horizontal / Vertical** — горизонтальність та вертикальність;
- **Parallel** — паралельність;
- **Perpendicular** — перпендикулярність;
- **Coincident** — співпадіння точок;
- **Concentric** — спільний центр;
- **Tangent** — дотичність;
- **Symmetry** — симетрія.



Роль геометричних обмежень:

- забезпечують стабільність ескізу;
- запобігають небажаним зміщенням;
- спрощують параметричну зміну розмірів.

Геометричні обмеження мають вищий пріоритет, ніж розміри, і повинні застосовуватись першими.

1.4. Розмірні обмеження

Розмірні обмеження задають числові значення геометричних параметрів ескізу:

- довжина відрізка;
- відстань між елементами;
- діаметр або радіус;
- кут між лініями.

Особливості:

- розміри можуть бути змінені в будь-який момент;
- розміри можуть бути пов'язані формулами;
- кожен розмір є параметром моделі.

Надлишкові або конфліктні розміри можуть призвести до помилок у перебудові ескізу.

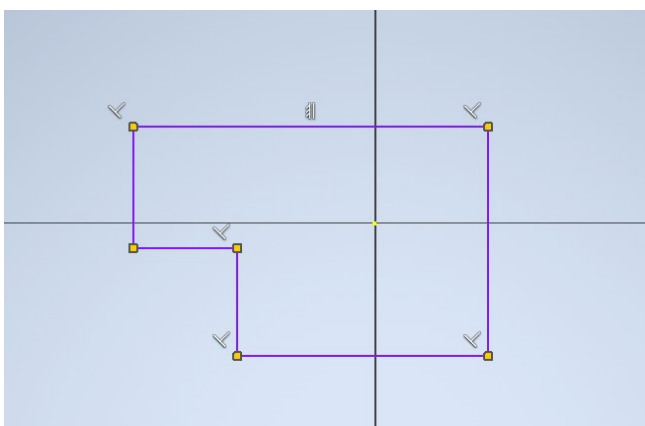
1.5. Поняття повної визначеності ескізу

Ескіз вважається **повністю визначеним**, якщо:

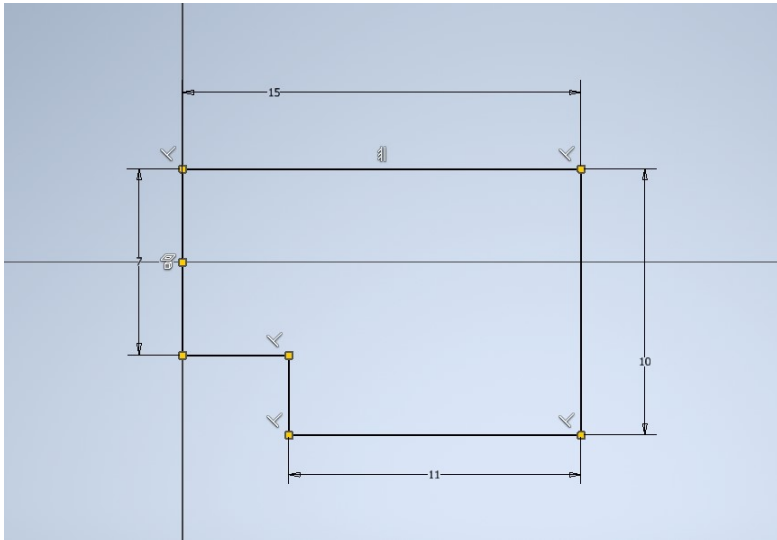
- всі елементи зафіксовані геометричними та розмірними обмеженнями;
- відсутня можливість вільного переміщення елементів;
- ескіз має стабільну геометрію.

У Autodesk Inventor стан ескізу визначається кольором:

- **синій** — ескіз недовизначений;



- **чорний** — ескіз повністю визначений.

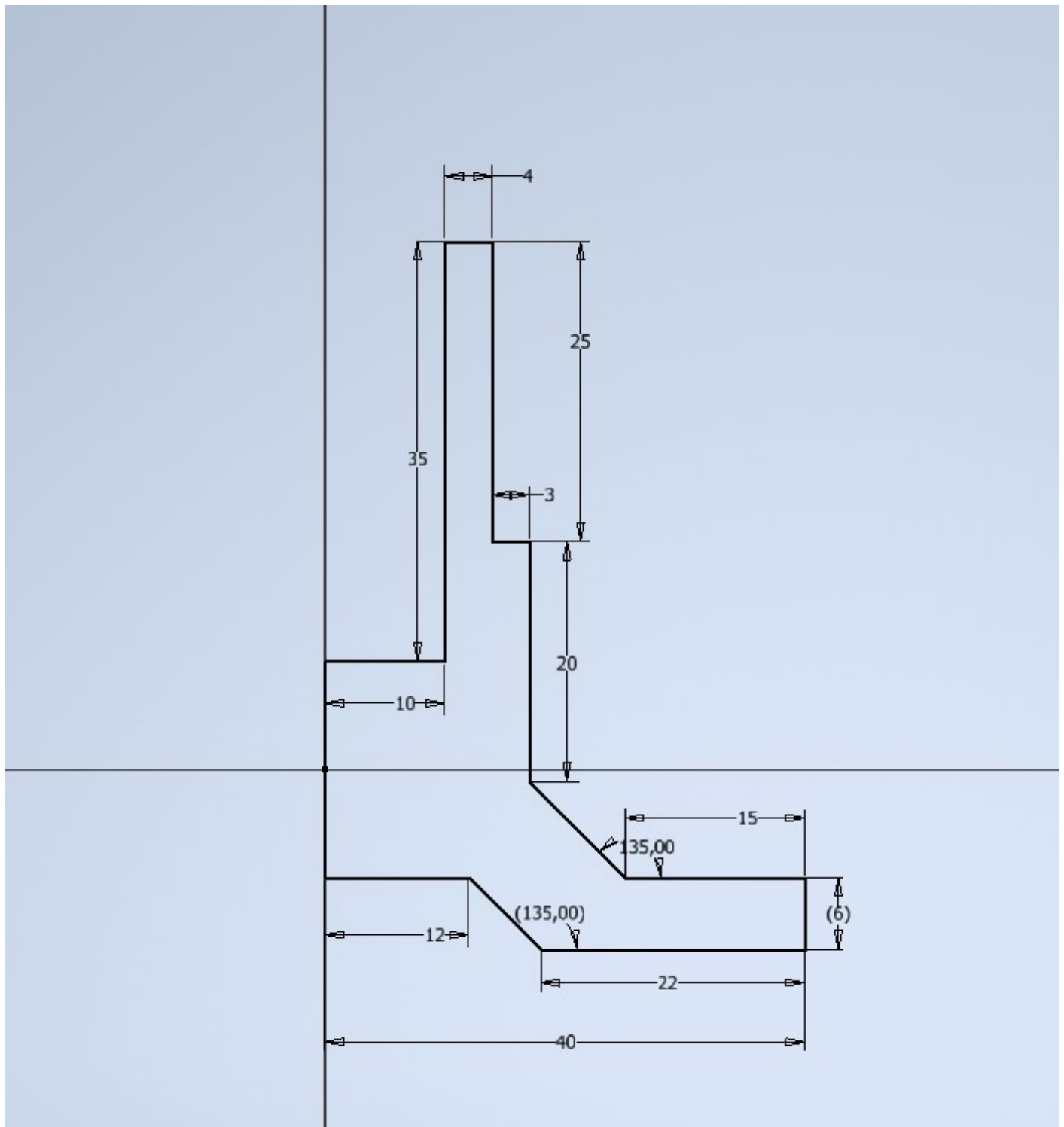


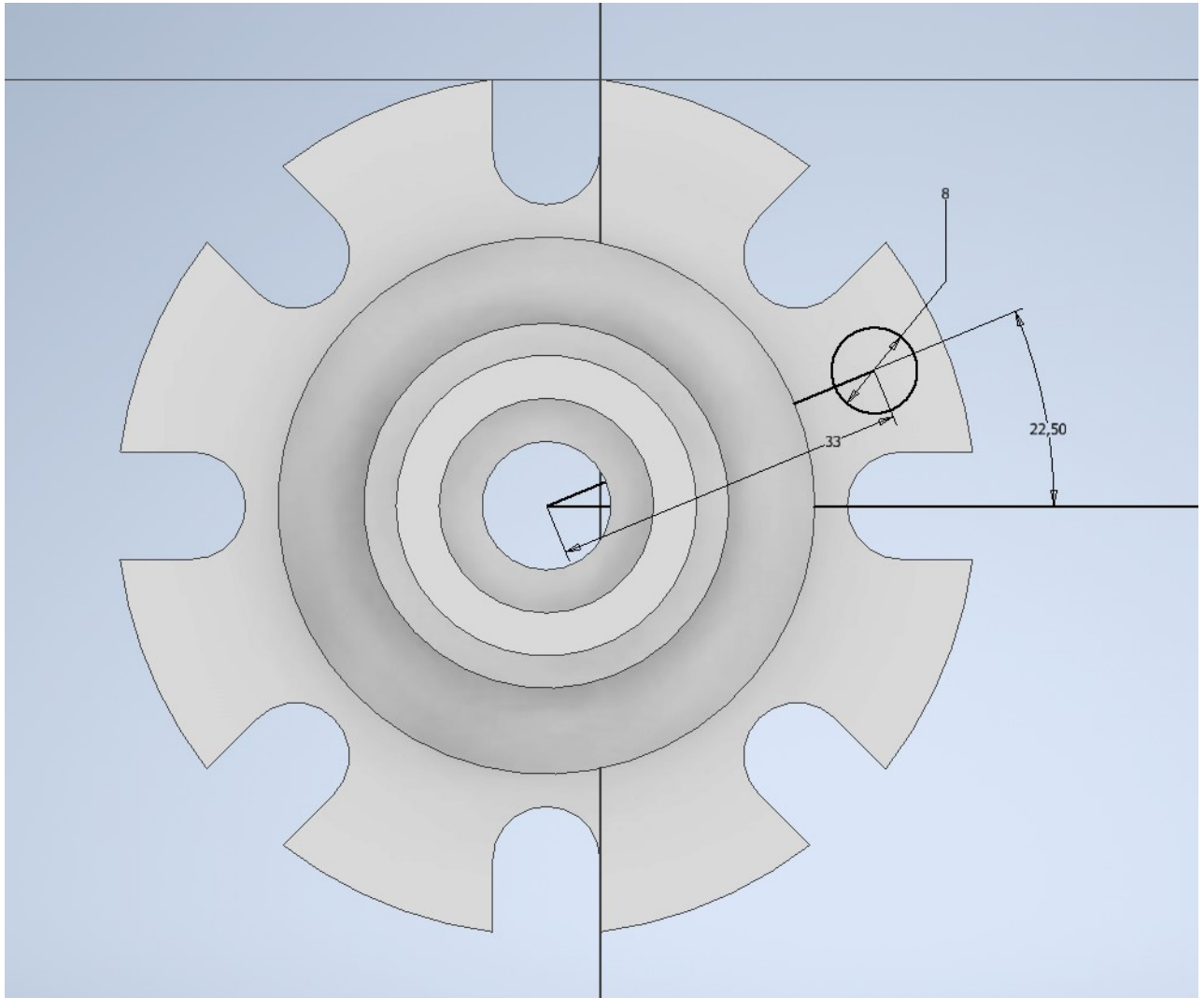
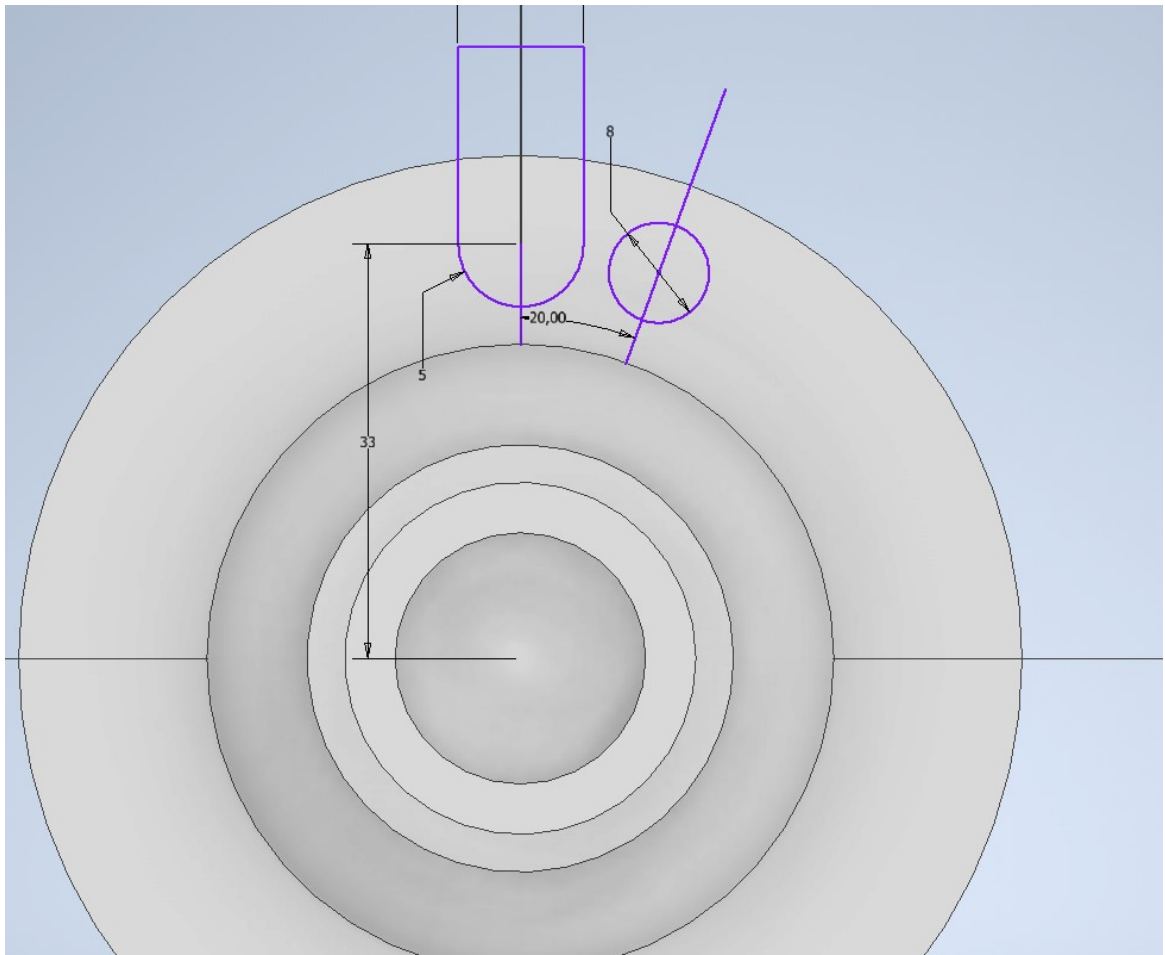
Переваги повністю визначеного ескізу:

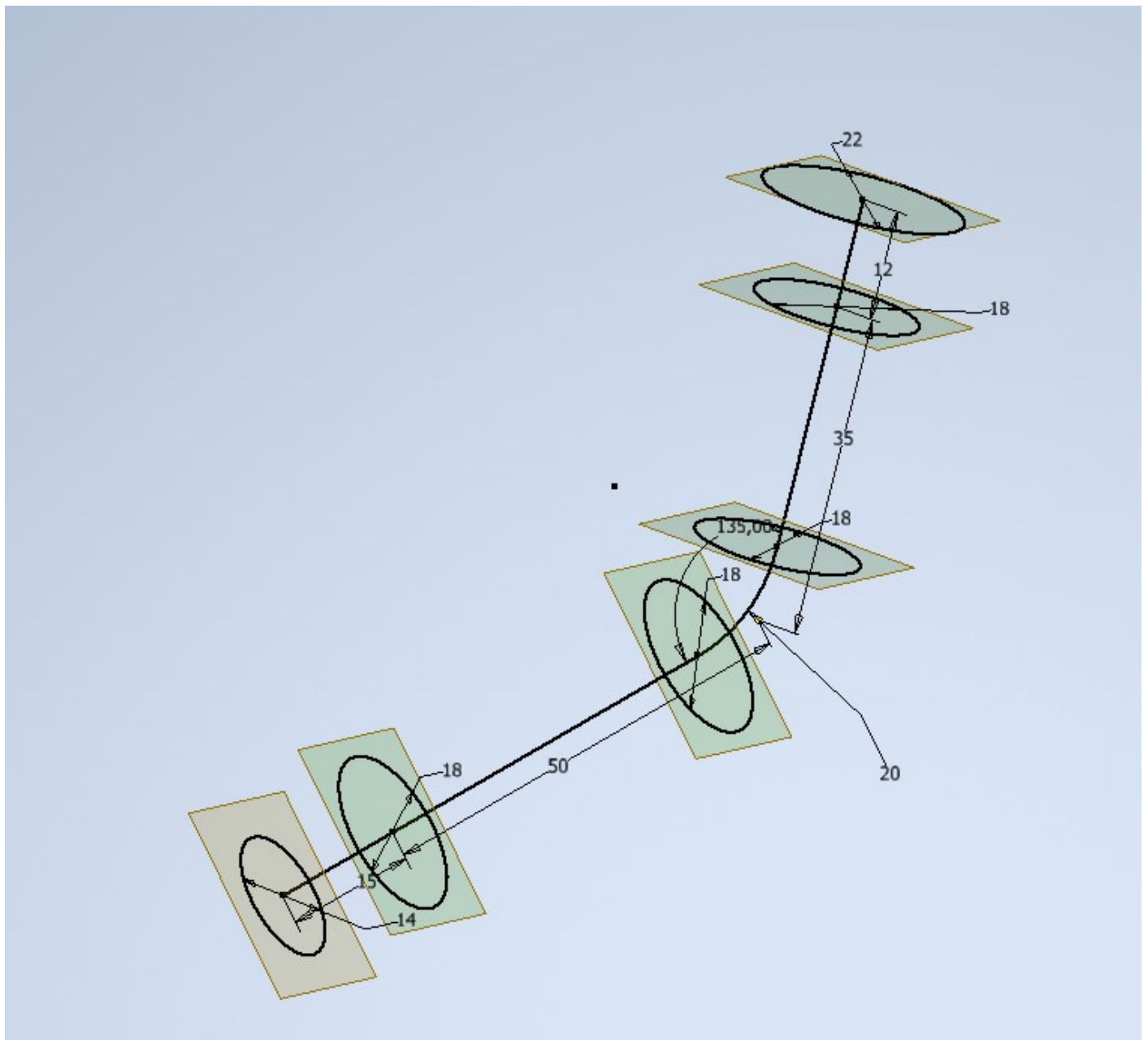
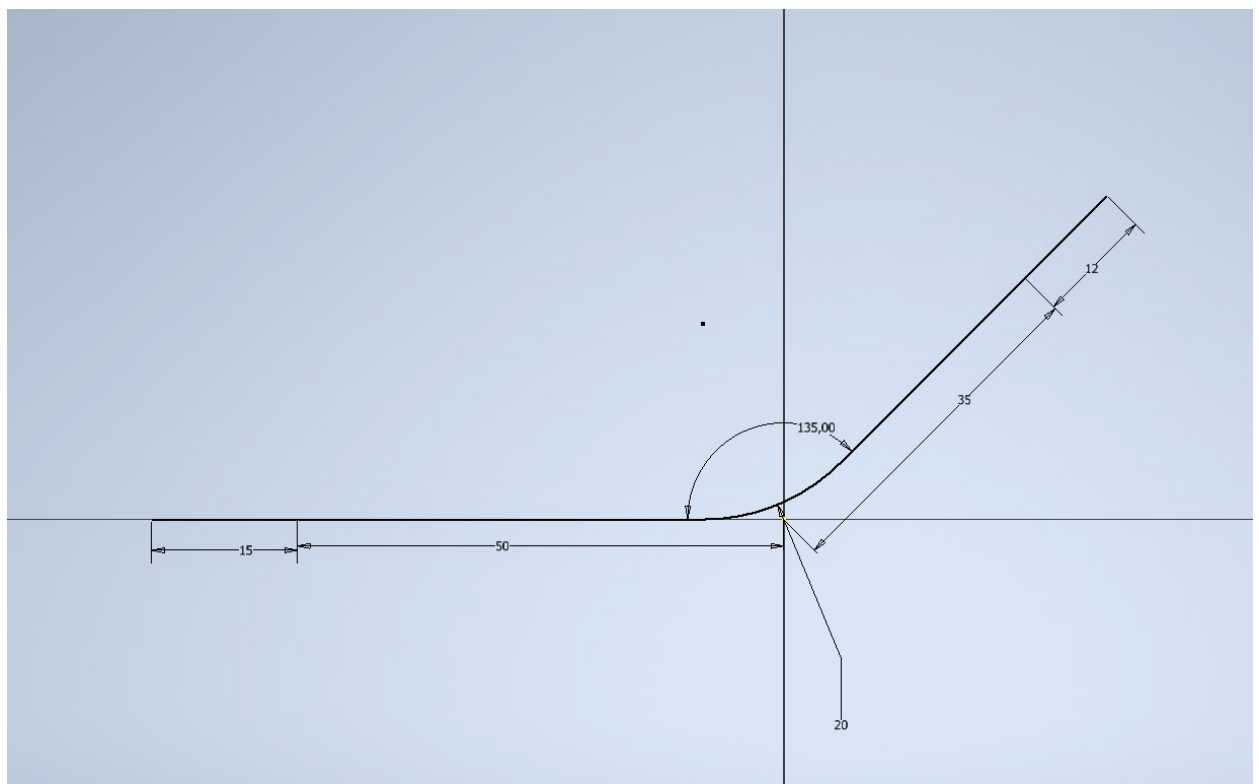
- коректна перебудова моделі;
- відсутність помилок при зміні параметрів;
- прогнозована поведінка моделі.

