



**Міністерство освіти і науки України**

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет мехатроніки та інжинірингу**

**Кафедра надійності та міцності машин і споруд  
ім. В. Я. Аніловича**

# **ANSYS WORKBENCH. ЗНАЙОМСТВО. ПОЧАТОК РОБОТИ**

**Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт  
з дисциплін «Опір матеріалів»,  
«Механіка матеріалів і конструкцій»,  
та блоку вибіркових дисциплін**

Для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти денної, заочної та дистанційної форм навчання  
інженерних спеціальностей

Харків  
2023

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет мехатроніки та інжинірингу  
Кафедра надійності та міцності машин і споруд  
ім. В. Я. Аніловича

## **ANSYS WORKBENCH. ЗНАЙОМСТВО. ПОЧАТОК РОБОТИ**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт  
з дисциплін «Опір матеріалів»,  
«Механіка матеріалів і конструкцій»,  
та блоку вибіркових дисциплін  
Для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної, заочної та дистанційної форм навчання  
інженерних спеціальностей

Затверджено  
рішенням методичної  
ради ФМІ ДБТУ  
Протокол № 1  
від 7 лютого 2023р

Харків  
2023

**УДК 539.3/6**  
**A-71**

Схвалено на засіданні  
кафедри надійності та міцності машин і споруд ім. В.Я.Аніловича  
Протокол №6 від «30» січня 2023 р.

**Рецензенти:**

**Завгородній О.І.** д.т.н., професор кафедри фізики та математики ДБТУ

**Марченко М.В.** к.т.н., доцент кафедри надійності та міцності машин і споруд ім.В.Я Аніловича, ДБТУ

A-71 ANSYS WORKBENCH:Знайомство. Початок роботи. метод. вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін «Опір матеріалів», «Механіка матеріалів і конструкцій», та блоку вибіркових дисциплін для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної, заоч. та дистанц. форм навч. інженерних спеціальностей / Державний біотехнологічний університет; уклад.: М.В.Сліпченко, В.Б.Савченко, О.А.Свіргун, В.М.Грищенко, В.І.Іванов. - Харків: [б. в.], 2023. - 40с.

Методичні вказівки "Основи роботи в ANSYS WORKBENCH" розроблено з метою надання практичних навичок студентами під час виконання ними лабораторних завдань з відповідної дисципліни. Видання включає викладення базового теоретичного матеріалу та приклад вирішення задачі з необхідними практичними поясненнями. Методичні вказівки містять також контрольні питання, які можуть бути використані в процесі самостійного опанування матеріалу дисципліни.

Видання призначене для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної, заочної та дистанційної форм навчання інженерних спеціальностей.

**Відповідальний за випуск (зав.каф.) : М. В. Сліпченко, к.т.н., доцент.**

© М.В.Сліпченко, В.Б.Савченко,  
О.А.Свіргун, В.М.Грищенко,  
В.І.Іванов  
© ДБТУ, 2023

## ВСТУП

Швидкий розвиток обчислювальної техніки і її впровадження практично в усі сфери життя привело до того, що сьогодні грамотний фахівець в будь-якій області знань повинен добре орієнтуватися в світі комп'ютерів і володіти необхідними програмними засобами. Сучасний інженер неможливий без знання систем автоматичного проектування (CAD - Computer Aids Design), автоматичного виробництва (CAM - Computer Aids Manufacturing) і автоматичного інженерного аналізу (CAE - Computer Aids Engineering). Такі CAD/CAM системи як AutoCAD, DUCT, Pro/Engineer, Unigraphics і SolidsWorks широко використовуються для комп'ютерного моделювання виробів складної форми, з подальшим випуском креслень і генерацією керуючих програм для верстатів з ЧПУ.

Одним з найпоширеніших таких комплексів сьогодні є програма ANSYS, що використовує метод скінчених елементів.

Особливістю програми є файлова сумісність всіх членів сімейства ANSYS для всіх використовуваних платформ. Багатоцільова спрямованість програми дозволяє використовувати одну й ту ж модель для вирішення різних пов'язаних завдань. Програма ANSYS є засобом, за допомогою якого створюється комп'ютерна модель або обробляється CAD-модель конструкції; прикладаються діючі зусилля; досліджується відгуки системи різної фізичної природи у вигляді розподілів напружень і температур, електромагнітних полів. Все це допомагає скоротити цикл розробки, що складається у виготовленні зразків - прототипів, їх випробувань і повторному виготовленні зразків, а також виключити дорогий процес доопрацювання виробів.

