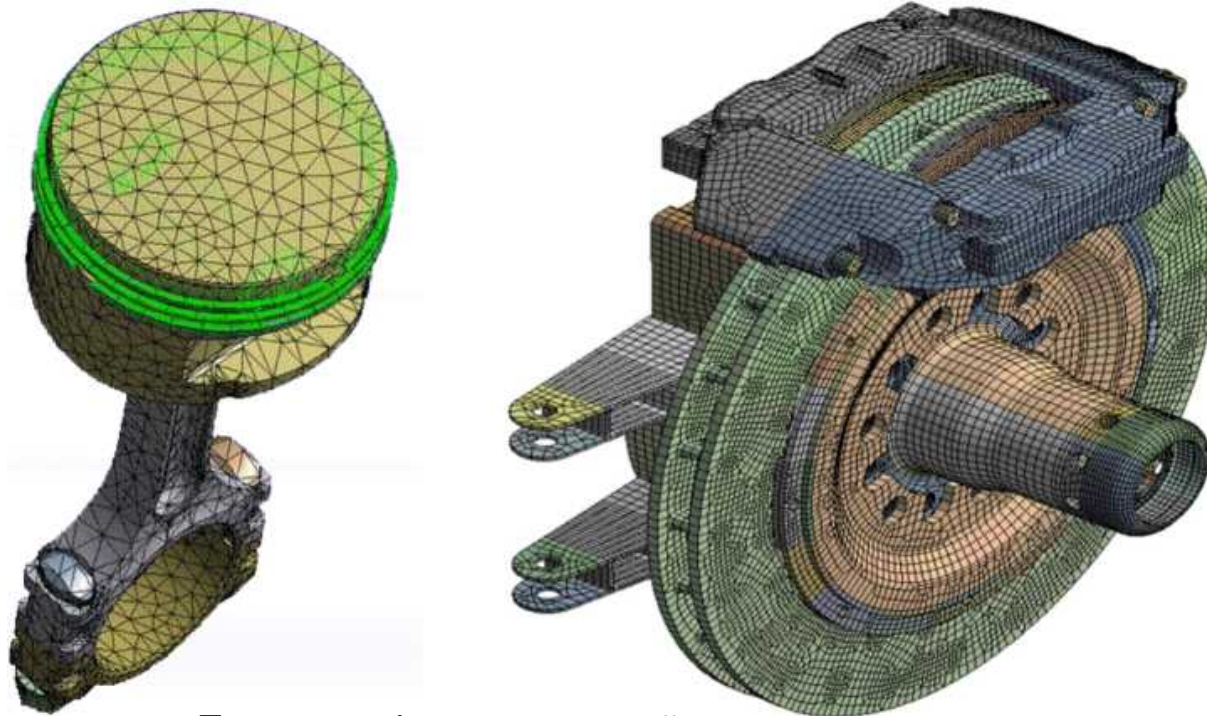


Основні поняття МСЕ

Скінченні елементи (СЕ) - це окремі частини або підобласті, на які поділяється модель досліджуваного об'єкта.