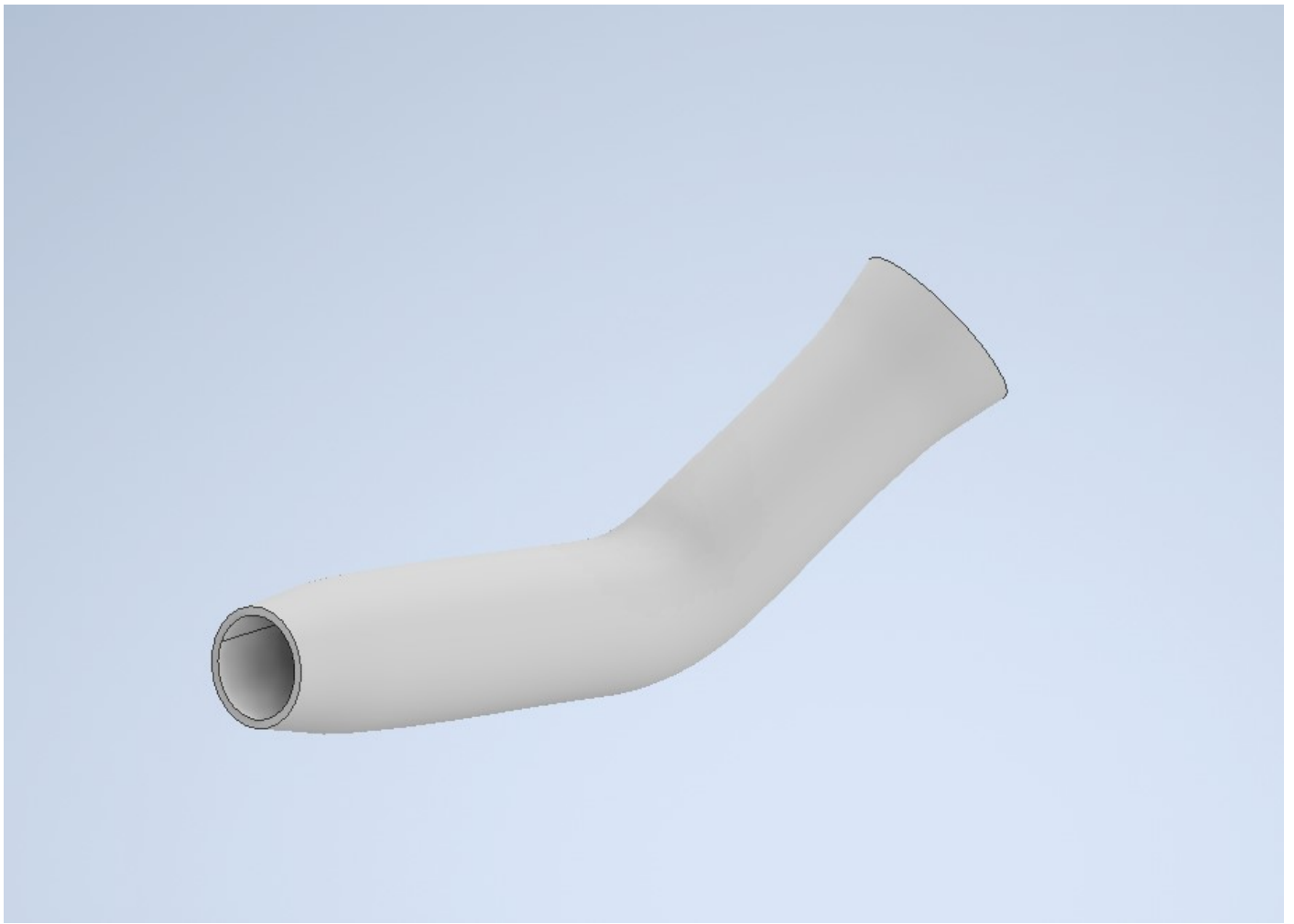
Лабораторна робота 2

Змодельювати тривимірні фігури за вказаними розмірами









Здавати картинками або моделька

Лекція 3 Базові операції 3D-моделювання

Мета лекції

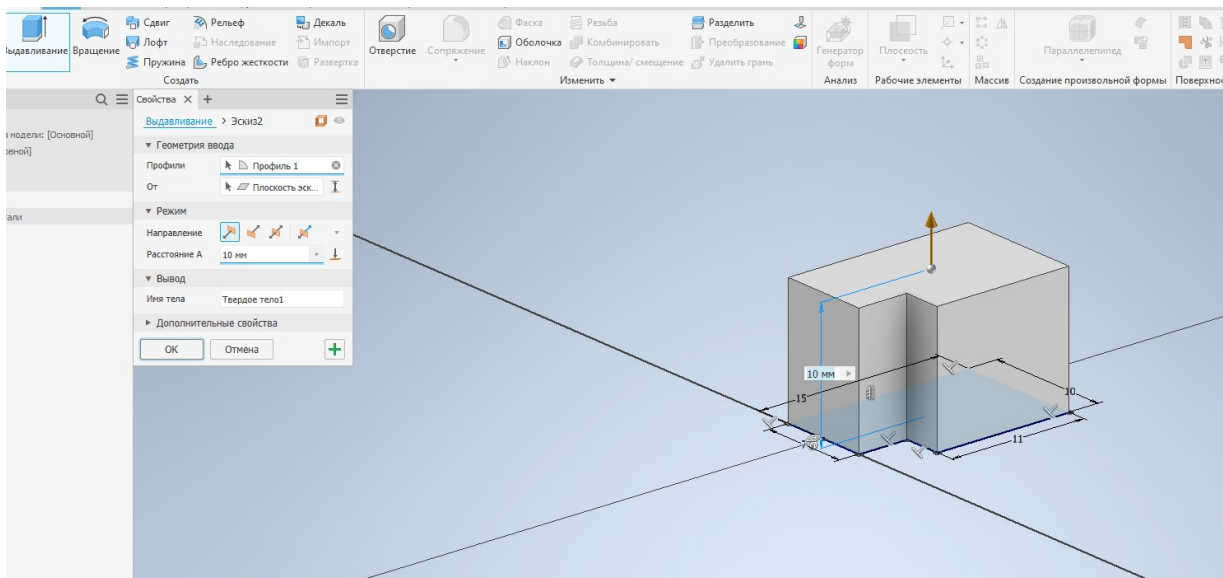
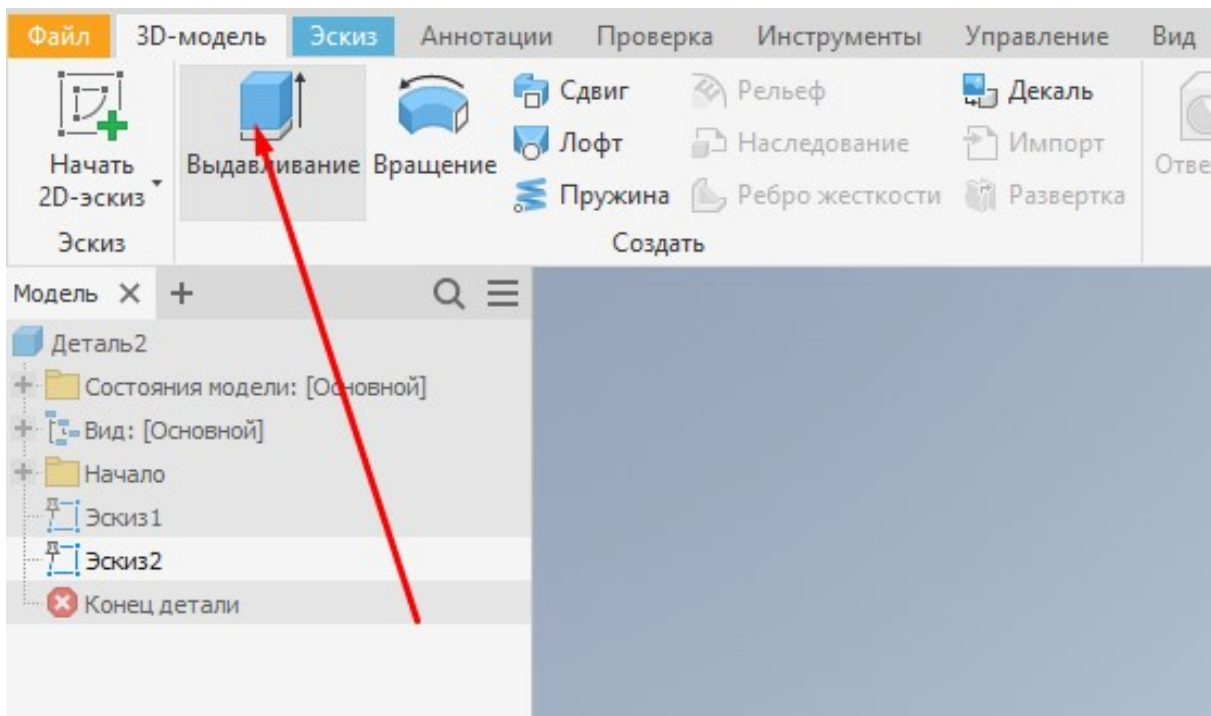
Сформувати у студентів теоретичні знання та практичні навички переходу від двовимірного ескізу до об'ємної параметричної моделі засобами Autodesk Inventor.

Зміст лекції

Базові операції 3D-моделювання

1. Операція Extrude (Видавлювання)

Операція **Extrude** є базовою операцією об'ємного моделювання та використовується для створення 3D-тіла на основі двовимірного ескізу.



Основні параметри операції Extrude:

- **Distance** — довжина видавлювання;
- **Direction** — напрямок видавлювання (в один бік або симетрично);
- **Profile** — замкнений контур ескізу;
- **Operation Type** — тип операції.

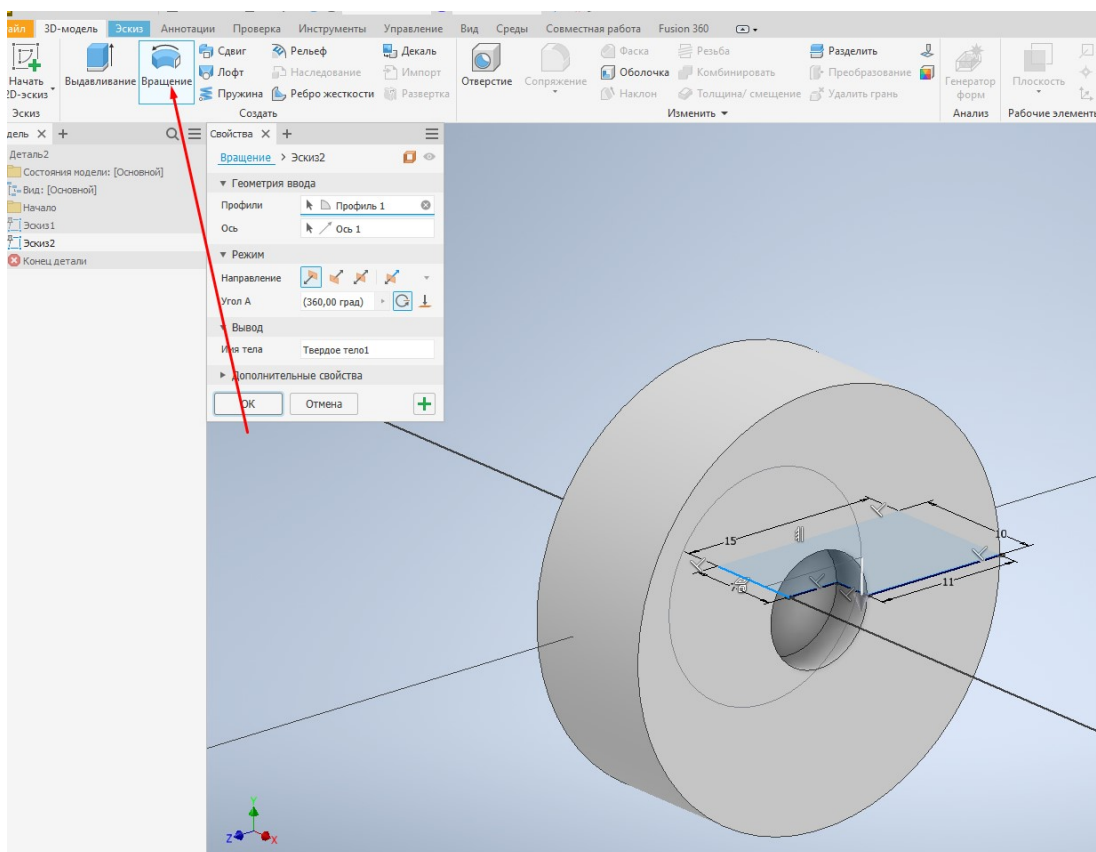
Режими роботи Extrude:

- **Join** — додавання матеріалу до існуючого тіла;
- **Cut** — видалення матеріалу;
- **Intersect** — перетин тіл;
- **New Solid** — створення нового тіла.

Операція Extrude дозволяє швидко створювати призматичні та ступінчасті деталі.

2. Операція Revolve (Обертання)

Операція **Revolve** застосовується для створення тіл обертання шляхом обертання ескізу навколо заданої осі.



Основні елементи операції Revolve:

- профіль ескізу;
- вісь обертання;
- кут обертання (360° або частковий).

Типові приклади деталей, створених за допомогою Revolve:

- вали;
- втулки;
- фланці;
- симетричні корпусні деталі.

Операція Revolve забезпечує високу точність та симетрію об'ємної геометрії.

3. Операції Cut та Hole

3.1. Операція Cut (Вирізання)

Операція **Cut** використовується для видалення матеріалу з тіла моделі. Вона може виконуватися як окрема операція або як режим видавлювання.

Застосовується для:

- створення пазів;
- вирізів;
- порожнин;
- отворів довільної форми.

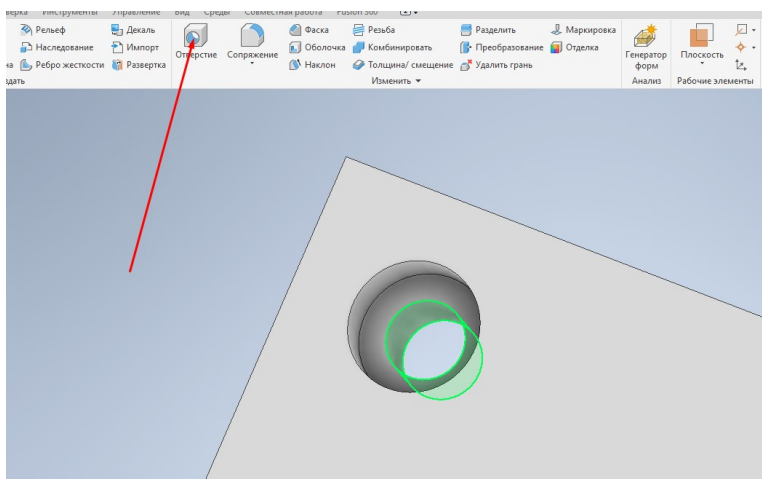
3.2. Операція Hole (Отвори)

Операція **Hole** призначена для створення стандартних отворів відповідно до інженерних норм.

Можливості операції Hole:

- прості отвори;
- різбові отвори;
- потаємні та зенковані отвори;
- отвори з прив'язкою до стандартів.

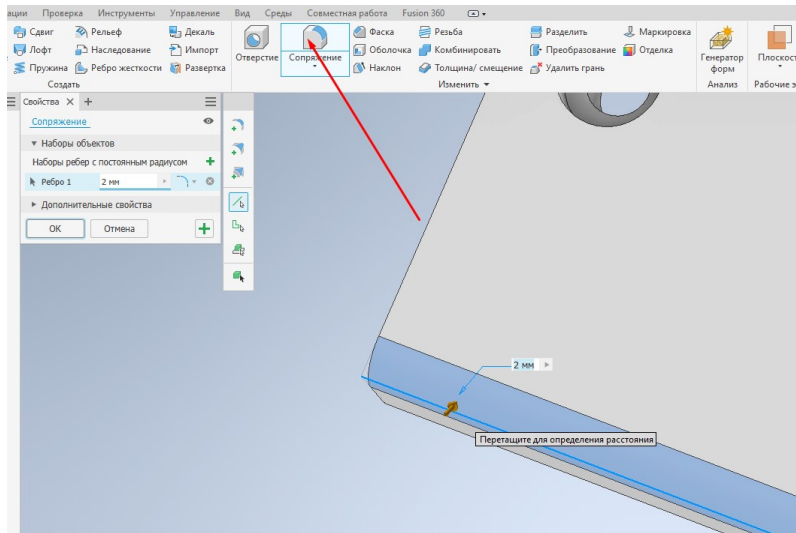
Використання операції Hole забезпечує відповідність моделі технічним стандартам.



4. Операції Fillet та Chamfer

4.1. Fillet (Скруглення)

Операція **Fillet** використовується для заокруглення ребер та кутів моделі.

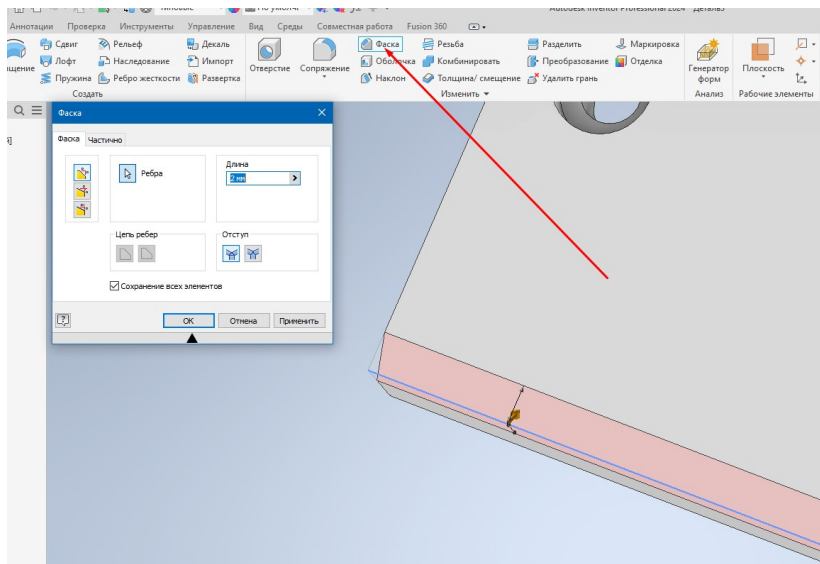


Призначення скруглень:

- зменшення концентрації напружень;
- покращення міцності деталі;
- підвищення безпеки та естетики виробу.

4.2. Chamfer (Фаска)

Операція **Chamfer** призначена для створення скошених кромок.



Застосування фасок:

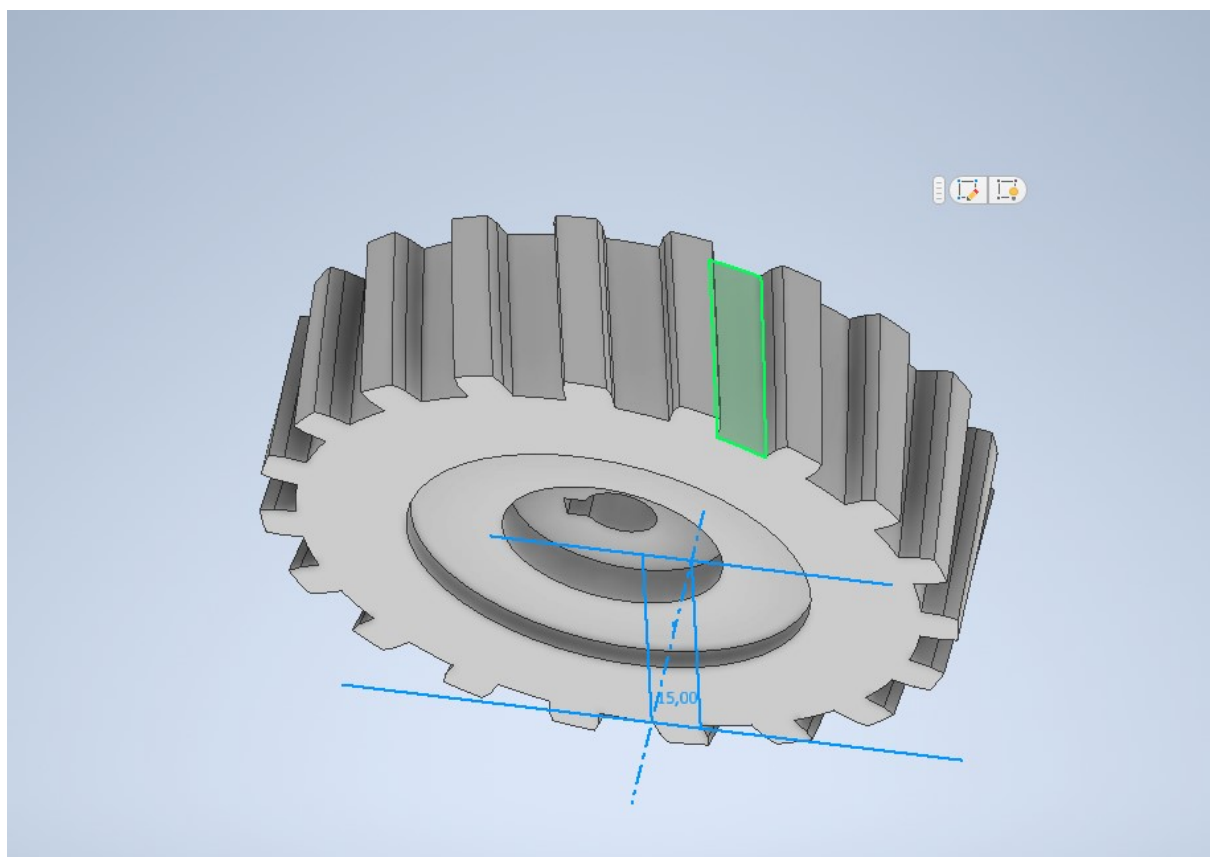
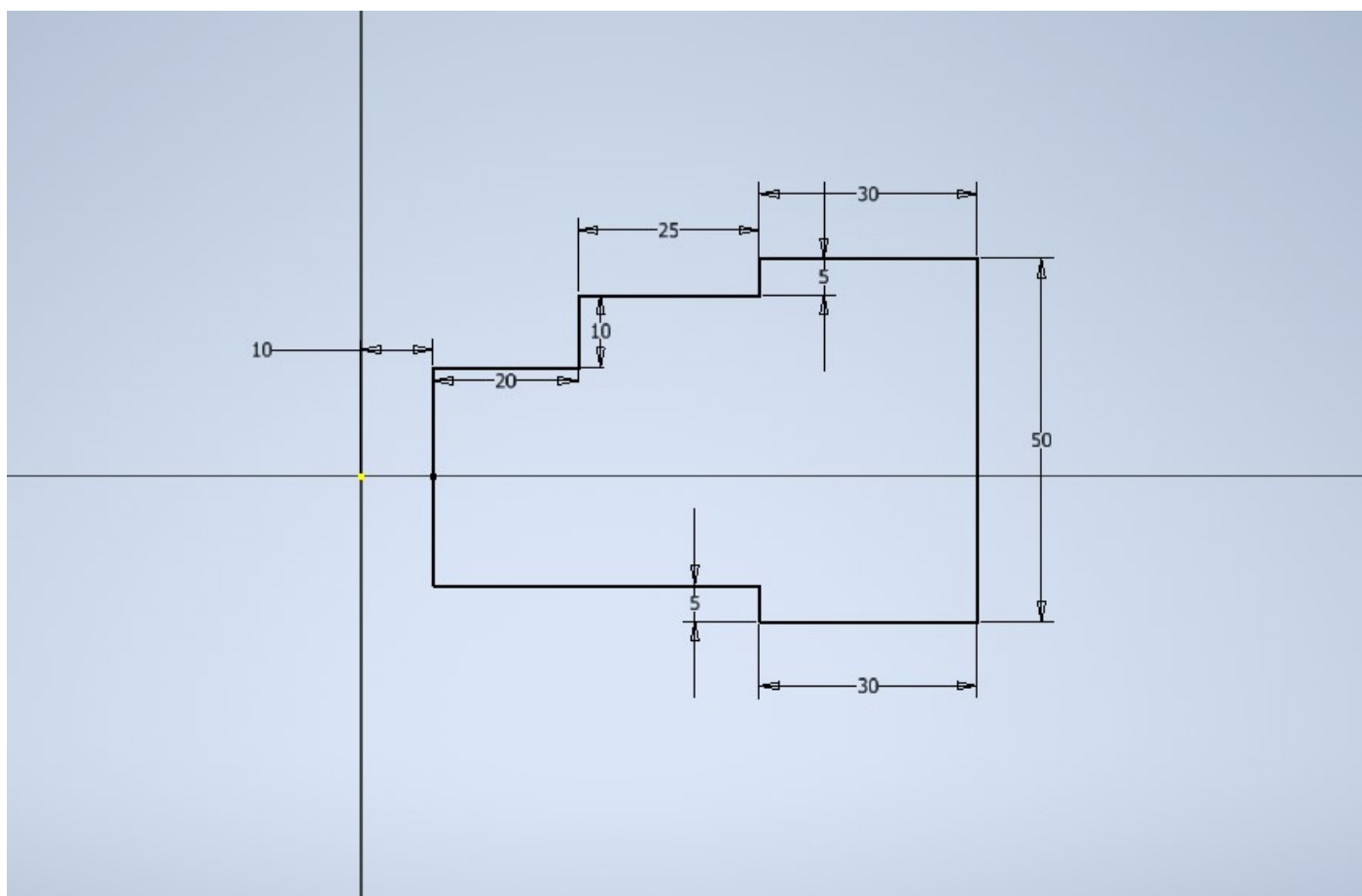
- полегшення монтажу деталей;
- підготовка під з'єднання;
- технологічні вимоги виробництва.