# ОСНОВИ РОБОТИ В ANSYS WORKBENCH

## *Мета роботи:*

1. Знайомство з середовищем *Ansys Workbench*.
2. Отримати практичні навички роботи з графічним редактором *Design Modeler*.

## 1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ.

За допомогою *Workbench* практично весь комплекс програмних продуктів *ANSYS* може бути об'єднаний за допомогою CAD-систем, такими як *SolidWorks*, *Unigraphics* та інші, в єдине розрахунково-проектване середовище.

Програма *ANSYS*, як і інші CAE-продукти, для математичного моделювання використовує метод скінчених елементів. Цей метод включає в себе універсальність алгоритмів рішення різних краєвих задач з ефективністю комп'ютерної реалізації розрахунків.

*ANSYS Workbench* дозволяє проводити основні типи розрахунків, підтримуючи асоціативний зв'язок із геометричною моделлю в CAD-системі, такий як *Pro/ENGINEER*, *Solid Works* та *AutoCAD*. Найбільш загальним випадком представлення CAD-моделей є твердотільні (*Solid Bodies*), які є тривимірними або двовимірними геометричними об'єктами. При цьому геометричні моделі можна транслювати в CAE програми безпосередньо з інтерфейсу CAD, так і через інтерфейс CAE-програм. *ANSYS Workbench* передбачає роботу препроцесорного модуля *Design Modeler*, що реалізує з'єднання в одній деталі кількох різнорідних геометричних об'єктів (твердотільних та оболонкових). Таким чином можна здійснювати перехід до дослідження складової моделі.

Платформа *Workbench* має модульний принцип опису розрахункового проекту, що дозволяє наочно представити послідовність проведення всіх розрахунків, а також систематизувати і берегти отримані результати. При створенні нового проекту *Workbench* автоматично генерує шаблонну схему з вказівкою основних етапів його виконання.

Призначений для користувача інтерфейс *Workbench* (рис. 1.1) містить наступні панелі і вікна:

Цифрою «1» позначена панель «**Toolbox**» («Набір інструментів»). В цьому вікні представлені всі можливі засоби для проведення мультидисциплінарного аналізу (їх набір може відрізнятися залежно від типу ліцензії і переліку встановлених продуктів *Ansys*).

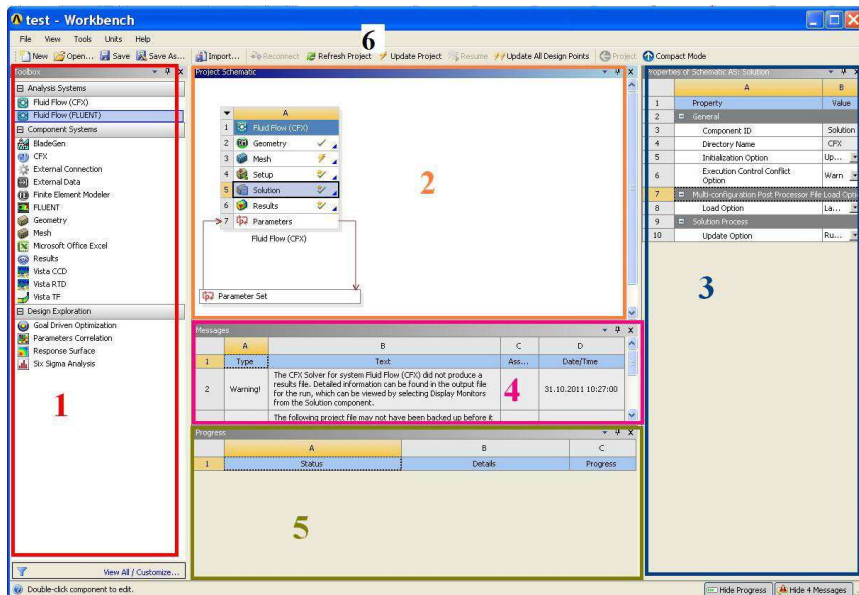


Рис. 1.1 Структура основного робочого вікна Ansys Workbench





Панель під цифрою «2» – «**Project Schematic**» є загальною схемою проекту, що розробляється.