Сіткова модель (сітка) - це набір взаємопов'язаних скінченних елементів

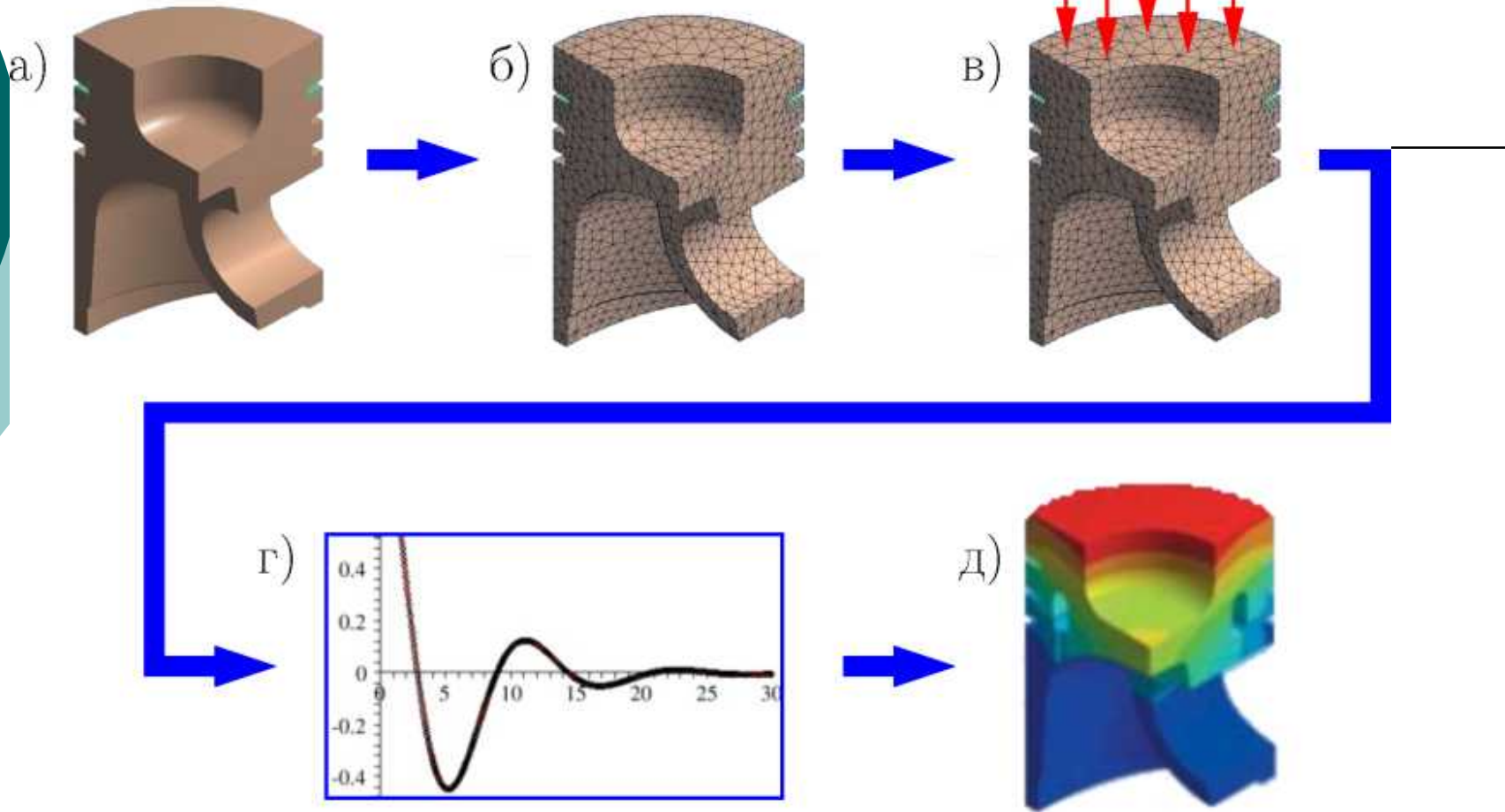


Приклади сіткових моделей

Класифікація за залежністю процесу, що моделюється від часу:

- а) Розрахунок процесу, що установлюється (стаціонарний розрахунок) – кінцеве рішення не змінюється із плином часу
- б) Розрахунок процесу, який періодично повторюється (стаціонарно-періодичний розрахунок) – рішення повторюється в плинні певного інтервалу часу
- в) Розрахунок процесу, що не установлюється (нестационарний розрахунок) – рішення не залежить від часу

Етапи вирішення задачі МСЕ



Етапи вирішення задачі МСЕ

- Створення геометричної моделі досліджуваного об'єкту. На даному етапі використовують CAD (Computer Aided Design) програму або модуль.
- створення сіткової моделі. Використають генератор сітки (Mesh generator).
- Завдання початкових та граничних умов, фізичних властивостей досліджуваного об'єкту та параметрів розрахунку. Використовують препроцесор (Preprocessor).
- Проведення розрахунку (числове вирішення). Використовують вирішувач (Solver).
- Обробка та аналіз отриманих результатів. Використовують постпроцесор. (Postprocessor)

Програми для вирішення задач МСЕ

CAE (Computer Aided Engineering) програма – загальна назва для програм та програмних пакетів, що призначені для вирішення різних інженерних завдань: розрахунку, аналізу та симуляції фізичних процесів.