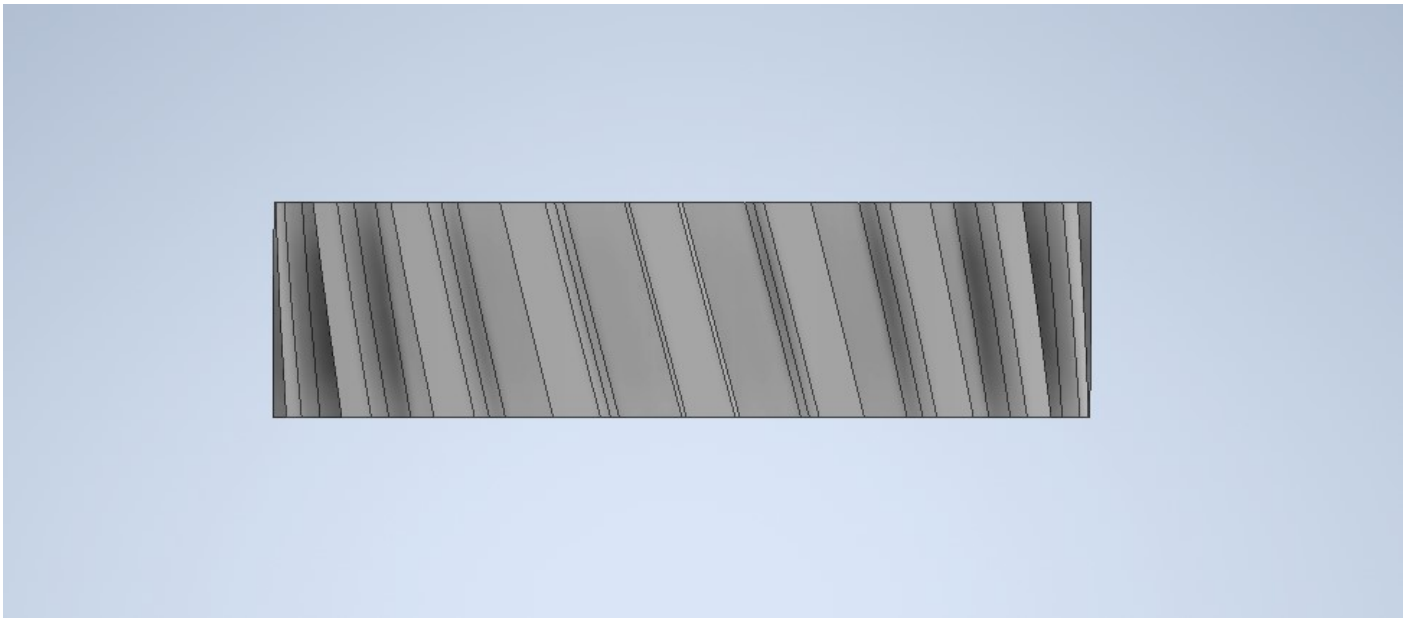
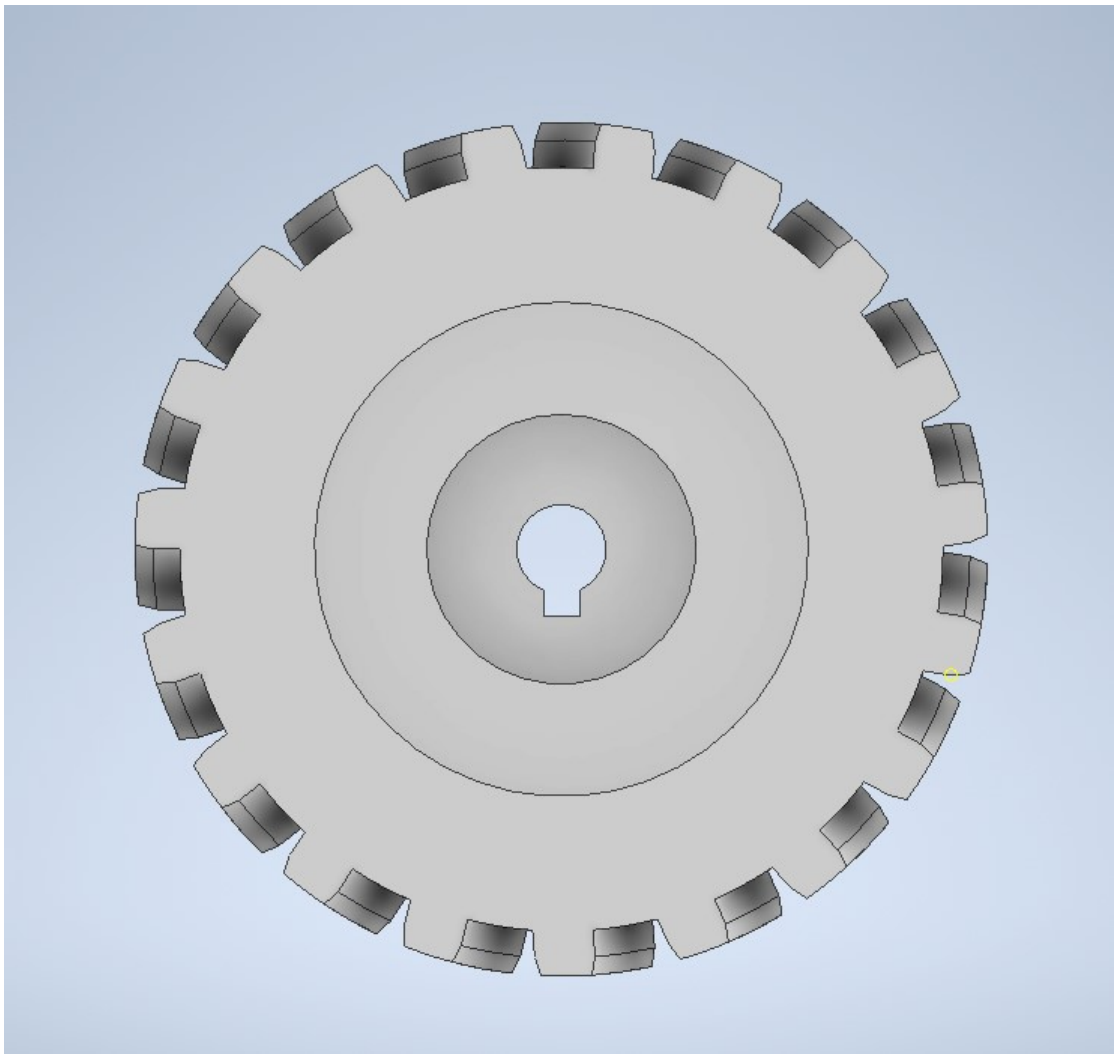
Висновки до лекції

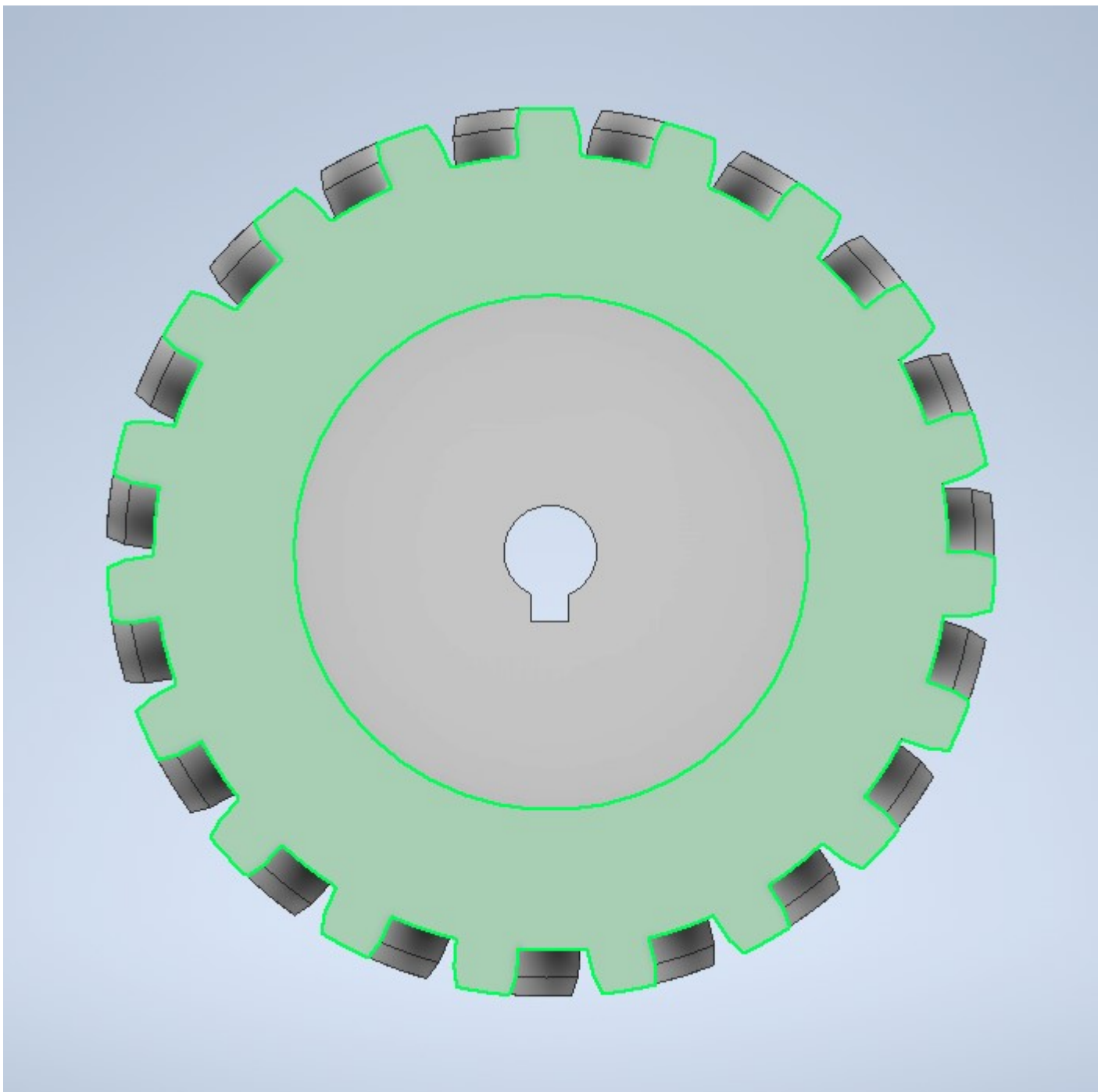
Базові операції об'ємного моделювання є фундаментом створення будь-якої 3D-деталі. Коректне використання операцій Extrude, Revolve, Cut, Hole, Fillet та Chamfer дозволяє створювати параметричні моделі, придатні для подальшого використання у збірках, кресленнях та при підготовці до 3D-друку.

Лабораторна робота 3

Змодельувати тривимірну фігуру







Здавати картинками або моделька

Лекція 4 Параметричне моделювання

Мета лекції

Сформувати у студентів теоретичні знання та практичні навички створення **параметричних 3D-моделей**, які забезпечують гнучкість, керованість та можливість швидкої модифікації геометрії виробу.

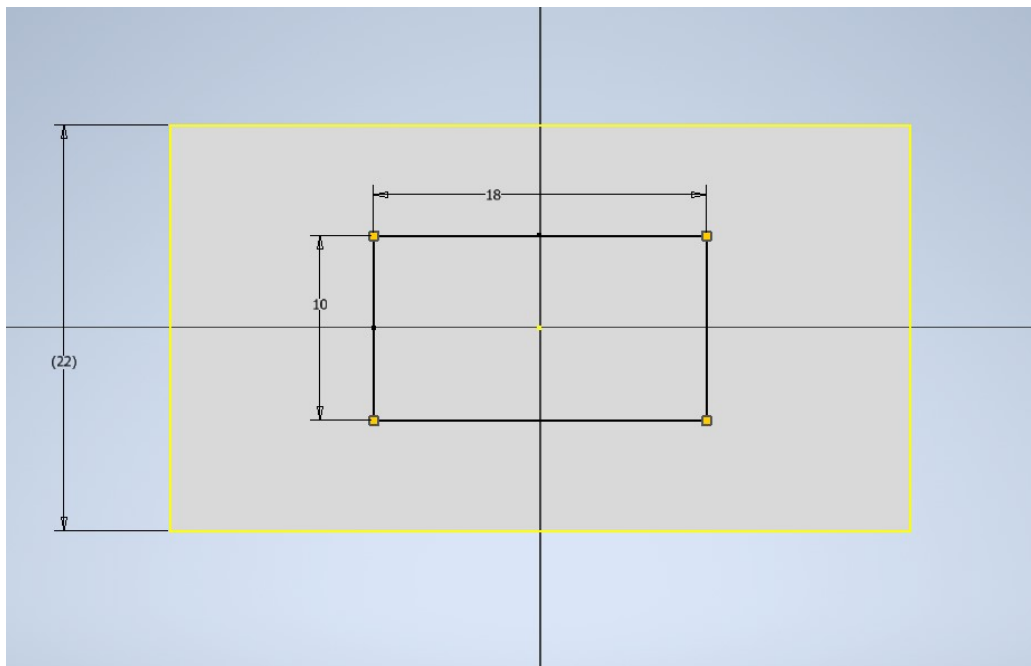
Зміст лекції

1. Параметри розмірів

У середовищі Autodesk Inventor **кожен розмір**, заданий в ескізі або 3D-операції, автоматично є **параметром моделі**.

Параметри розмірів:

- визначають геометричні характеристики моделі;
- можуть бути змінені в будь-який момент;
- впливають на перебудову всієї моделі.



Параметри можуть бути:

- **автоматичними** (створюються програмою);
- **користувацькими** (створюються вручну).

Використання параметрів дозволяє:

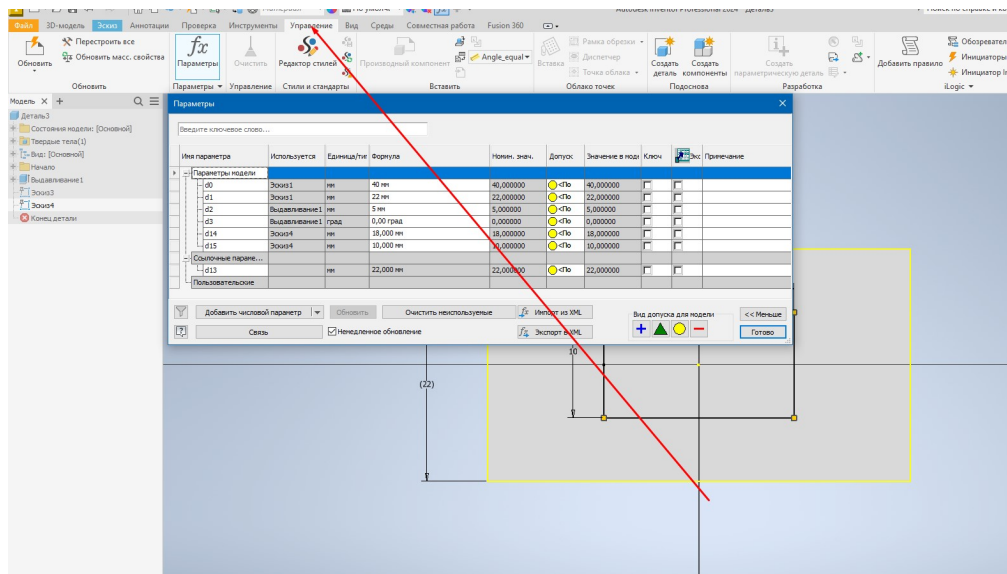
- створювати типові вироби;
- швидко адаптувати модель під нові вимоги;
- зменшувати кількість помилок при редагуванні.

2. Таблиця параметрів

Для керування параметрами в Autodesk Inventor використовується **таблиця параметрів** (Parameters Table).

Таблиця параметрів містить:

- ім'я параметра;
- числове значення;
- одиниці вимірювання;
- коментар (за необхідності).



У таблиці параметрів можна:

- змінювати значення розмірів;
- створювати нові параметри;
- перейменовувати параметри для зручності;
- контролювати взаємозв'язки між параметрами.

3. Формули та залежності

Autodesk Inventor дозволяє задавати **математичні залежності** між параметрами за допомогою формул.

Формули можуть включати:

- арифметичні операції;
- посилання на інші параметри;
- логічні залежності.

Приклад використання формул:

- автоматичне збереження пропорцій;
- зв'язування товщини зі загальними габаритами;
- керування кількістю повторюваних елементів.

Имя параметра	Используется	Единица/тип	Формула	Нович. знач.	Допуск	Значение в модели	Ключ	Экспорт	Примечание
Параметры модели									
d0	d1, Эроз1	мм	42 мм	42,000000	<По	42,000000			
d1	Эроз1	мм	$0,5 \text{ br } * d0$	21,000000	<По	21,000000			
d2	Выдавливание1	мм	$=0,1 * d0$	7,000000	<По	7,000000			
d3	Выдавливание1	град	0,00 град	0,000000	<По	0,000000			
d14	Эроз4	мм	20 мм	20,000000	<По	20,000000			
d15	Эроз4	мм	11 мм	11,000000	<По	11,000000			
d16	Вращение1	град	90 град	90,000000	<По	90,000000			
d17	НаклГрань1	град	10 град	10,000000	<По	10,000000			
Ссылочные параметры									
d13		мм	21,000 мм	21,000000	<По	21,000000			

Добавить числовой параметр | Обновить | Очистить неиспользуемые | Импортировать из XML
 Связь | ☒ Немедленное обновление | Экспортировать в XML
 Вид допуска для модели: +, -, <По, >По | << Меньше | Готово

Застосування формул є основою створення **інтелектуальних параметричних моделей**, які змінюються прогнозовано та стабільно.

4. Типові помилки параметризації

У процесі параметричного моделювання можуть виникати такі типові помилки:

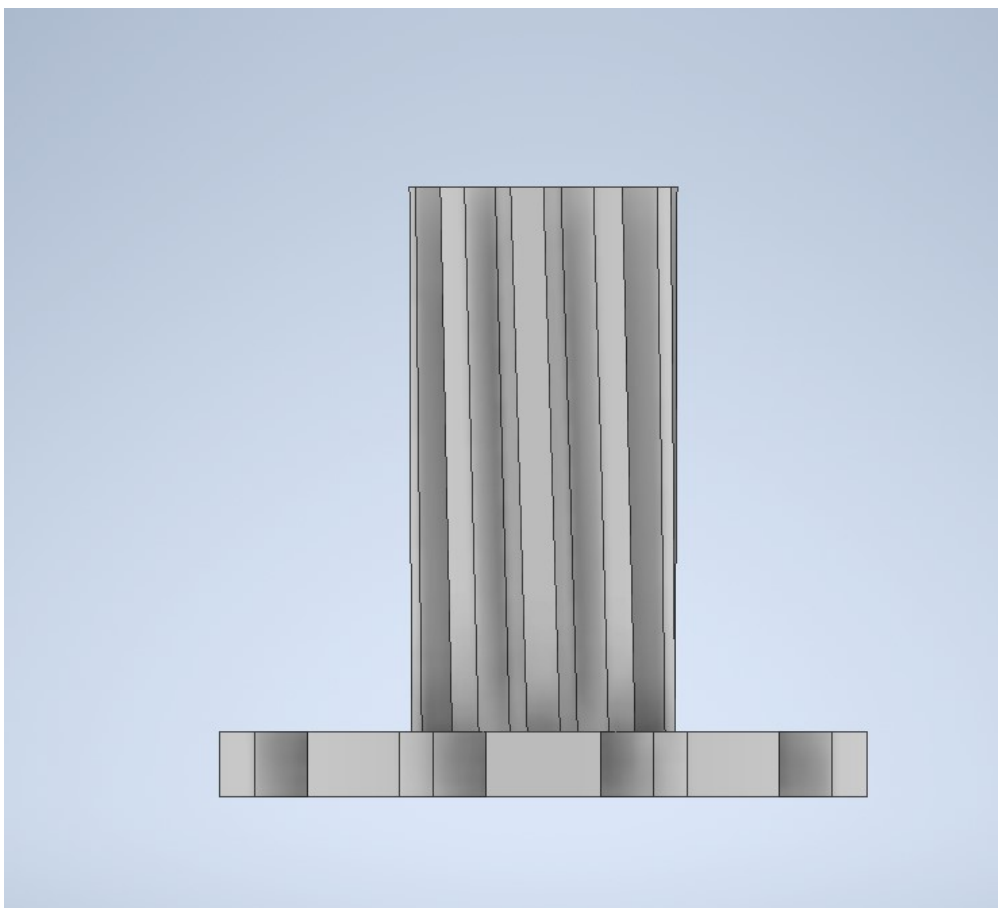
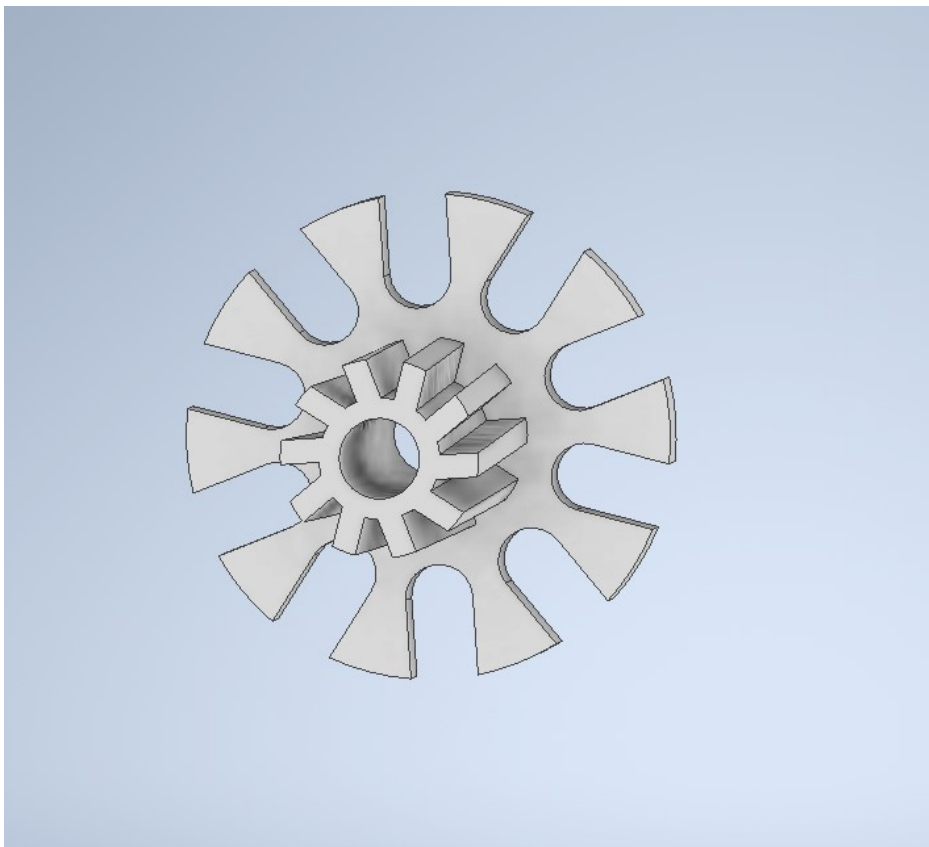
- надмірна кількість параметрів без логічної структури;
- відсутність зв'язку між ключовими розмірами;
- використання «жорстких» розмірів замість формул;
- неправильний порядок побудови операцій;
- параметризація нестабільних ескізів.