Панель «3» – «**Properties schematic**» містить опис властивостей виділеного у вікні **Project Schematic** об'єкту. За умовчанням панель властивостей прихована і викликається користувачем через контекстне меню вибраного об'єкту. Панель є таблицею з двох стовпців. В першому стовпці перераховуються назви властивостей, а в другому – їх значення. Всі властивості мають деякі значення, задані за умовчанням. Якщо значення якої-небудь властивості відображається на сірому фоні, то воно не може бути змінено користувачем;

У вікні «4» «**Messages**» («Повідомлення») по мірі роботи відображаються різні попередження і повідомлення, які видає Ansys.

Вікно «5» «**Progress**» відображає процес виконання поточних операцій.

Панель «6» – панель інструментів об'єднує загальні настройки і опції проекту, що дозволяють проводити операції з файлами

- створити  **New**, відкрити  **Open..**, зберегти  **Save**  **Save As..**,
- налаштовувати вид відображення графічної інформації в проекті, встановлювати глобальні настройки для окремих модулів проекту, включаючи вирішувачі (властивості імпорту і експорту геометричних моделей, можливості під-

вищення продуктивності обчислень і т. д.), а також вибирати одиниці вимірювання, що використовуються в проекті **Units**, і інтегрувати в робоче середовище власні програмні додатки (розширення) **Import...**; кнопка **Refresh Project** запускає оновлення вхідних даних проекту, а кнопка **Update Project** прочитає оновлені вхідні дані і запускає перерахунок проекту для отримання нових результатів аналізу.

Панель **Toolbox** завжди включає п'ять розділів (рис. 1.2).

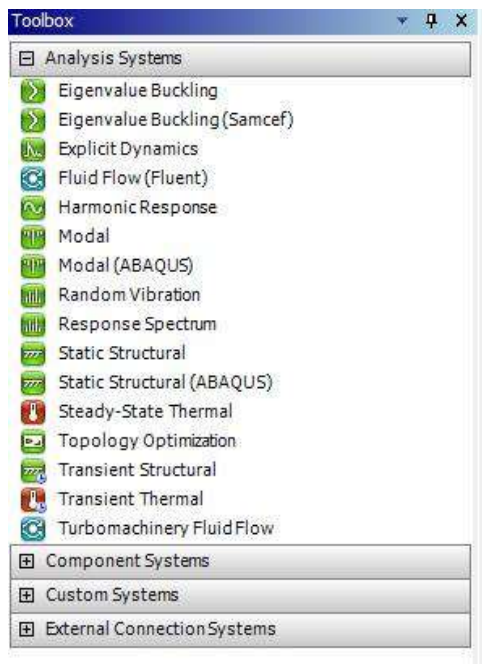


Рис. 1.2. Панель **Toolbox**

1) Розділ **Analysis Systems** містить готові шаблони для різних типів чисельного аналізу, наприклад для статичного аналізу ПДВ конструкції, аналізу втрати стійкості і т.д. Як правило, кожний шаблон має ядро у вигляді певного вирішувача (*Fluent*, *CFX*, *Static Structural* і т. д.), а також включає допоміжні модулі для підготовки геометричної моделі (*Design Modeler*), кінцево-елементної або кінцево-об'ємної моделі (*Meshing*), завдання властивостей матеріалів (*Engineering Data*) і постобробки результатів розрахунку (*Results*).

2) Розділ **Component Systems** включає основні і допоміжні модулі, що використовуються при рішенні задач. Так, в робочий простір проекту може бу-

ти окремо доданий компонент для побудови геометричної моделі, постобробки результатів і т. д.;

3) В розділі **Custom Systems** містяться готові зв'язки шаблонів для вирішення міждисциплінарних задач. Наприклад, компонент **Thermal-Stress** додасть в проект два зв'язані шаблони – стаціонарний тепловий аналіз і заснований на його результатах статичний аналіз міцності. Для вирішення зв'язаних задач можна також використовувати шаблони з розділу **Analysis Systems**, вручну встановлюючи між ними зв'язки;

4) Розділ **Design Exploration** дозволяє вирішувати задачі оптимізації для параметрів, які задаються в інтерфейсі **Parameter Set** (набір параметрів);

5) Розділ **External Connection Systems** дозволяє інтегрувати призначені для користувача зовнішні додатки і процеси в проект.