Звичайно в CAE-програмі можливо пройти усі етапи вирішення задачі: від створення геометричної моделі досліджуваного об'єкта до обробки й аналізу отриманих результатів розрахунку. Існують програми, що спеціалізуються на конкретному етапі вирішення задачі. Наприклад, ряд програм спеціалізуються тільки на створенні сіткової моделі, або тільки на обробці результатів розрахунку. Багато програм дозволяють обмінюватися даними на різних етапах вирішення задачі.

Приклади найвідоміших комерційних CAE-програм

- а) Ansys (www.ansys.com)
- б) Abaqus (www.simulia.com)
- в) NX (Unigraphics) (www.siemens.com)
- г) SolidWorks (www.solidworks.com)
- д) Autodesk (www.autodesk.com)

Приклади вільних та відкритих CAE-програм

- а) Code Aster (www.code-aster.org)
- б) OpenFOAM (www.openfoam.com)
- в) Elmer (www.csc.fi/english/pages/elmer)

Атрибути скінченних елементів (СЕ)

Атрибути – це властивості скінченних елементів.

Основними атрибутами СЕ є:

а) **Власна розмірність** (0D, 1D, 2D, 3D) – це кількість локальних просторових координат, необхідних для опису геометрії елемента. Під час динамічного розрахунку час є додатковою розмірністю елемента.

б) **Вузли (вузлові точки)** – це характерні точки, що описують геометрію елемента та визначають його ступінь волі. Вузли можуть знаходитись в кутових (крайніх) точках, на ребрах й усередині елемента. Елементи, що мають тільки кутові вузли, називають лінійними. Внутрішні вузли дозволяють підвищувати точність вирішення, але роблять розрахунок більш витратним за комп'ютерними ресурсами та часом.

в) **Геометрія** – це геометрична форма елементів, що створюється його вузлами (наприклад, відрізок, трикутник, призма)

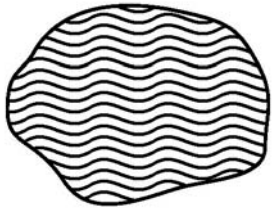
г) **Ступінь волі** – це кількість незалежних параметрів, що характеризують стан досліджуваної моделі.

д) **Визначальні співвідношення** – це фізичні закони, що пов'язують між собою різні параметри (наприклад, закон Гука, який пов'язує напруги та деформації)

е) **Властивість перетину** – це параметри перетину елемента (наприклад, площа, товщина, момент інерції, тощо), що необхідно задавати для елементів деяких типів (наприклад для елементів балочного типу або плоских елементів оболонки).

Основні типи СЕ

Тіло масою M



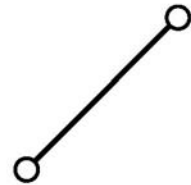
Точкова маса



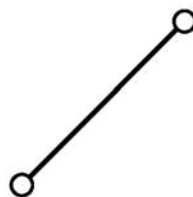
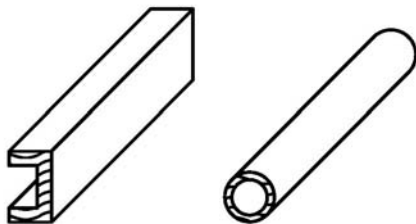
а) **Точкова маса.** Атрибути: власна розмірність - $0D$; 1 вузол; геометрія - точка.