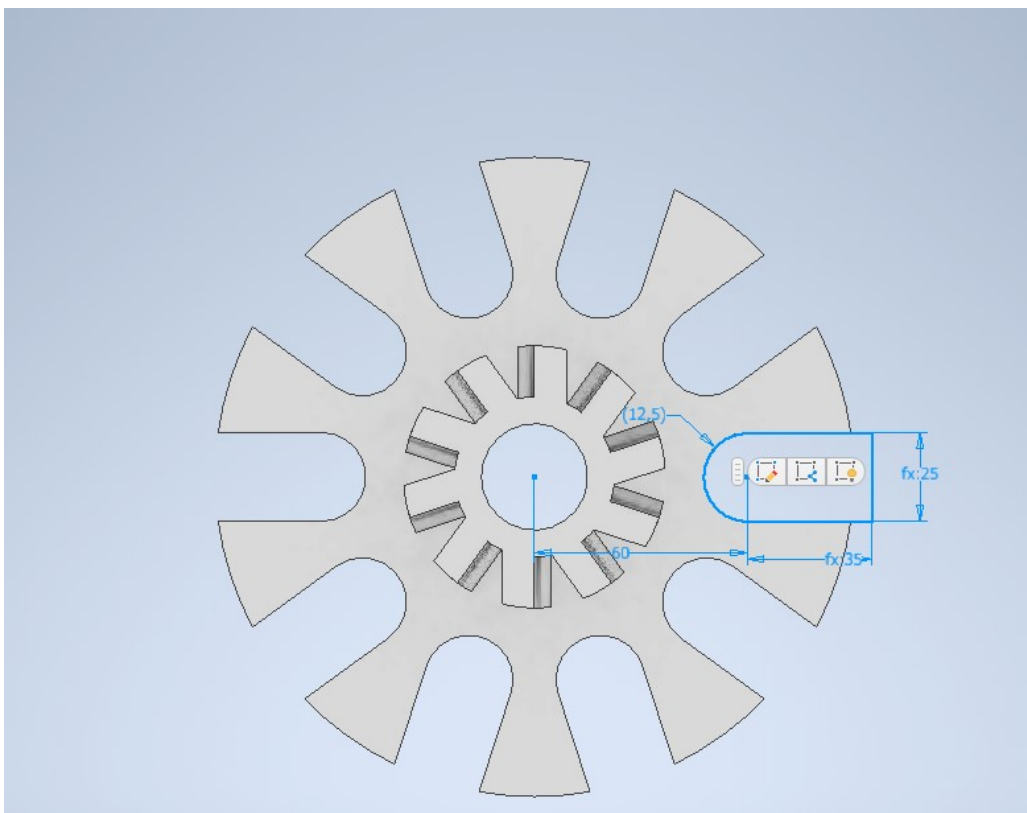
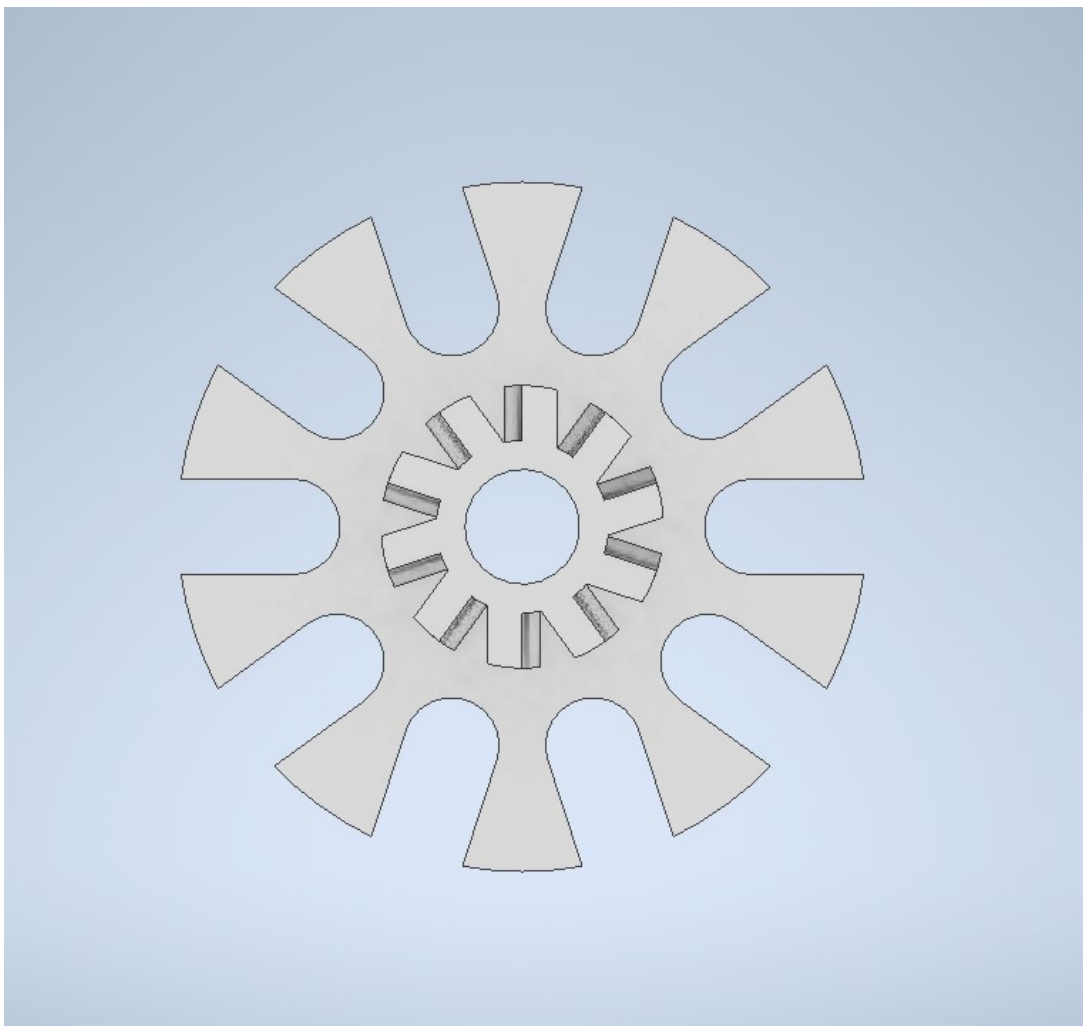
Для уникнення помилок рекомендується:

- параметризувати лише ключові розміри;
- забезпечувати повну визначеність ескізів;
- дотримуватись логіки побудови моделі;
- перевіряти модель шляхом зміни параметрів.

Лабораторна робота 4

Змодельювати тривимірні фігуру





Зробити залежність в розмірах в таблиці.

Лекція 5. Моделювання тіл з листового металу в Autodesk Inventor

1. Мета роботи

Метою роботи є ознайомлення з можливостями створення та редагування деталей з листового металу в програмному середовищі **Autodesk Inventor**, вивчення основних інструментів моделювання, а також набуття практичних навичок проектування листових конструкцій.

Після виконання роботи студент повинен:

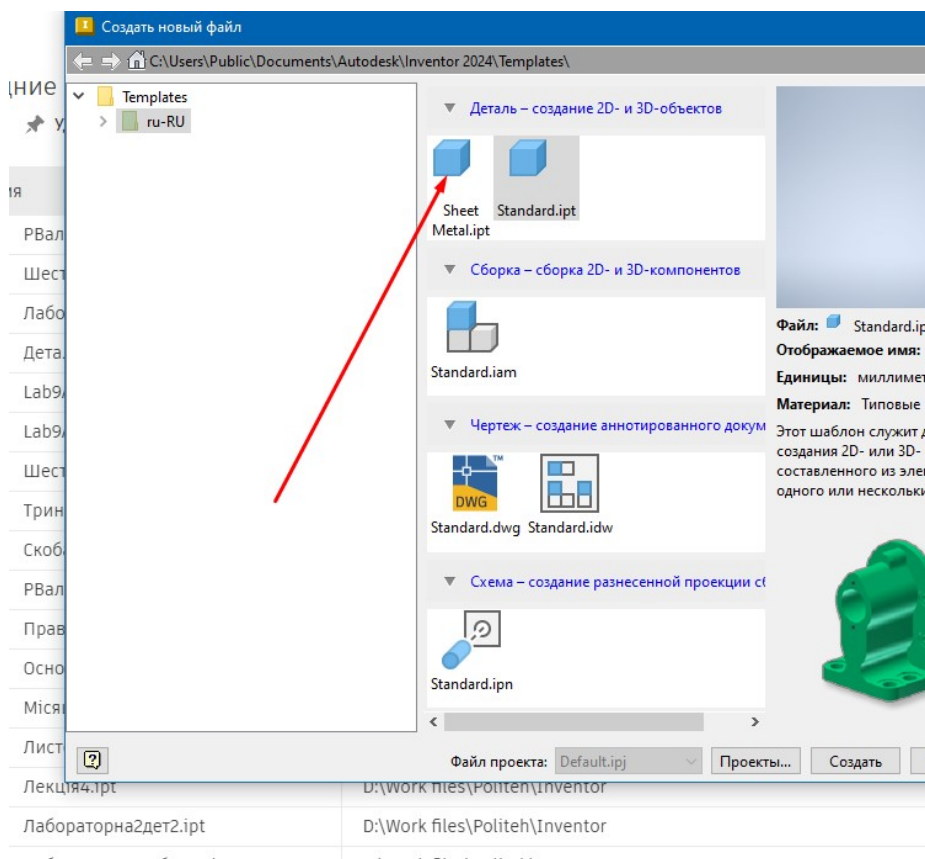
- розуміти принципи моделювання листового металу;
- знати основні параметри листових деталей;
- вміти створювати базові елементи листового металу;
- виконувати розгортку (Flat Pattern) деталі;
- застосовувати інструменти редагування.

2. Теоретичні відомості

2.1 Загальні поняття листового металу

Листовий метал — це тонкий металевий матеріал, який використовується для виготовлення різних конструкцій шляхом згинання, різання та формування.

У середовищі **Autodesk Inventor** існує спеціальний режим **Sheet Metal**, який дозволяє створювати моделі з урахуванням реальних технологічних параметрів, таких як:

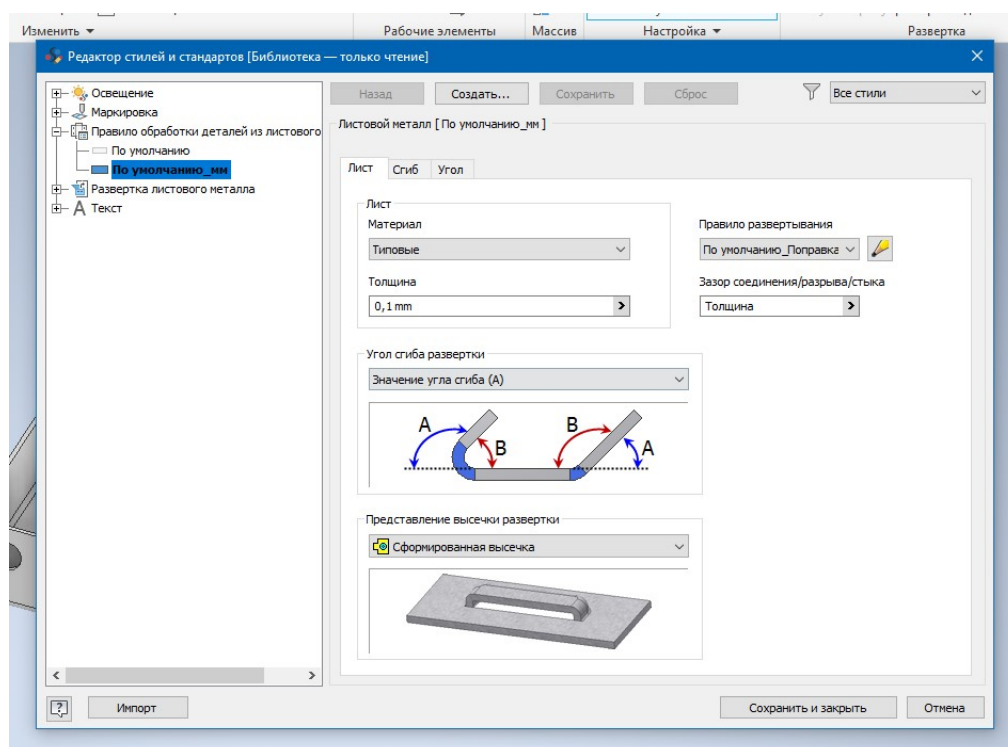
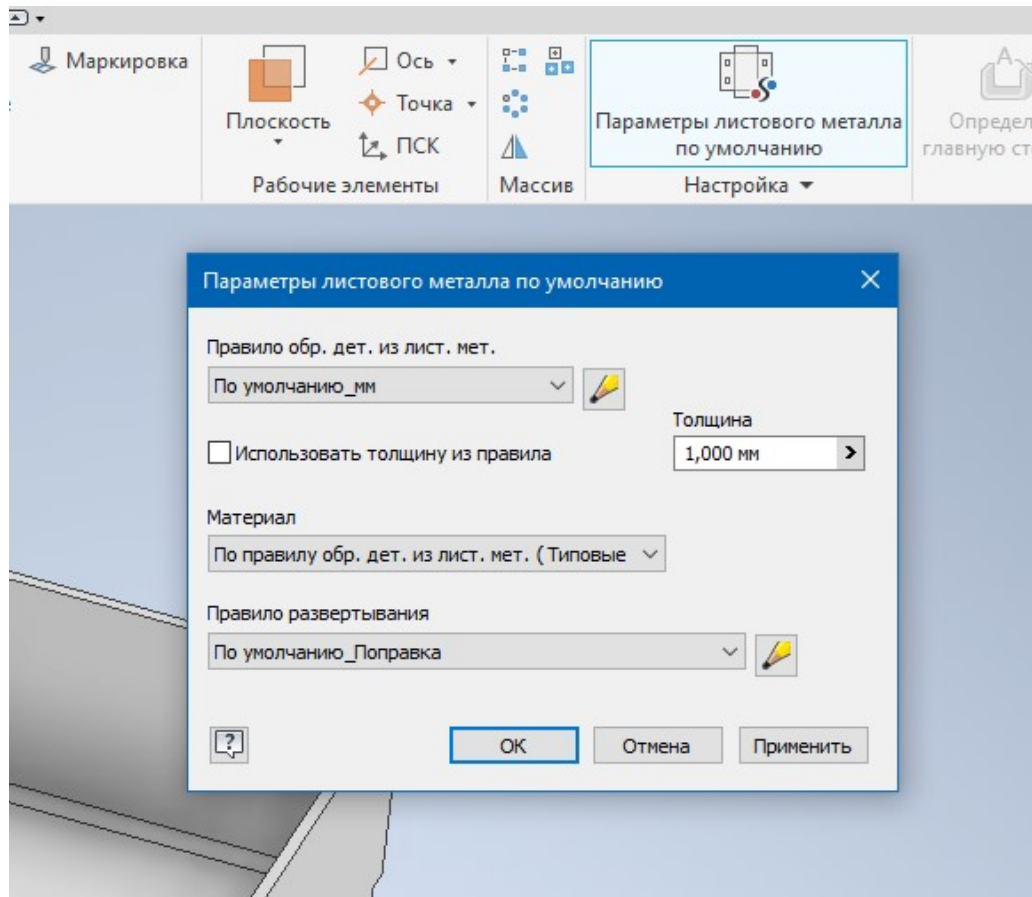


- товщина листа;

- радіус згину;
- коефіцієнт розгортки (K-factor);
- правила згинання.

2.2 Основні параметри листового металу

Перед початком моделювання необхідно задати параметри листа:



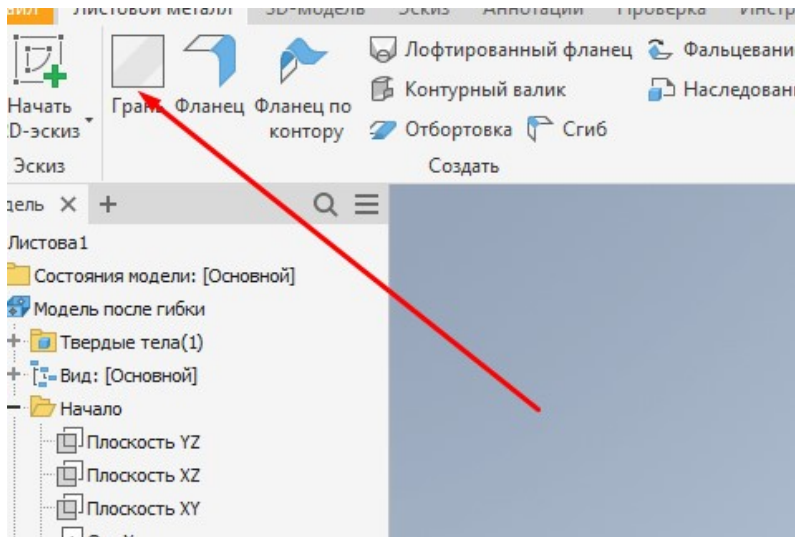
- **Thickness (товщина)** – основний параметр матеріалу;

- **Bend Radius (радіус згину)** – визначає форму згину;
- **K-Factor** – коефіцієнт, що враховує деформацію матеріалу при згинанні;
- **Bend Rules** – правила згину.

Ці параметри впливають на точність виготовлення деталі.

2.3 Основні команди середовища Sheet Metal

Face (Основа)

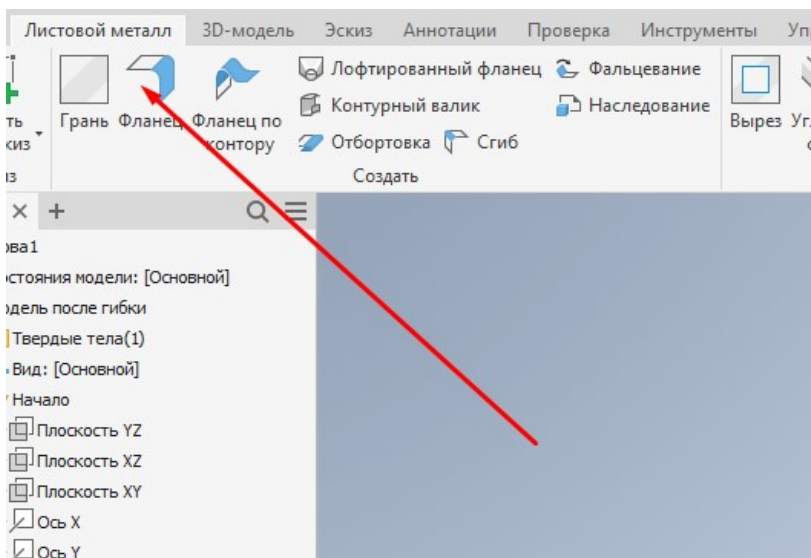


Команда **Face** використовується для створення базової площини листового металу.

Порядок дій:

1. створити ескіз;
2. задати товщину;
3. отримати базову деталь.

Flange (Згин)



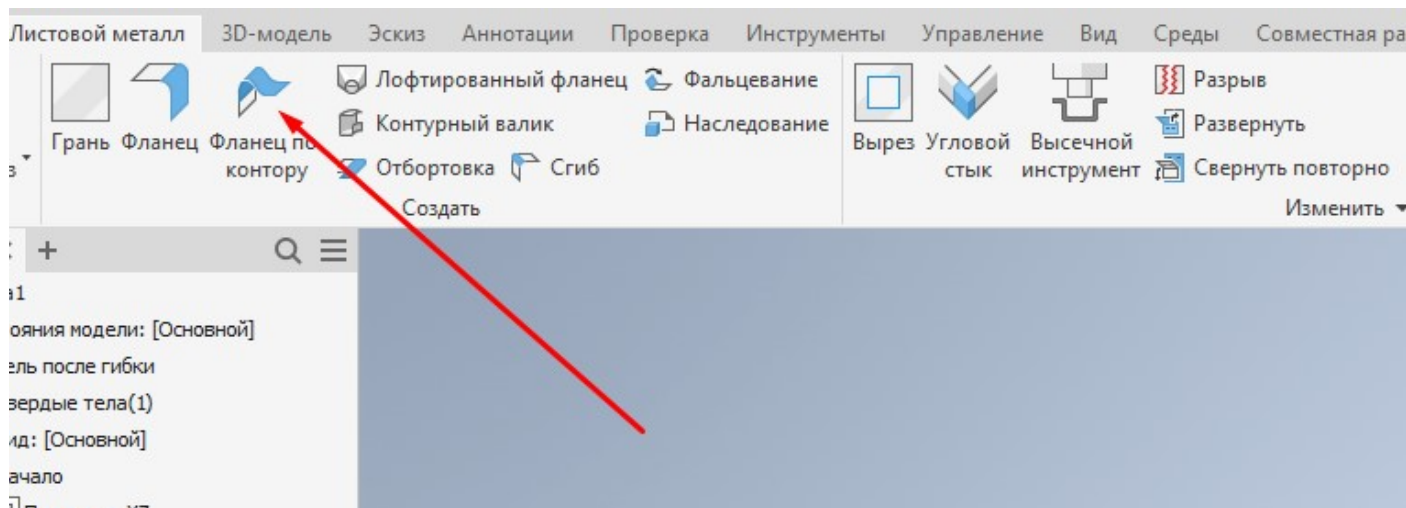
Команда **Flange** дозволяє створювати згини по краях деталі.