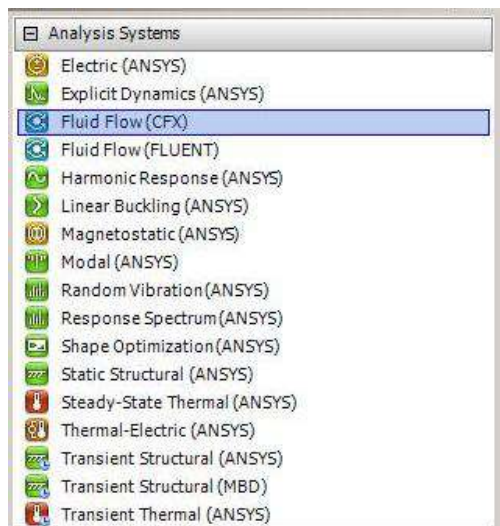


Рис. 1.3. Розрахункові модулі, доступні в ANSYS Workbench

Основні модулі і додатки, які можуть використовуватися в *ANSYS Workbench* для підготовки і проведення чисельного аналізу, наведені нижче:

**Engeneering Data** – інтерфейс для управління базою даних фізичних і механічних властивостей матеріалів, а також вхідних параметрів математичних моделей.

**Design Modeler** (пункт **Geometry** в розділі **Component Systems**) – додаток для створення геометричних 2D/3D-моделей. Також модуль може працювати з імпортованою із сторонніх CAD-комплексів геометрією: дозволяє виправ-



ляти дефекти в геометрії, змінювати або спрощувати геометричну модель.

**Meshing** (пункт *Mesh* в розділі *Component Systems*) – багатофункціональний сітковий препроцесор, який дозволяє генерувати високоякісні розрахункові сітки в автоматичному режимі для різних типів інженерного аналізу. Модуль надає широкий набір інструментів для побудови розрахункових сіток на основі трикутних і чотирикутних елементів для 2D-моделей і на основі тетраедрів, гексаедрів або пірамідальних елементів для 3D-моделей. В програмі закладені алгоритми для побудови структурованих і неструктурованих розрахункових сіток, а також можливості якісного дозволу розрахункової сітки поблизу твердих стінок і інших особливостей моделей, що особливо важливо для гідродинамічного аналізу.

**Static Structural** призначений для вирішення задач механіки твердого тіла, що деформується, в статичній постановці. При використуванні командних вставок на мові APDL функціонал модуля може бути розширений для вирішення, наприклад, зв'язаних задач (термопружність, електропружність і т. д.).

**Transient Structural** – модуль для вирішення задач динаміки конструкцій. Заснований на неявних схемах інтеграції рівнянь руху.

**Explicit Dynamics/AUTODYN/LS-DYNA** – модулі, засновані на явних вирішувачах для розрахунку задач динаміки конструкцій і моделювання швидкоплинних нелінійних процесів: високошвидкісних ударів, фрагментації, руйнування і т.д.

**Rigid Dynamics** призначений для моделювання динаміки рухомих систем, механізмів. Кінематика механізму описується шляхом завдання систем координат, пов'язаних з деталями, і вибору параметрів, які однозначно визначають взаємне положення деталей і конфігурацію всього механізму.

**Steady-State Thermal / Transient Thermal** – аналіз сталого/нестационарного теплового поля на основі вирішення рівняння стаціонарної/нестационарної теплопровідності.

**Fluid Flow (CFX)** призначений для вирішення задач гідродинаміки, а також задач зв'язаного теплообміну. Дозволяє моделювати широкий спектр фізичних процесів в рідинах і газах, таких як нестационарність, турбулентність, багатокomпонентність і багатofазність середовища, хімічні реакції, радіаційне випромінювання, акустичні хвилі і т.д. Добре зарекомендував себе в задачах турбомашинобудування, де необхідне моделювання перебігу рідин і газів в умовах механізмів, що обертаються.