б) **Пружинний елемент.** Атрибути: власна розмірність - $1D$; 2 крайніх вузла; геометрія - відрізок. Використовується для апроксимації пружин при вирішенні задач деформації під дією механічного навантаження.



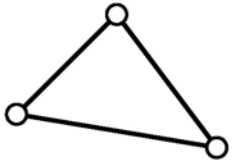
в) **Стрижневий елемент.** Атрибути: власна розмірність - $1D$; 2 крайніх вузла; геометрія - відрізок; у властивостях перетину задається площа. Використовується для апроксимації стрижнів в конструкціях типу ферми при вирішенні задач деформації (стрижні працюють тільки на розтягання і стиснення), теплопровідності і коливань.



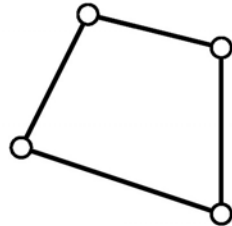
г) **Балка або труба.** Атрибути: власна розмірність - $1D$; 2 крайніх вузла; геометрія - відрізок; у властивостях перетину задаються форма, розміри і орієнтація. Використовуються для дискретизації конструкцій балкового типу при вирішенні задач деформації (розтягання і стиснення, вигин, крутіння, зрушення або зріз), теплопровідності і коливань.

Основні типи СЕ

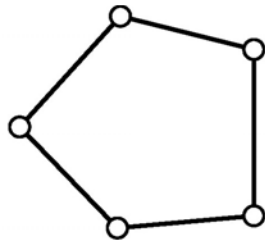
Трикутник



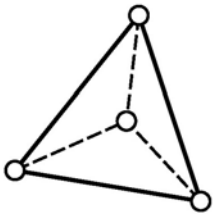
Чотирикутник



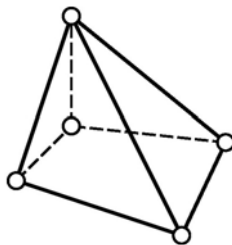
Довільний багатокутник



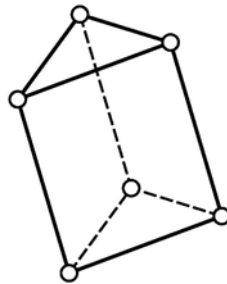
Тетраедр



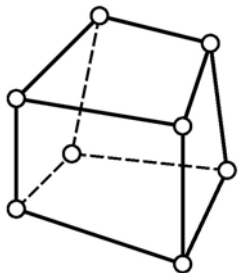
Піраміда



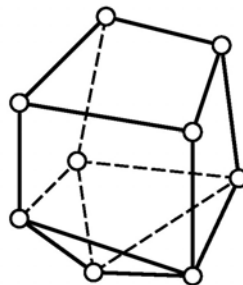
Призма або клин



Гексаедр



Довільний багатогранник



д) Елементи для дискретизації плоских тіл і оболонок.

Атрибути: власна розмірність - 2D. Використовуються при вирішенні задач деформації, теплопровідності і коливань плоских тіл і оболонок, а також для моделювання двовимірної або вісесиметричної течії рідини або газу.

* *Трикутник*. Атрибути: 3 кутових вузла.

* *Чотирикутник*. Атрибути: 4 кутових вузла.

* *Довільний багатокутник*. Атрибути: більше 4 кутових вузлів.

е) Елементи для дискретизації об'ємних тіл.

Атрибути: власна розмірність - 3D. Використовуються при вирішенні задач деформації, теплопровідності і коливань об'ємних тіл, а також для моделювання тривимірної течії рідини і газу.

* *Тетраедр*. Атрибути: 4 кутових вузла.

* *Піраміда*. Атрибути: 5 кутових вузлів.

* *Призма або клин*. Атрибути: 6 кутових вузлів.

* *Гексаедр*. Атрибути: 8 кутових вузлів.

* *Довільний багатогранник*. Атрибути: більше 8 кутових вузлів.