Параметри:

- довжина згину;
- кут згину;
- напрямок.

Використовується для створення бортиків і ребер жорсткості.

Contour Flange



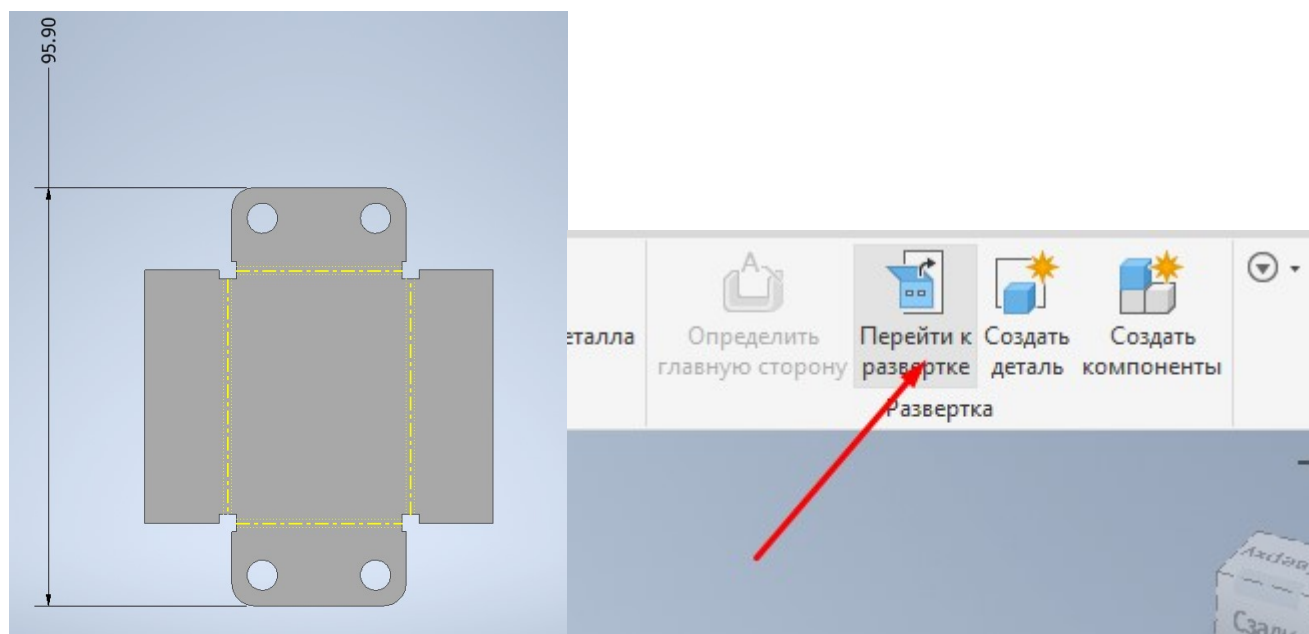
Створює згин за контуром складної форми.

Fold / Unfold (Згинання / Розгинання)

Команди дозволяють:

- тимчасово розгортати деталь;
- виконувати операції в розгорнутому вигляді;
- повертати деталь у вихідний стан.

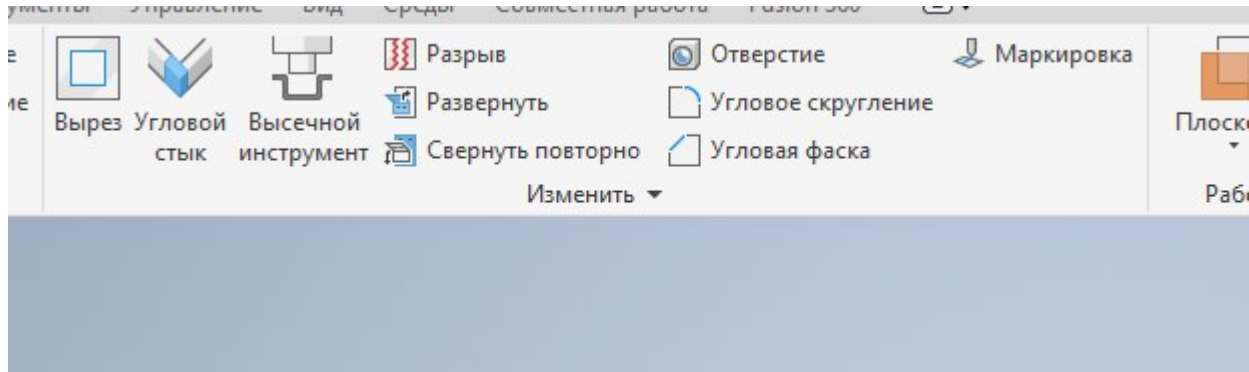
Flat Pattern (Розгортка)



Команда створює розгортку листового металу.

Це необхідно для:

- виготовлення деталі;
- передачі креслень на виробництво;
- розкрою матеріалу.



Cut (Виріз)

Команда використовується для створення отворів або вирізів у деталі.

Hole (Отвір)

Створення стандартних отворів у листовому металі.

Corner Round / Chamfer

- **Round** – заокруглення кутів;
- **Chamfer** – створення фасок.

2.4 Особливості моделювання листового металу

Моделювання листових деталей має ряд особливостей:

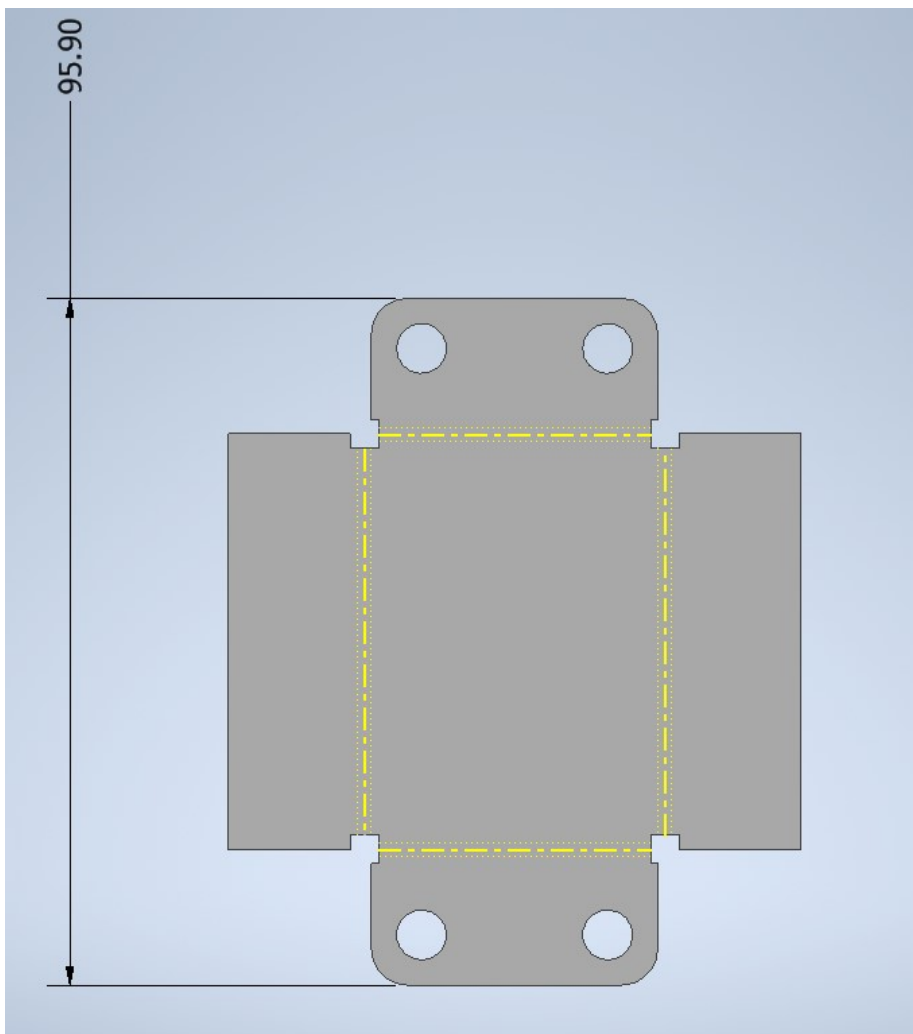
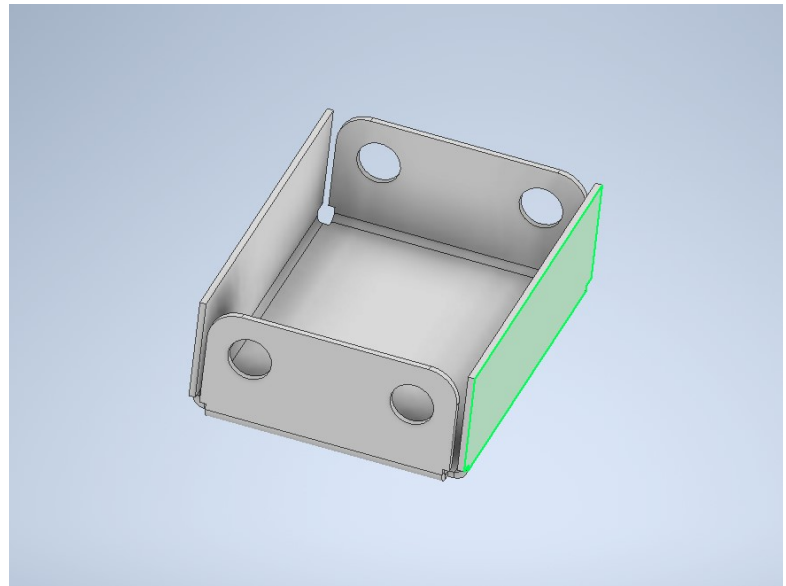
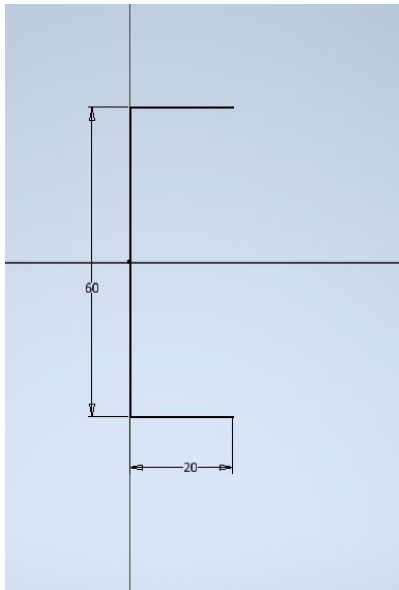
- всі елементи мають однакову товщину;
- важливо правильно задавати радіуси згину;
- необхідно враховувати технологічні обмеження;
- модель повинна мати можливість розгортки.

3. Порядок виконання роботи

1. Запустити програму **Autodesk Inventor**.
2. Обрати середовище **Sheet Metal**.
3. Задати параметри листа (товщина, радіус згину).
4. Створити ескіз базової деталі.
5. Використати команду **Face** для створення основи.
6. Додати згини за допомогою **Flange**.
7. Створити отвори або вирізи (**Hole**, **Cut**).

8. Виконати розгортку деталі (**Flat Pattern**).

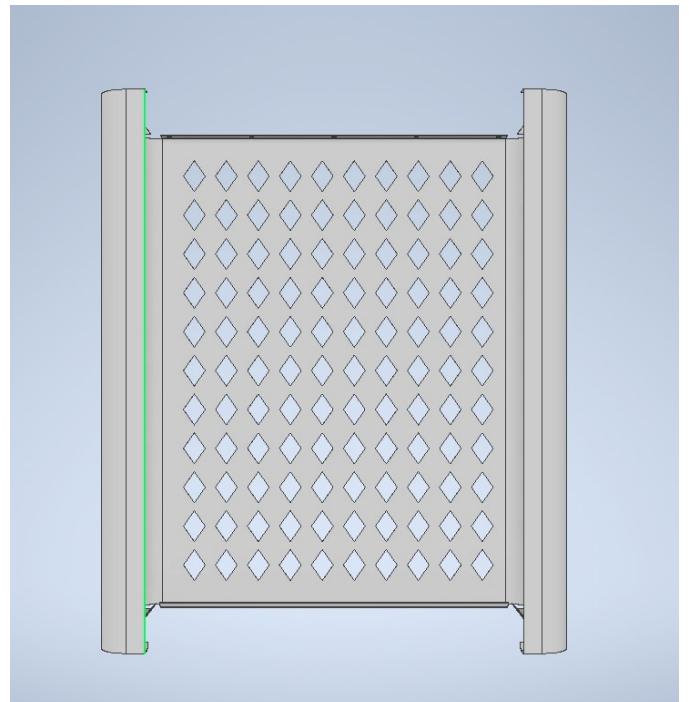
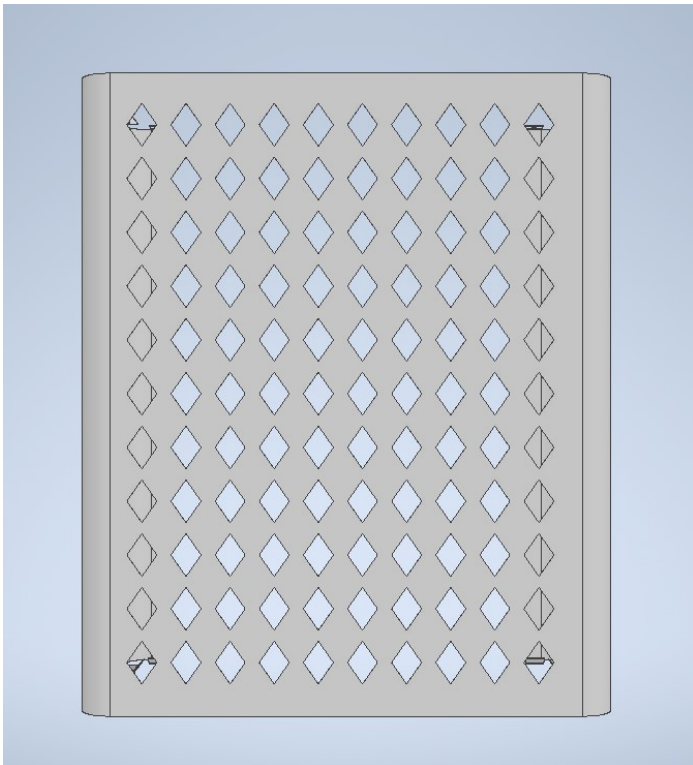
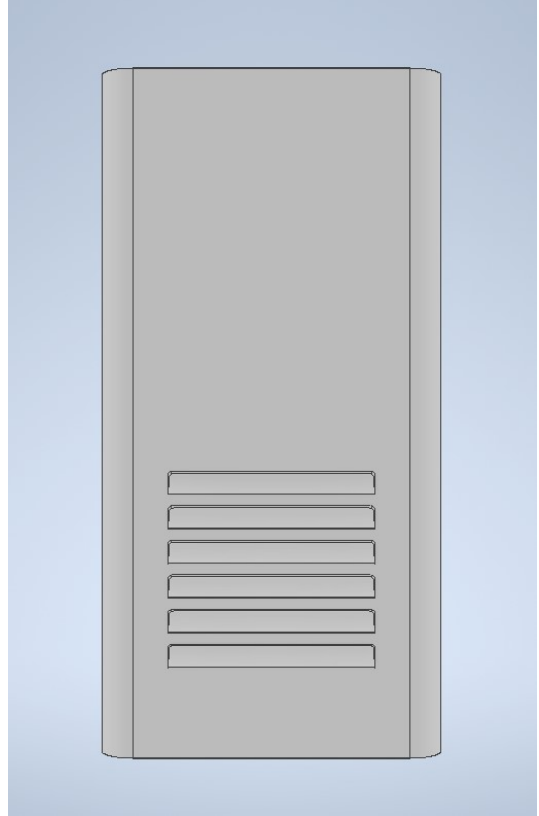
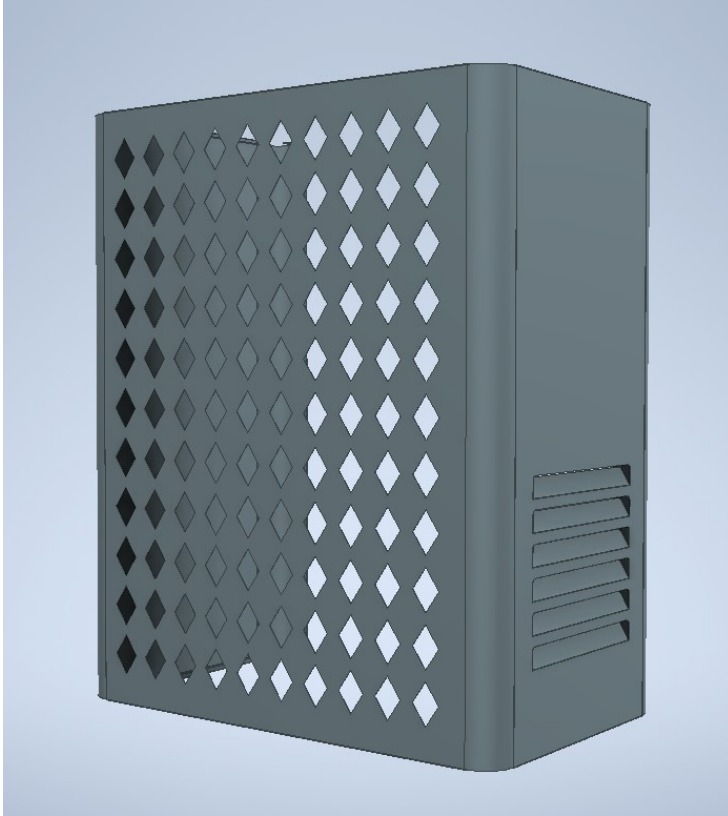
9. Зберегти модель.

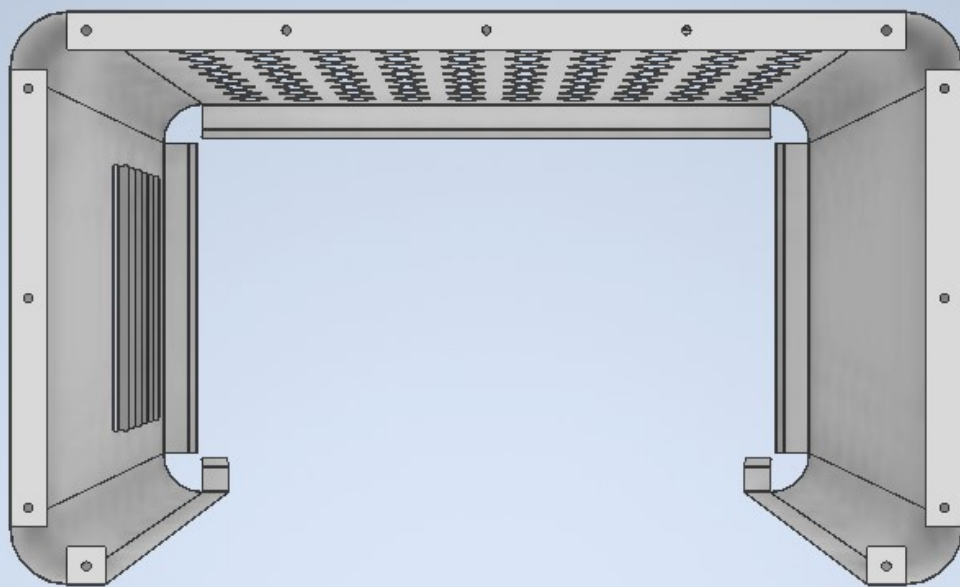
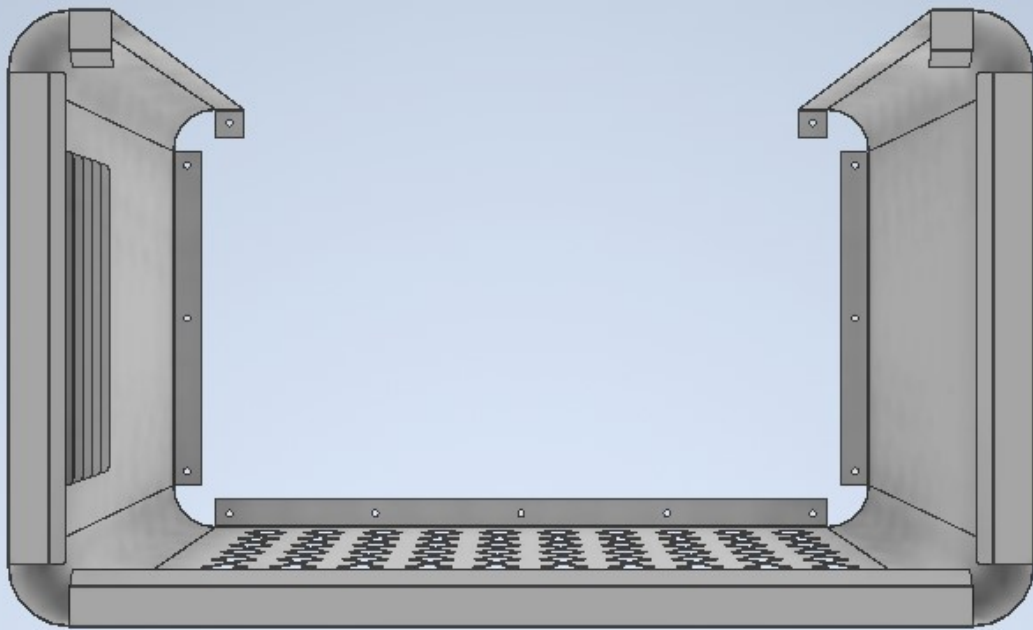


Лабораторна робота 5

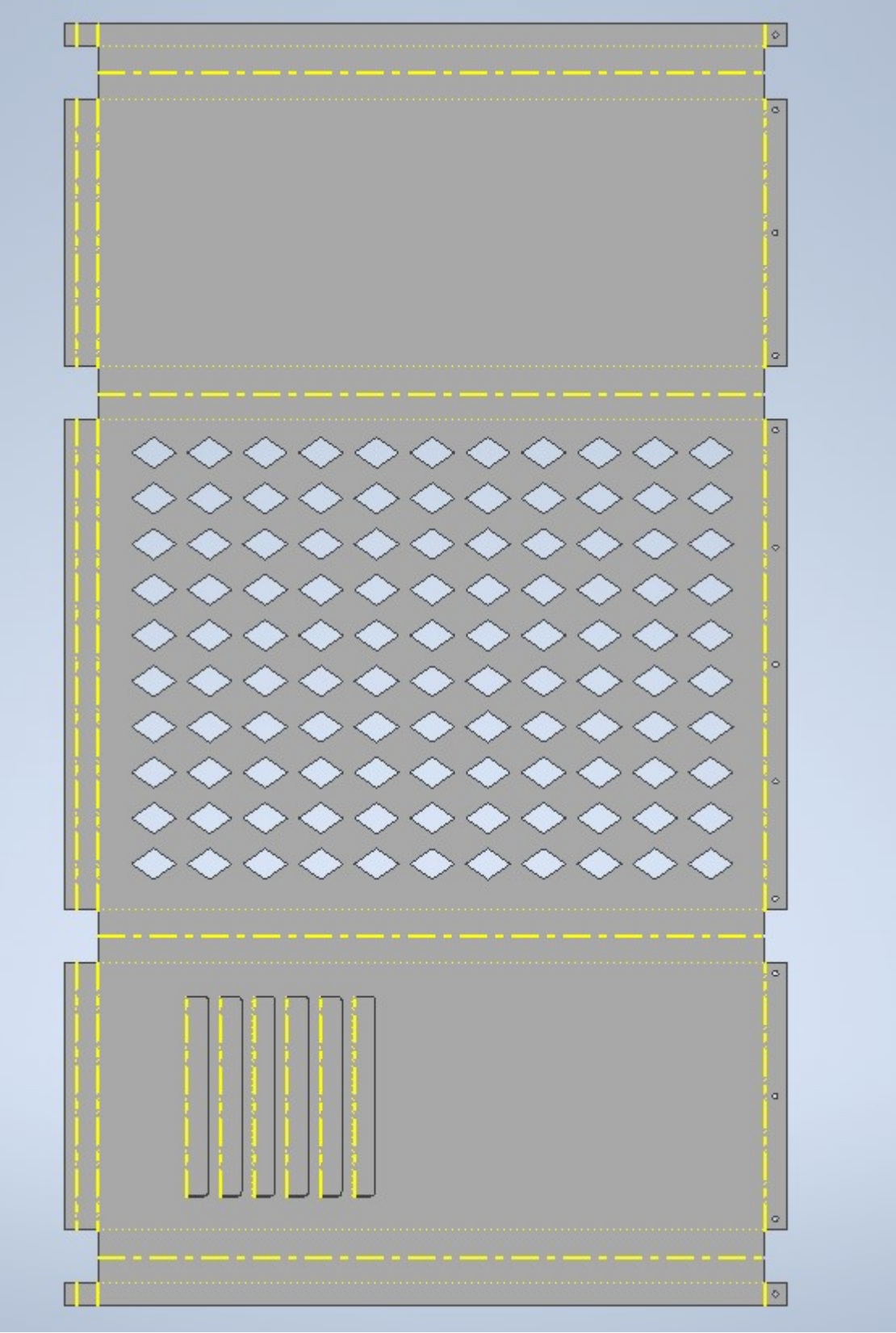
Змодельювати тривимірні фігуру з листового металу.