**Fluid Flow (Fluent)** має аналогічний модулю CFX функціонал, проте містить більш широкий спектр моделей і методів для моделювання течій з хіміч-

ними реакціями. Також він має вбудований редактор розрахункових сіток.

**Electric** – моделювання електричних полів постійного струму в провідниках.

**Thermal-Electric** – стаціонарний електротермічний аналіз, що дозволяє досліджувати процеси тепловиділення при проходженні електричного струму по провіднику, а також процеси теплопереносу в твердих тілах.

**Modal** – модальний аналіз, розрахунок власних частот і форм коливань.

**Harmonic Response** – гармонійний аналіз для визначення відгуку конструкції на дію гармонійних навантажень. Дозволяє оцінити негативні наслідки вимушених коливань – резонансу, втомленості і т.д. Розраховуються тільки сталі моди коливань в певному діапазоні частот.

**Response Spectrum** – аналіз відгуку конструкції на дію динамічних навантажень, заданих акселерограмою. За допомогою лінійно-спектрального методу визначаються максимальні у відповідь прискорення одномасової коливальної системи. Використовується для розрахунку сейсмостійкості споруд.

**Random Vibration** – аналіз відгуку конструкції на дію випадкових вібраційних навантажень. Навантаження, що прикладається, задається за допомогою величин вірогідності.

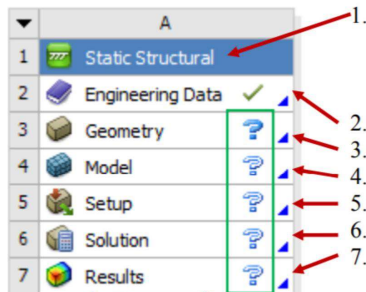


Рис. 1.4. Статичний аналіз конструкції **Static Structural**: 1 - тип розрахунків - статичний аналіз конструкції, англійська назва **Static Structural**; 2 - властивості матеріалів; 3 - геометрія; 4 - розрахункова сітка; 5 - навантаження; 6 - вирішувач; 7 - результати.

У вікні «3» «**Properties of schematic**» відображаються властивості вибраного розділу. Схема проекту дозволяє керувати процесом вирішення проблеми. Він відстежує файли і показує дії, доступні під час роботи над проектом. На кожному кроці можна вибрати операції, або змінювати вибір операцій.

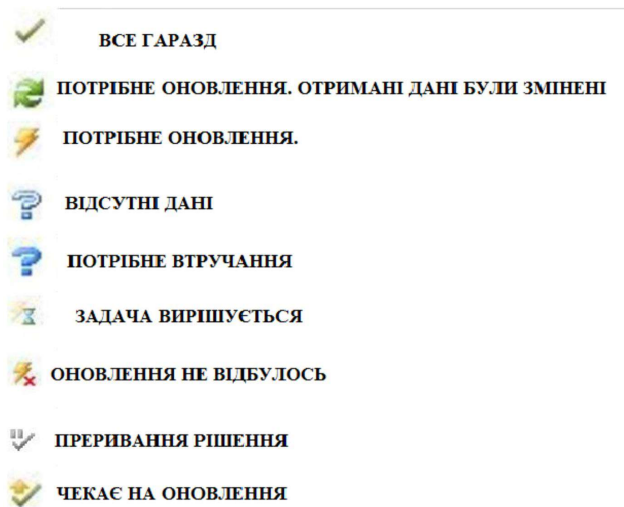



Рис. 1.5. Статуси в ячейках

Панель **Properties of Schematic** (перелік властивостей) за замовчуванням прихована, її відображення включається вибором пункту **Properties** в меню **View**.

Панель **Properties of Schematic** є таблицею з двох стовпців. У першому стовпці пишеться назва властивості, у другому-її значення. Властивості зумовлені для кожного типу елементів, тому не можна додавати нові властивості або змінювати назви вже існуючих. Поля значень властивостей можуть бути декількох типів. У більшості випадків в такі поля можна ввести кілька значень, між якими ставиться крапка з комою.

Панель під цифрою «4» «**Messages**». 

У вікні «4» «**Messages**» (рис. 1) («Повідомлення») по мірі роботи відображаються різні попередження і повідомлення, що видаються Ansys.