Розміри можуть бути довільні, головне показати всі функції в моделюванні деталей з листового металу.





Зробити розгортку деталі.



Лекція 6. Поетапність моделювання. Загальні принципи правильного 3D-моделювання

Мета лекції

Сформувати у студентів системний підхід до 3D-моделювання, навчити планувати процес створення моделі та застосовувати загальні принципи правильного, стабільного та параметричного моделювання в Autodesk Inventor.

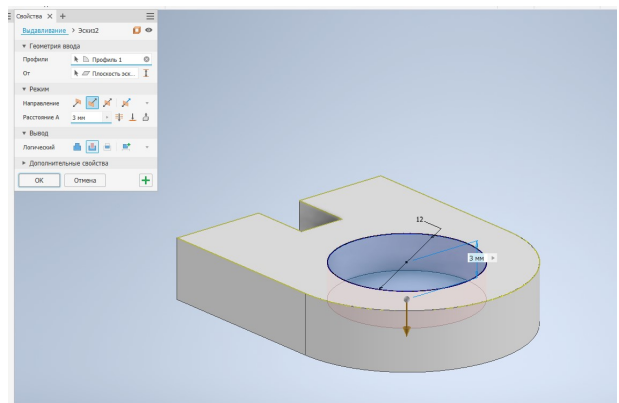
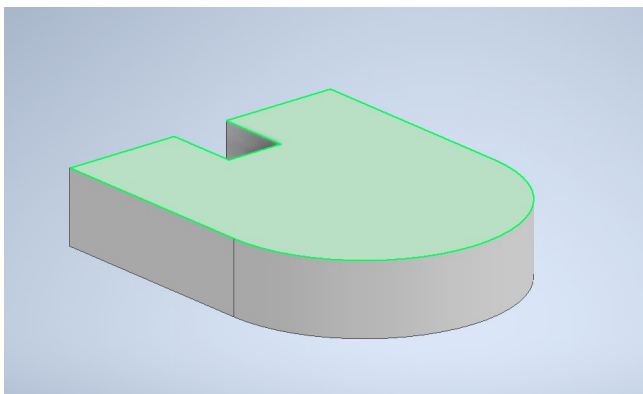
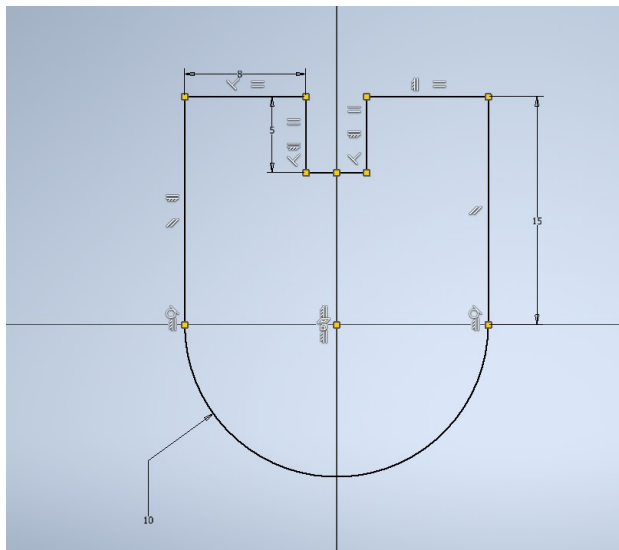
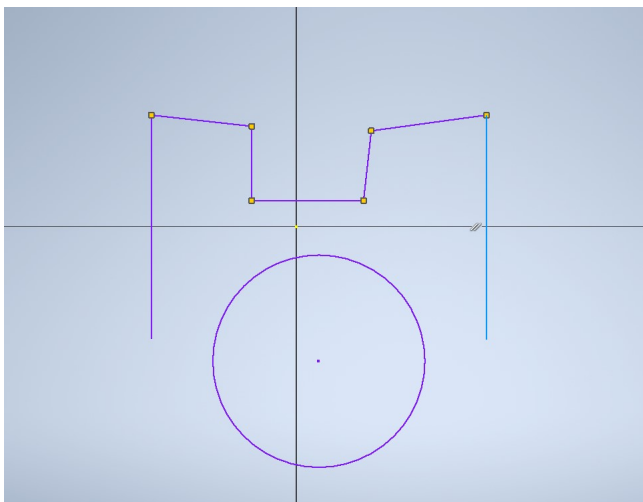
Зміст лекції

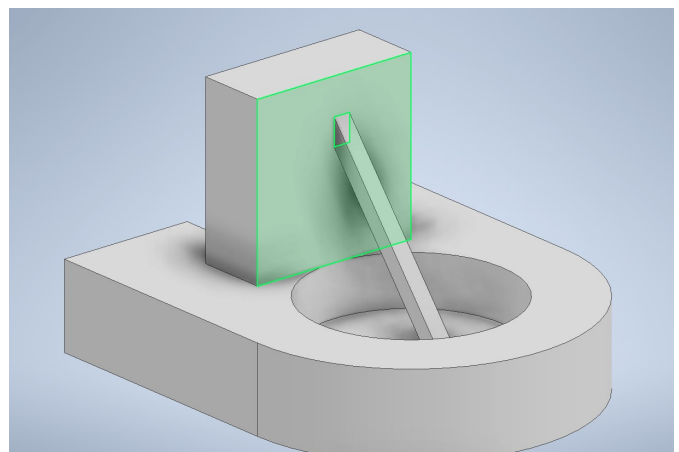
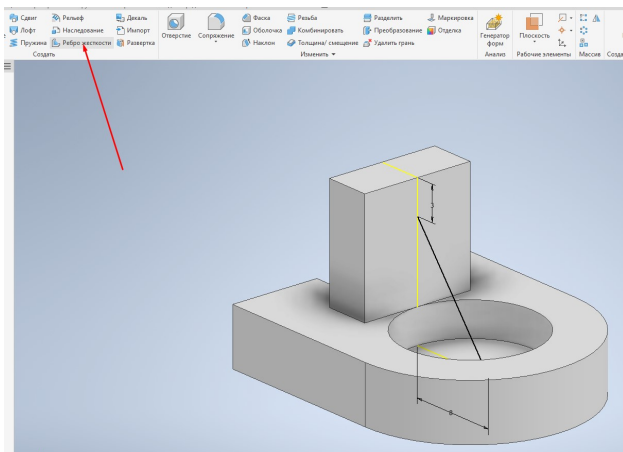
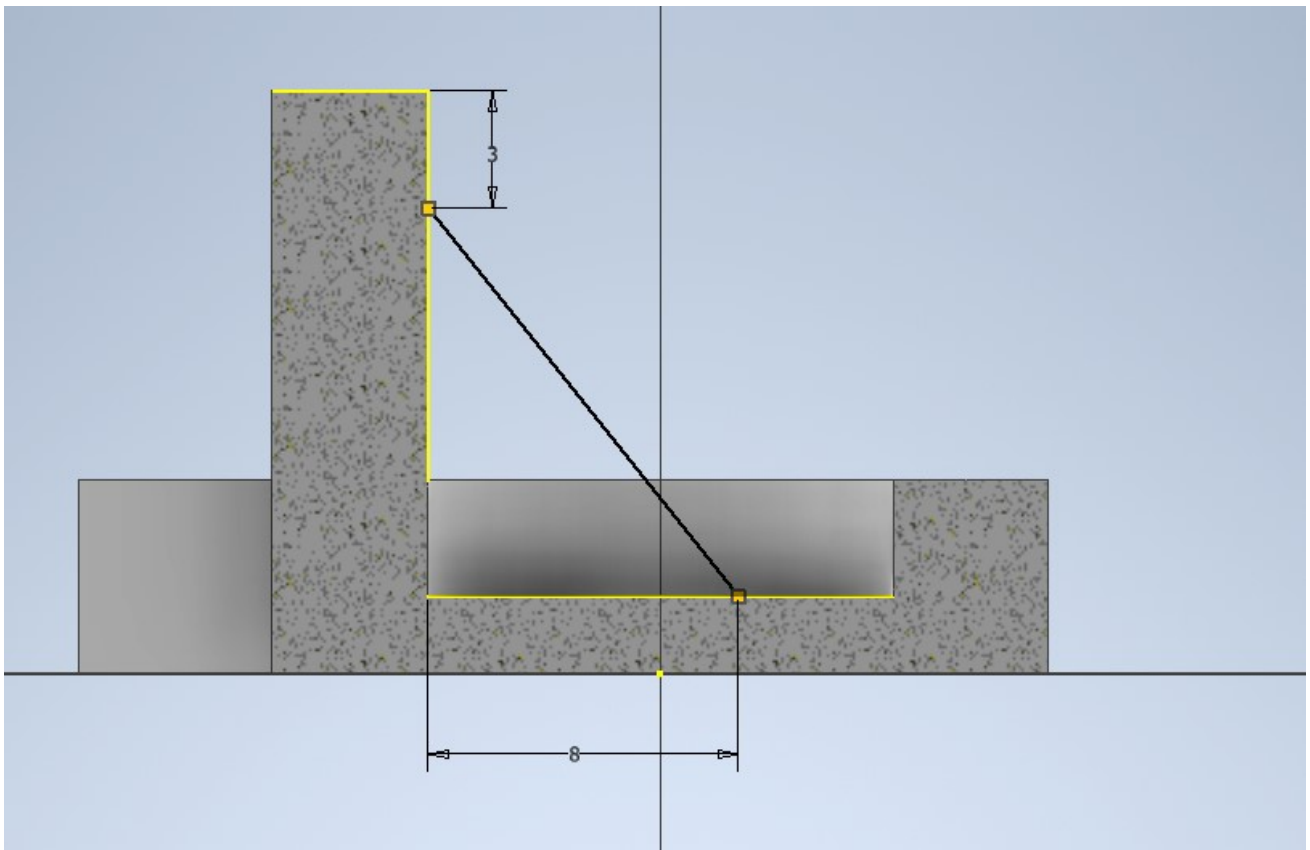
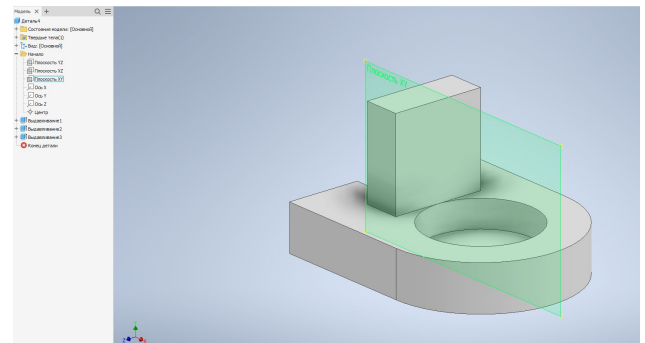
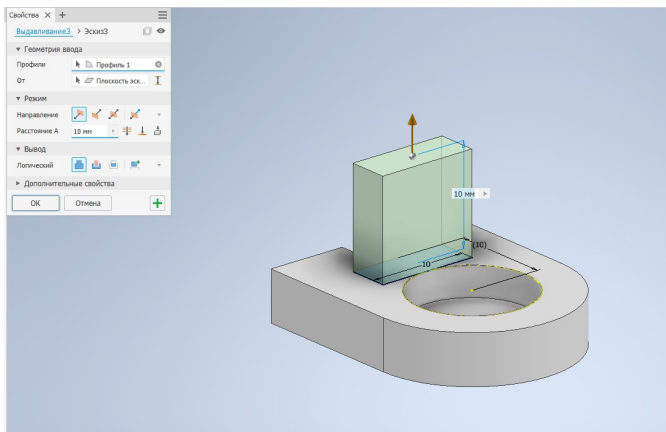
1. Необхідність поетапного моделювання

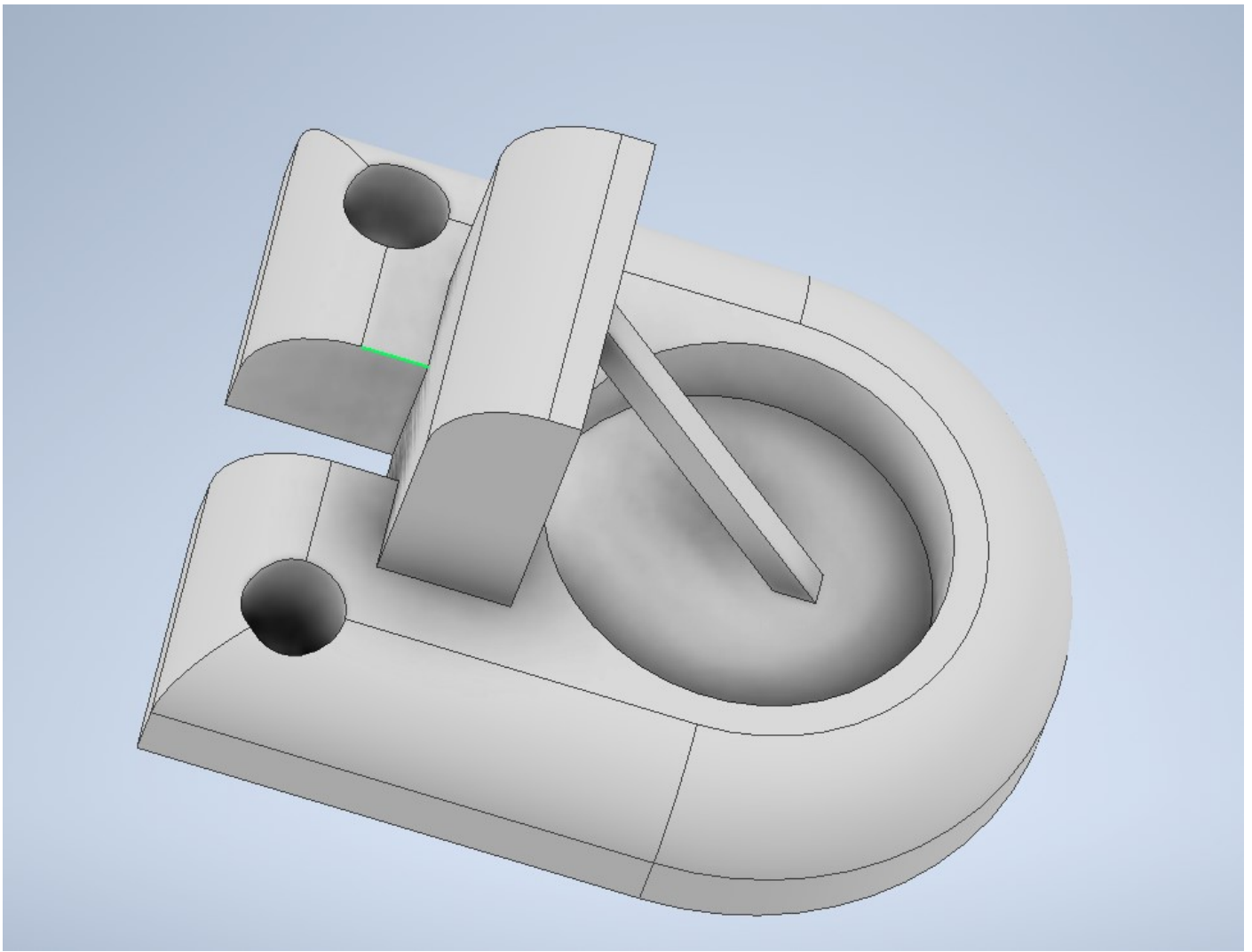
3D-моделювання в системах САПР є **послідовним процесом**, у якому кожна операція базується на попередніх. Порушення логіки побудови призводить до:

- нестабільної поведінки моделі;
- помилок перебудови;
- складності редагування;
- неможливості параметризації.

Поетапність моделювання передбачає **планування геометрії** ще до початку створення ескізів.







2. Аналіз деталі перед моделюванням

Перед початком моделювання необхідно виконати попередній аналіз деталі:

- визначити основну форму виробу;
- встановити симетрії;
- визначити базові та допоміжні елементи;
- виділити ключові розміри.

Рекомендується відповісти на запитання:

- яка операція є базовою (Extrude або Revolve);
- з якої площини доцільно почати;
- які елементи є вторинними.

3. Базове тіло як основа моделі

Моделювання рекомендується починати зі створення **базового тіла**, яке визначає загальну форму деталі.

Характеристики базового тіла:

- проста геометрія;

- мінімальна кількість операцій;
- чітка прив'язка до початку координат;
- параметрична керованість.

Базове тіло зазвичай створюється операціями **Extrude** або **Revolve**.

4. Послідовність додавання елементів

Після створення базового тіла моделювання виконується у такій послідовності:

1. основні геометричні елементи;
2. вторинні елементи (пази, виступи);
3. отвори стандартних типів;
4. технологічні елементи;
5. завершальні операції (Fillet, Chamfer).

Така послідовність забезпечує:

- логічну структуру моделі;
- простоту редагування;
- стабільну перебудову.

5. Прив'язка ескізів та симетрія

Для коректного моделювання необхідно:

- використовувати початок координат як базову точку;
- застосовувати осі та площини симетрії;
- уникати довільного розташування ескізів.

Використання симетрії:

- зменшує кількість параметрів;
- підвищує стабільність моделі;
- спрощує зміну розмірів.

6. Принципи правильного параметричного моделювання

До загальних принципів правильного моделювання належать:

- повна визначеність усіх ескізів;
- мінімальна, але достатня кількість параметрів;
- використання формул замість фіксованих розмірів;
- логічні імена параметрів;
- послідовний порядок операцій у браузері моделі.

Параметрична модель повинна **прогнозовано змінюватися** при зміні ключових параметрів.

7. Типові помилки при моделюванні

Найпоширенішими помилками є:

- відсутність планування перед моделюванням;
- початок з дрібних елементів;
- використання випадкових ескізів;
- відсутність симетрії;
- надмірна параметризація;
- ігнорування структури браузерa моделі.

Уникнення цих помилок є необхідною умовою створення якісних інженерних моделей.

Лекція 7.Збірки та логіка складання в Autodesk Inventor

Мета лекції

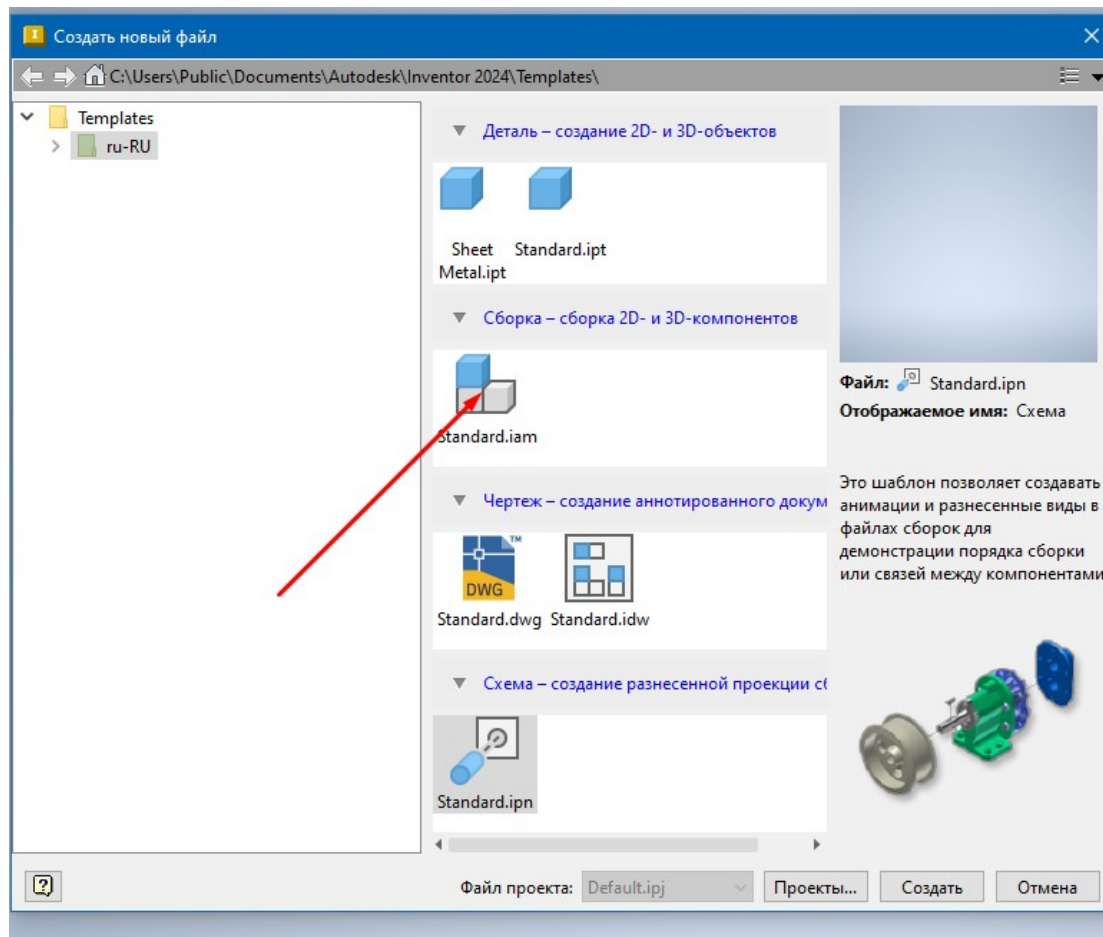
Сформувати у студентів теоретичні знання та практичні навички створення **збірок виробів**, навчити логіці складання деталей, використанню зв'язків (constraints) та організації структури збірки в середовищі Autodesk Inventor.

Зміст лекції

1. Поняття збірки в САПР

Збірка — це сукупність окремих деталей, об'єднаних у єдину конструкцію з визначеними просторовими та функціональними зв'язками.

У Autodesk Inventor збірки реалізуються у файлах типу **IAM**.



Збірки дозволяють:

- перевіряти взаємне розташування деталей;
- аналізувати рух і взаємодію елементів;
- виявляти колізії;
- формувати специфікації та креслення.

2. Підготовка деталей до складання

Перед створенням збірки необхідно:

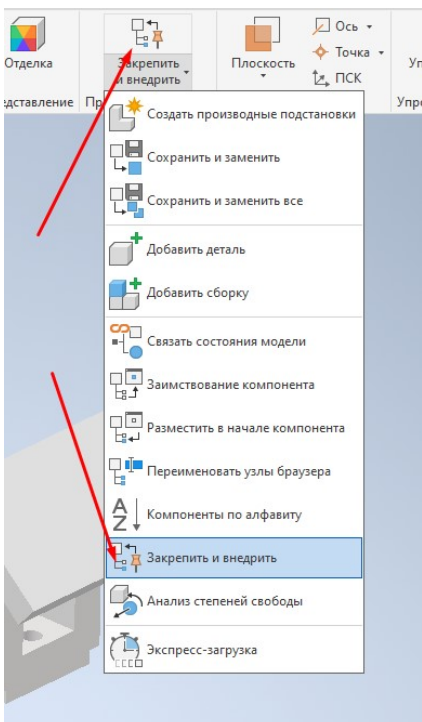
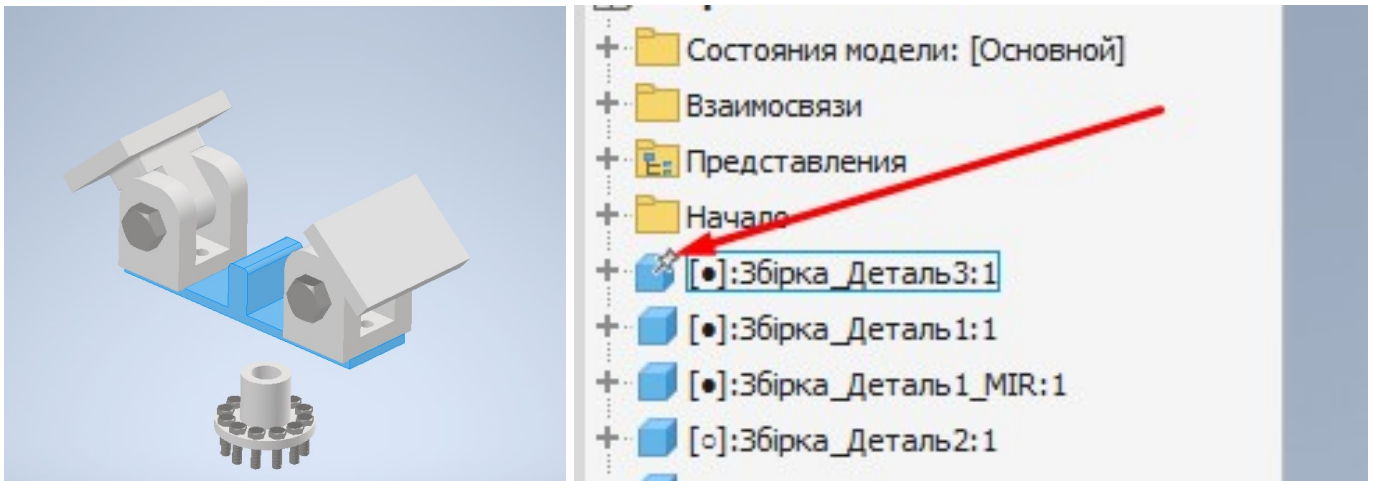
- забезпечити правильну орієнтацію деталей відносно початку координат;
- параметризувати ключові розміри;
- уникати надмірно складної геометрії;
- перевірити стабільність перебудови деталей.

Коректно підготовлені деталі значно спрощують процес складання.

3. Логіка складання виробу

Складання рекомендується починати з **базової деталі**, яка:

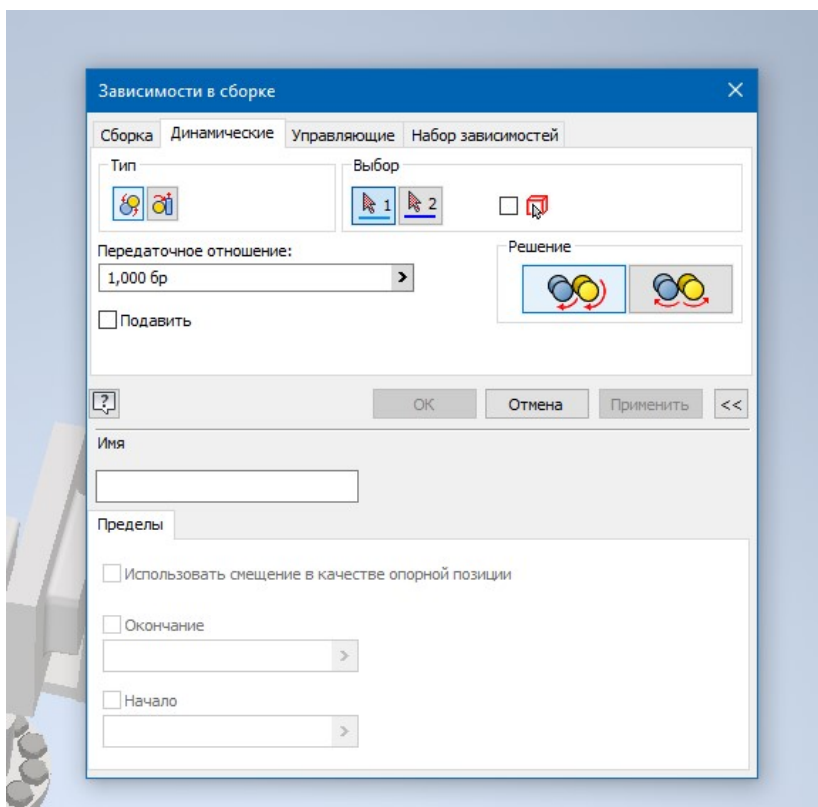
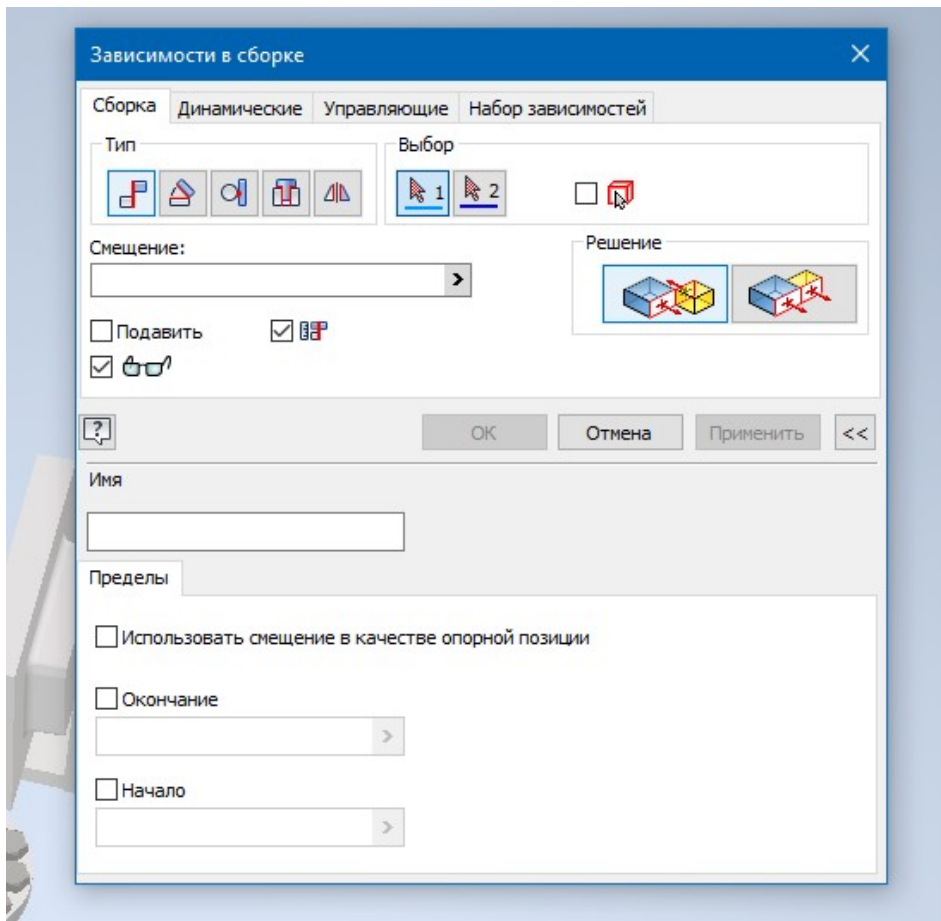
- визначає положення всієї збірки;
- зазвичай закріплюється (Grounded);
- слугує опорною частиною конструкції.

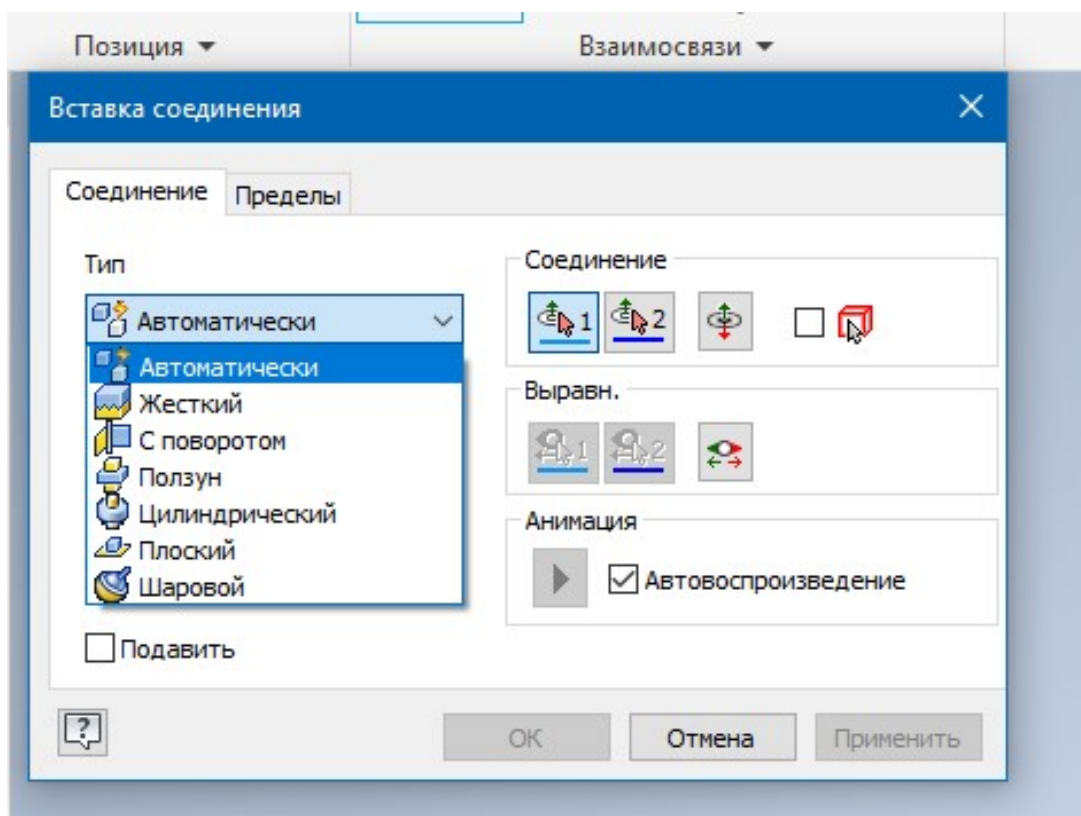


Подальше складання виконується:

- від базових деталей до допоміжних;
- з урахуванням функціонального призначення вузлів;
- з використанням симетрії та повторюваних елементів.

4. Збіркові зв'язки (Constraints)





Збіркові зв'язки визначають взаємне положення деталей у просторі.

Основні типи зв'язків:

- **Mate** — суміщення поверхонь;
- **Flush** — вирівнювання площин;
- **Insert** — з'єднання циліндричних елементів;
- **Angle** — задання кутового положення;
- **Tangent** — дотичність поверхонь.

Правильне використання зв'язків:

- забезпечує коректну поведінку збірки;
- дозволяє моделювати рух;
- зменшує кількість обмежень.

5. Ступені свободи та їх контроль

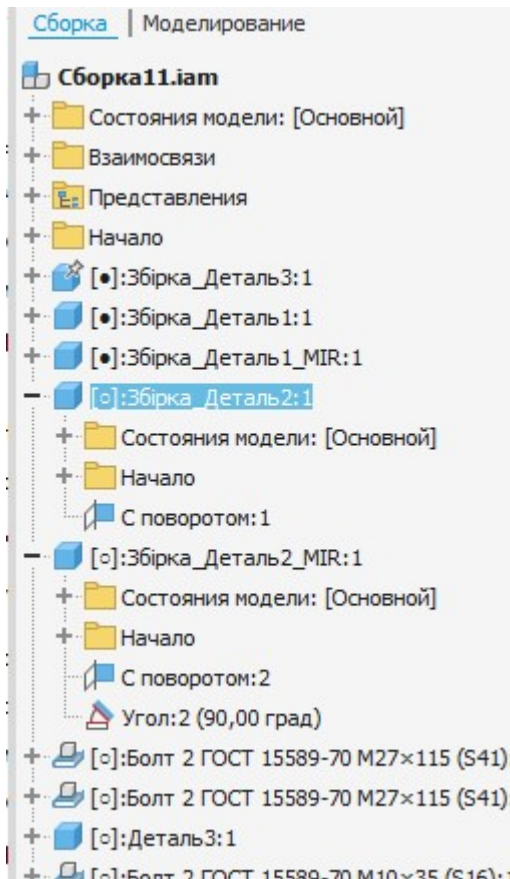
Кожна деталь у просторі має **шість ступенів свободи**:

- три поступальні;
- три обертальні.

Метою накладання зв'язків є:

- усунення зайвих ступенів свободи;
- забезпечення функціонального руху (за необхідності);
- запобігання перевизначенню збірки.

6. Структура та ієрархія збірки



Збірки можуть мати:

- ієрархічну структуру;
- підзбірки;
- стандартні компоненти.

Рекомендації:

- використовувати підзбірки для складних виробів;
- логічно іменувати компоненти;
- уникати надмірної вкладеності.

7. Типові помилки при створенні збірок

Найпоширеніші помилки:

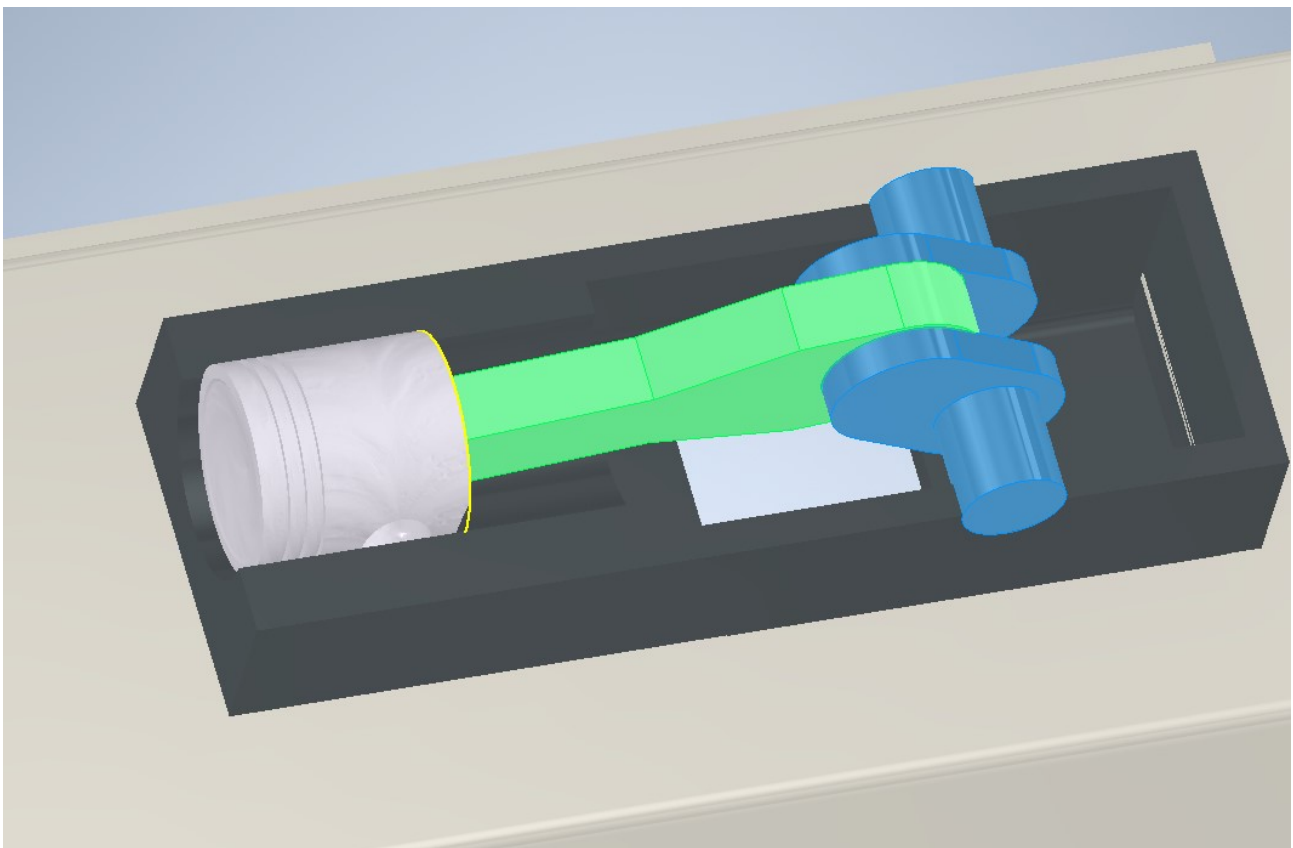
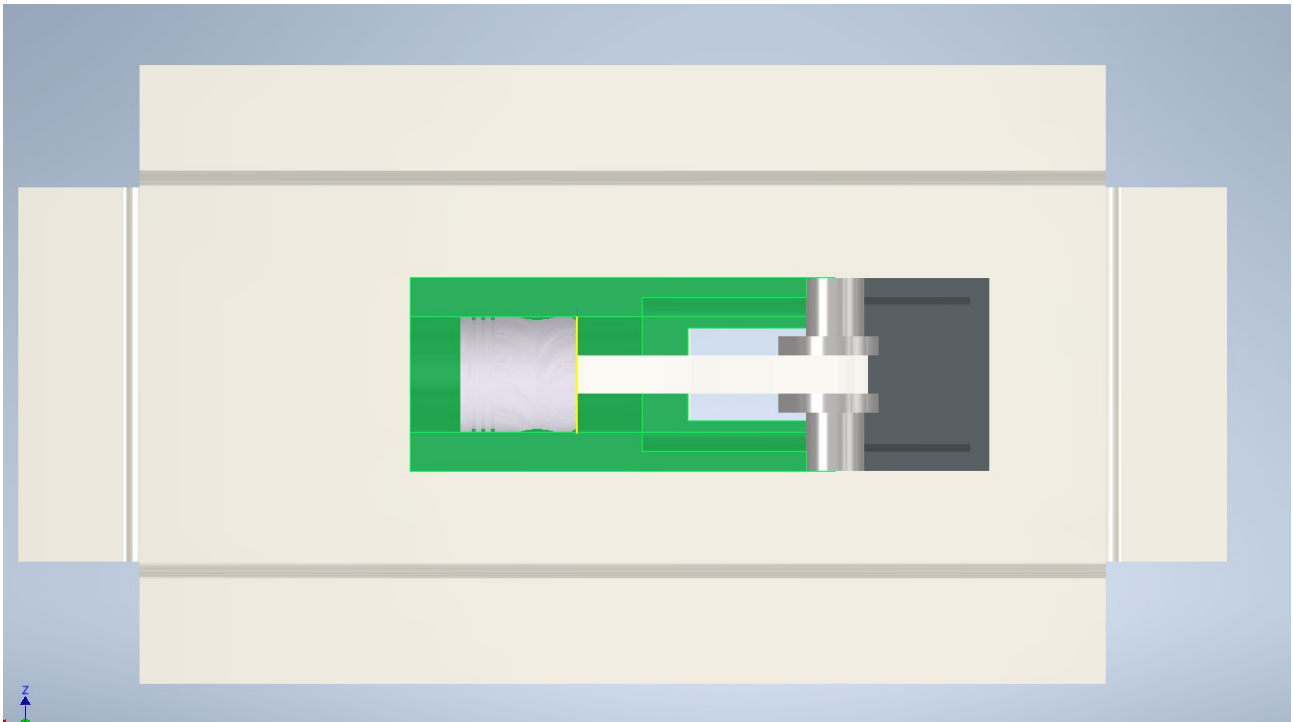
- відсутність базової деталі;
- надмірна кількість зв'язків;
- перевизначення збірки;
- ігнорування параметричних залежностей;
- відсутність логічної структури.

Уникнення цих помилок забезпечує стабільну та керовану збірку.

Лабораторна робота 6-7

Змоделювати тривимірні фігуру. Зробити збірку з прив'язками та зв'язками.

Розміри можуть бути довільні. Деталі можуть теж відрізнятися від тих як на прикладі. Збірка має виконувати обертально-поступальні дії.



 Ось Y

 Ось Z

 Центр

+  [•]:Станіна:1

+  [•]:Блок:1

+  [○]:Вал:1

+  [•]:Кришка:1

+  [○]:Шатун:1

+  [○]:Поршень:1

Лекція 8. Анімація збірки в Autodesk Inventor

1. Вступ

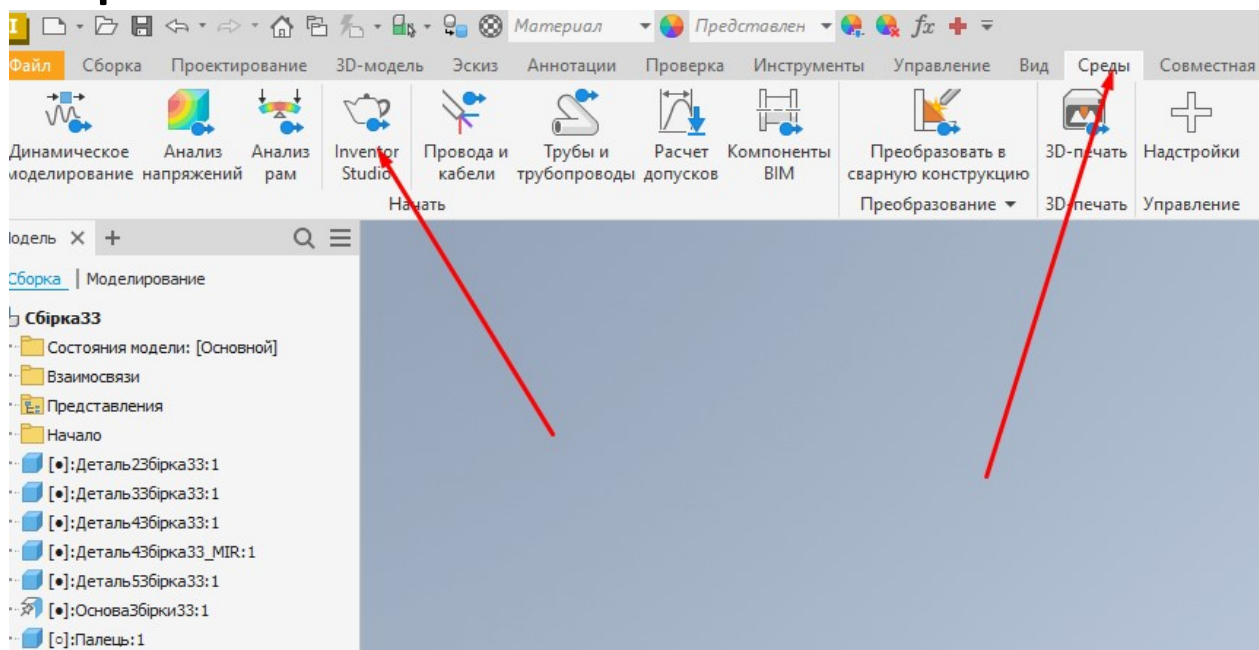
У сучасному машинобудуванні та комп'ютерному проектуванні важливу роль відіграє не лише створення тривимірної моделі виробу, а й можливість демонстрації принципу його роботи. Саме тому анімація збірок у системах автоматизованого проектування стає невід'ємною частиною інженерної діяльності.

Одним із найефективніших інструментів для створення анімації є середовище **Inventor Studio**, яке входить до складу Autodesk Inventor. Воно дозволяє створювати:

- анімацію руху механізмів;
- вибухові схеми;
- презентаційні відео;
- фотореалістичну візуалізацію виробів.

Використання анімації значно покращує сприйняття конструкції, дозволяє аналізувати роботу механізмів та підвищує якість презентації інженерного проекту.

2. Призначення Inventor Studio



Inventor Studio — це спеціалізоване середовище Autodesk Inventor, призначене для:

- створення анімації;
- рендерингу;
- налаштування освітлення;
- створення відеопрезентацій.

Основна перевага Inventor Studio полягає у можливості створення реалістичних анімацій без використання стороннього програмного забезпечення.

3. Основні можливості Inventor Studio

Inventor Studio забезпечує:

3.1 Анімацію компонентів

Система дозволяє:

- переміщувати деталі;
- обертати механізми;
- створювати траєкторії руху;
- задавати швидкість руху.

3.2 Анімацію камер

Можливе:

- переміщення камери;
- обертання навколо об'єкта;
- створення ефекту "обльоту".

Це дозволяє створювати професійні презентаційні відео.

3.3 Освітлення та матеріали

Inventor Studio підтримує:

- налаштування джерел світла;
- створення тіней;
- текстури;
- фотореалістичні матеріали.

3.4 Рендеринг

Після створення сцени система дозволяє:

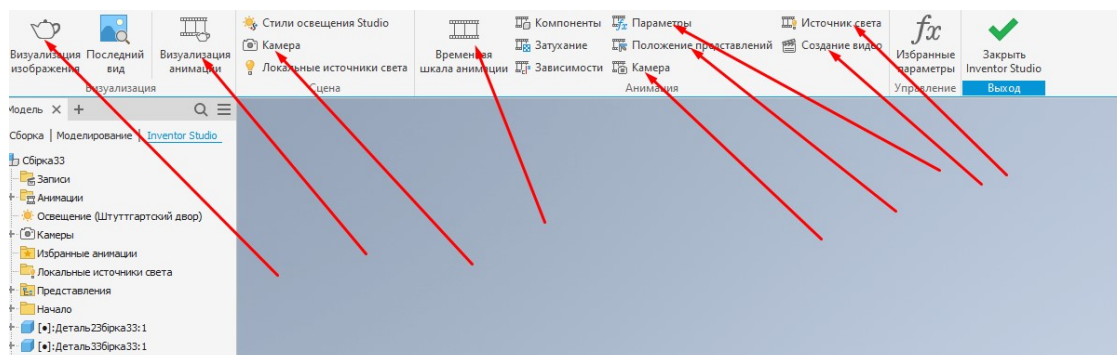
- створювати високоякісні зображення;
- генерувати відео;
- експортувати анімацію.

4. Інтерфейс Inventor Studio

Для переходу в середовище необхідно:

1. Відкрити готову збірку.
2. Обрати:

Environments → Inventor Studio.

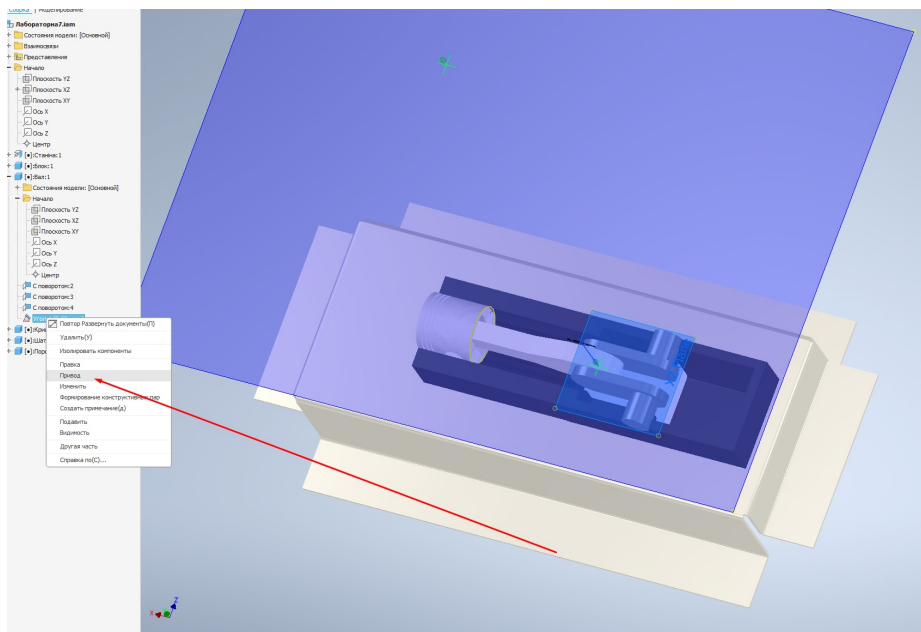


Після переходу користувач отримує доступ до:

- Animation Timeline;
- інструментів анімації;
- параметрів рендерингу;
- налаштувань освітлення.

5. Основні інструменти анімації

5.1 Animate Components

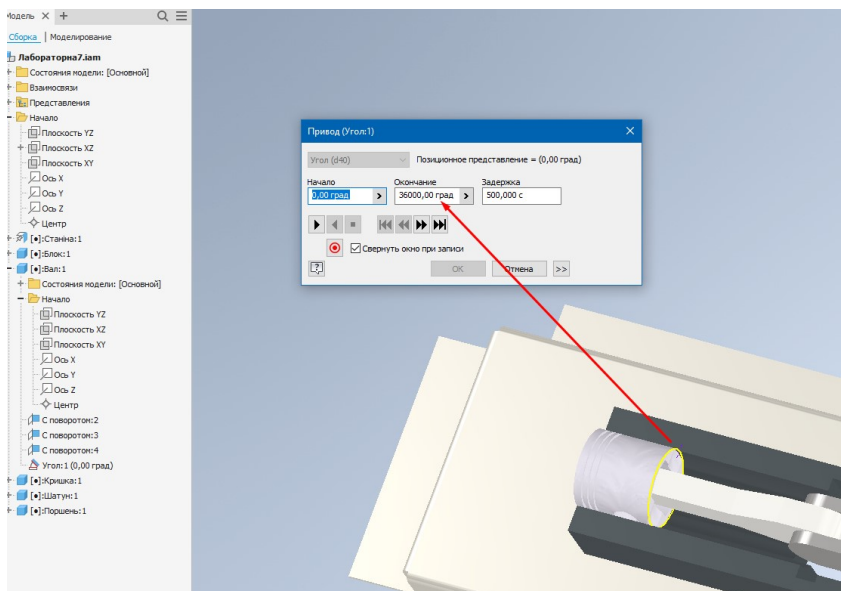


Команда використовується для:

- переміщення деталей;
- створення обертання;
- імітації руху механізмів.

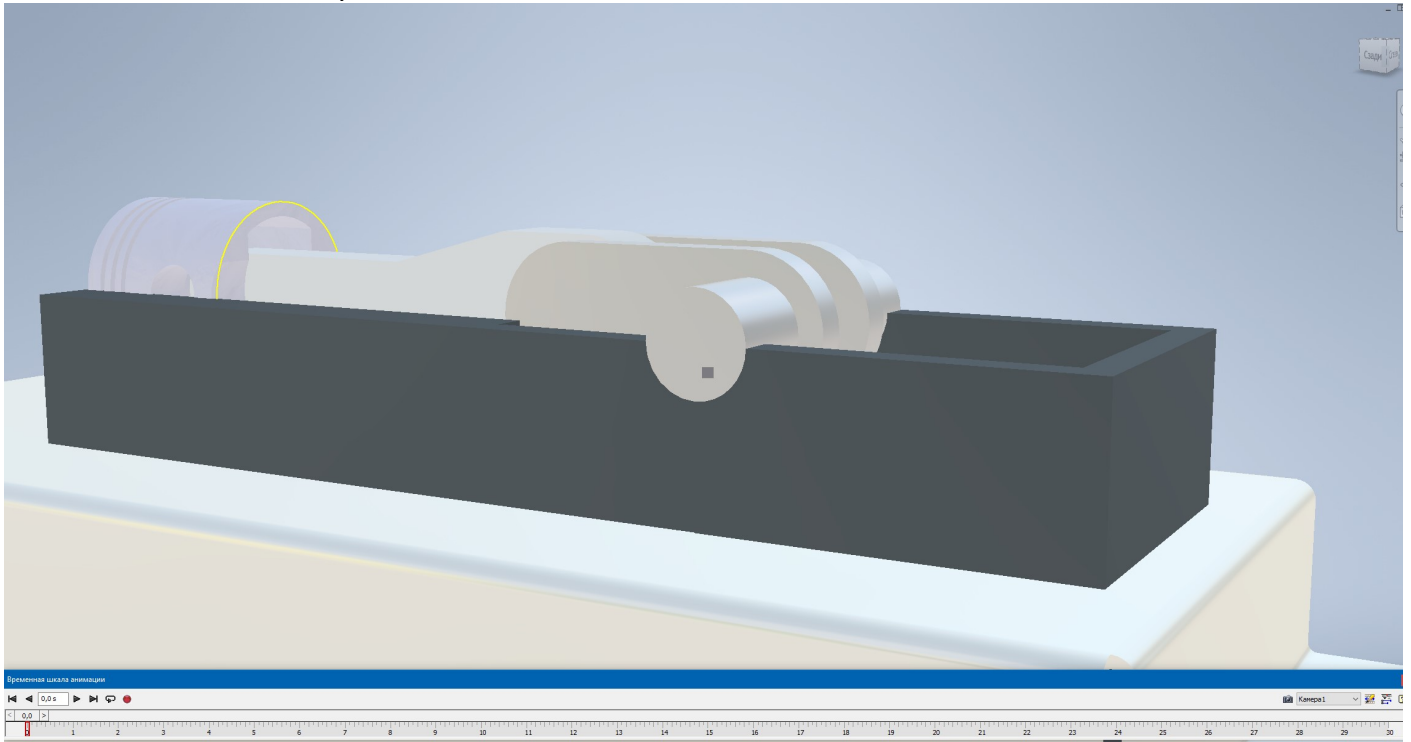
Приклад:

Обертання шестерні на 360° протягом 5 секунд.



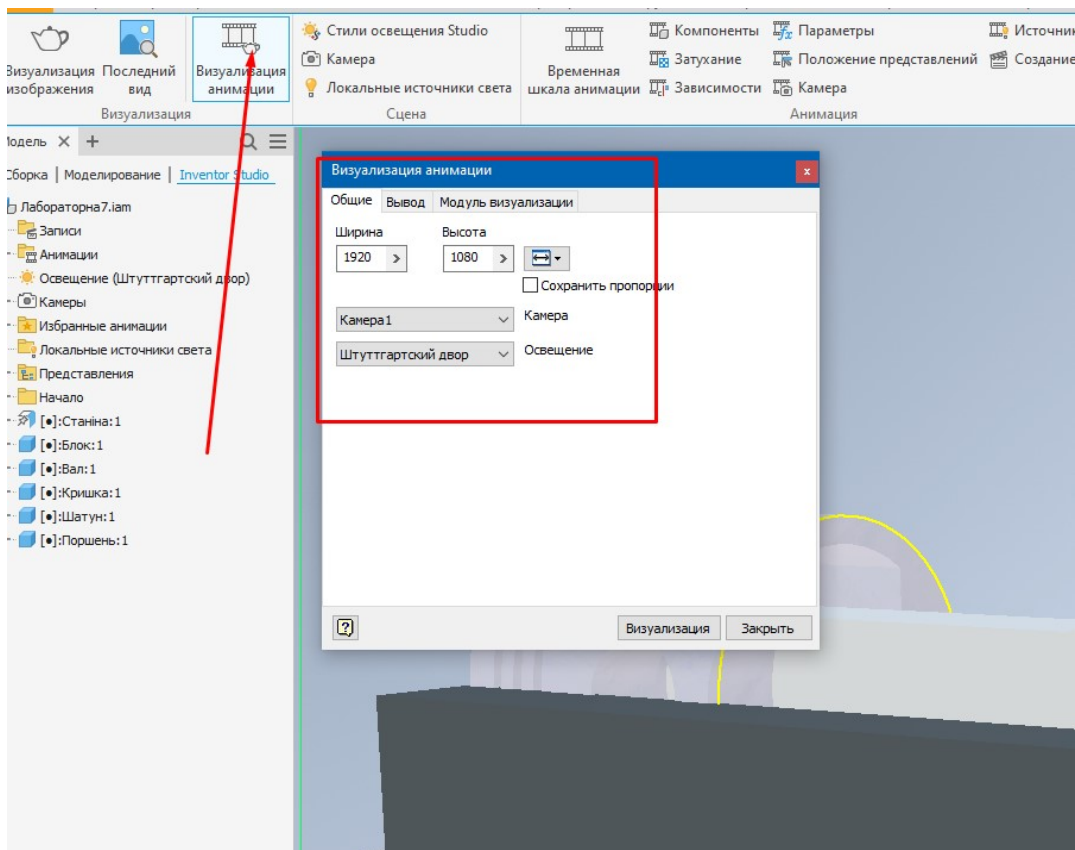
5.2 Animation Timeline

Timeline — це шкала часу, що дозволяє:



- задавати тривалість анімації;
- редагувати послідовність рухів;
- синхронізувати рух компонентів.

5.3 Camera Animation



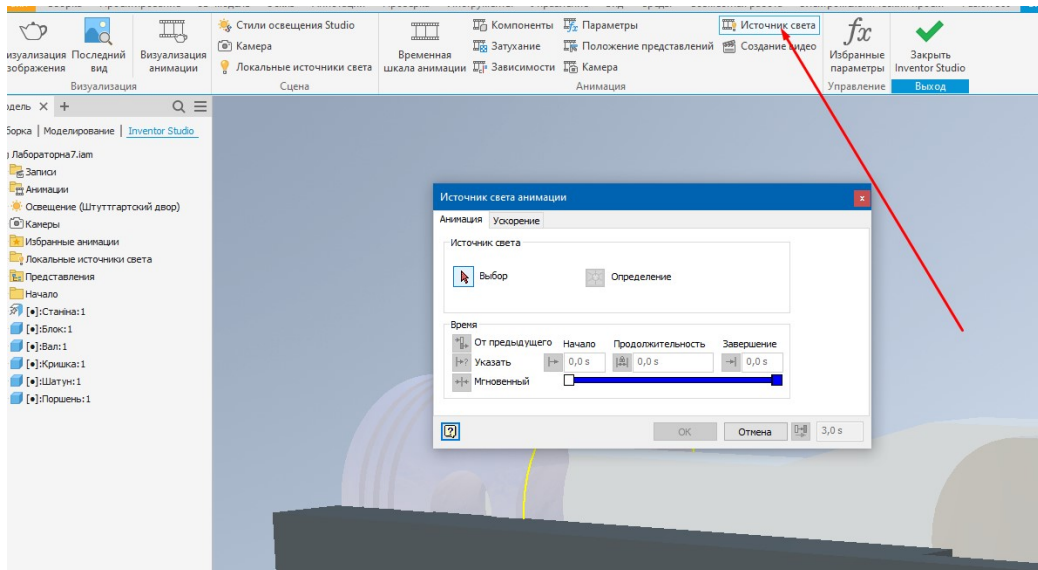
Дозволяє:

- створювати рух камери;
- виконувати панорамування;
- наближати або віддаляти об'єкт.

Приклад:

Камера рухається навколо двигуна під час його роботи.

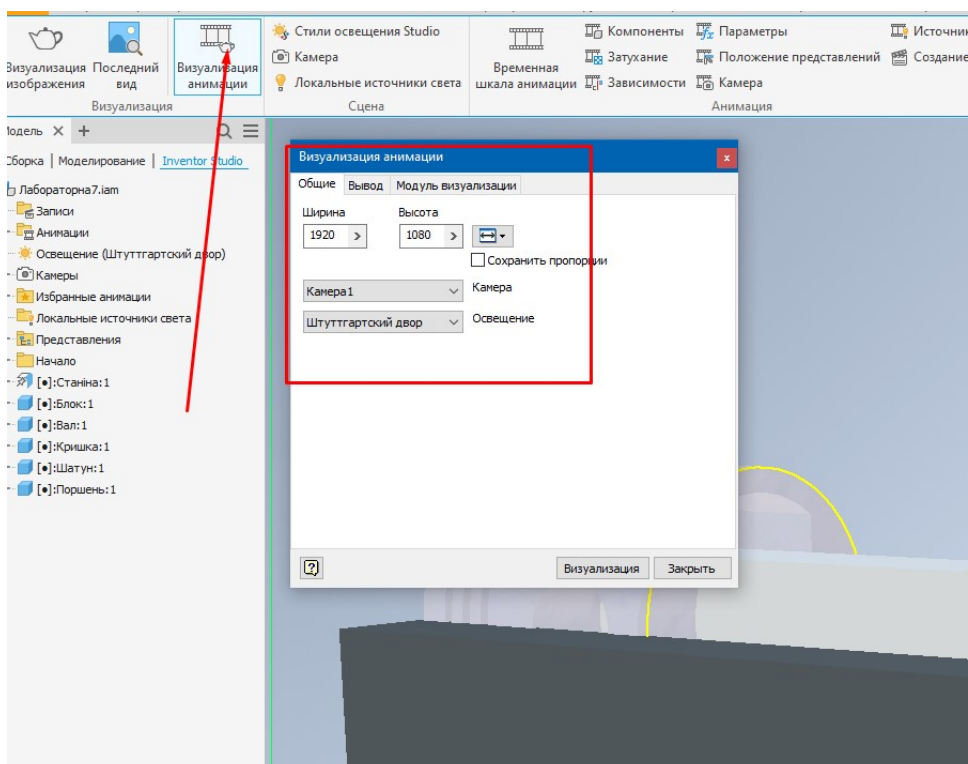
5.4 Lighting Animation



Інструмент застосовується для:

- зміни освітлення;
- створення ефектів реалістичності;
- підсвічування окремих деталей.

6. Створення анімації збірки



Практичний приклад

Завдання:

Створити анімацію роботи редуктора.

Етап 1. Підготовка збірки

1. Створити збірку редуктора.
2. Перевірити залежності між деталями.
3. Задати обмеження руху.

Етап 2. Перехід до Inventor Studio

1. Обрати:
Environments → **Inventor Studio**.
2. Відкрити Animation Timeline.

Етап 3. Анімація компонентів

1. Використати команду:
Animate Components.
2. Вибрати шестерню.
3. Задати:
 - тип руху — **Rotation**;
 - кут — **360°**;
 - тривалість — **10 секунд**.

Етап 4. Налаштування камери

1. Створити нову камеру.
2. Задати траєкторію руху.
3. Встановити плавний перехід між кадрами.

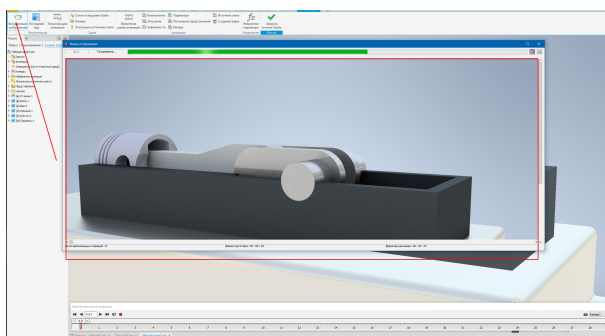
Етап 5. Перегляд анімації

Натиснути:

Play Animation.

7. Рендеринг та експорт

Після завершення анімації виконується рендеринг.



Під час рендерингу задаються:

- формат відео;
- якість;
- роздільна здатність;
- частота кадрів.

Inventor Studio підтримує:

- AVI;
- WMV;
- послідовність кадрів.

8. Переваги використання Inventor Studio

8.1 Візуалізація

Дозволяє наочно демонструвати роботу механізмів.

8.2 Аналіз

Допомагає виявляти помилки в русі деталей.

8.3 Освітній процес

Покращує розуміння складних інженерних систем.

8.4 Презентація проєктів

Підвищує якість демонстрації виробу.

9. Недоліки системи

- високі вимоги до комп'ютера;
- значний час рендерингу;
- складність великих сцен.

10. Висновок

Inventor Studio є потужним інструментом створення анімації та візуалізації в Autodesk Inventor. Його використання дозволяє не лише демонструвати принцип роботи механізмів, а й підвищує ефективність інженерного аналізу, навчання та презентації проєктів.

Сучасні технології анімації сприяють розвитку цифрового проєктування та формуванню нового рівня інженерної підготовки.

Лабораторна робота 8

Зробити анімацію на лабораторну роботу 6-7.

Продемонструвати незалежну анімацію в Inventor.

Анімація має бути як демонстрація поступально-обертального руху деталей. Спосіб анімації обертайте по бажанню.