Панель під цифрою «5» «**Progress**». 

Вікно «5» «**Progress**» (рис. 1) відображає процес виконання поточних операцій.

Панель під цифрою «6» «**Main Menu**» Панель інструментів.

Properties of Schematic A3: Geometry		
	A	
1	Property	
2	General	
3	Component ID	Geometry 1
4	Directory Name	SYS-1
5	Notes	
6	Notes	
7	Used Licenses	
8	Last Update Used Licenses	
9	Geometry Source	
10	Geometry File Name	D:\Temp SR\acceleration_example_files\dp
11	CAD Plug-In	
12	Advanced Geometry Options	
13	Analysis Type	2D
14	Compare Parts On Update	No
15	Smart CAD Update	
16	Import Using Instances	

Outline of Schematic A2, B2: Engineering Data			
Properties of Outline Row 3: my material			
	A	B	
1	Property	Value	
2	Material Field Variables	Table	
3	Density	1000	kg m <sup>-3</sup>
4	Isotropic Elasticity		
10	Drucker-Prager		
11	Drucker-Prager Base		
12	Uniaxial Compressive Strength	2E+06	Pa
13	Uniaxial Tensile Strength	1E+06	Pa
14	Biaxial Compressive Strength	3E+06	Pa
15	Failure Plane Data Set 1		
16	Failure Plane		
17	Inner Friction Angle		radian
18	Initial Cohesion		Pa
19	Dilatancy Angle		radian
20	Residual Inner Friction Angle		radian
21	Residual Cohesion		Pa

Рис. 1.6. Варіанти панелі «Properties of schematic»

Панель інструментів (рис. 1.1, 1.7) об'єднує обробку налаштувань і опцій проекту, дозволяючи виробляти операції з файлами (відкривати, зберігати, архівувати), налаштовувати вигляд графічної інформації в проектах, встановлювати глобальні налаштування для окремих модулів проекту, а також обирати одиниці виміру, які використовуються в проектах, і інтегрувати в робоче середовище.



Рис. 1.7. Панель інструментів

Робота в ANSYS Workbench здійснюється в інтерактивному режимі через графічний інтерфейс, призначений для користувача - GUI (Graphic User Interface). Проте більшість додатків, інтегрованих в середу, може працювати як в інтерактивному, так і в пакетному режимі.

Наприклад, для роботи з *ANSYS Mechanical* може бути використаний текстовий файл на мові APDL, що містить команди для підготовки і запуску на розрахунок.

### Основні принципи вирішення задач в Workbench

Дослідження моделі складається з наступних етапів:

- вибір розрахункового модуля;
- задавання фізичних властивостей матеріалів;
- побудова геометричної моделі;
- створення кінцево-елементної сітки;
- накладення навантажень і закріплень;
- вибір вихідних даних;
- проведення обчислень;
- аналіз отриманих результатів;

**Eman 1.** Математична постановка задачі (вибір математичної моделі). В ANSYS цей етап здійснюється на стадії вибору розрахункового модуля

**Eman 2.** Завдання фізичних властивостей матеріалу. Першим кроком до проведення аналізу є завдання властивостей матеріалів, які аналізуватимуться. Для цього служить модуль **Engineering Data**. Щоб запустити цей модуль можна або зробити подвійне клацання лівою кнопкою миші на його назві, або натискувати на назві модуля праву кнопку миші в до контекстному меню вибрати команду **Edit**. В розділі **Physical Properties** можна вибрати такі властивості як густину, коефіцієнт теплового розширення для ізотропного або анізотропного матеріалу, у вкладці **Linear Elastic** можна задати модуль Юнга і коефіцієнт Пуассона для ізотропних або анізотропних матеріалів і т.д. Якщо назва параметра матеріалу зображена сірим кольором, то це означає, що даний параметр задіяний в поточному аналізі.

**Outline filter** - дозволяє вибрати джерело доступних матеріалів.

Рядок **Engineering Data** означає, що використовується матеріал «за умовчанням» або його властивості задані (змінені) користувачем. Решта рядків відповідає бібліотекам вже відомих речовин і матеріалів.

**Outline Schematic** – список що використовуються на даний матеріалів або матеріалів з бібліотеки.

**No Date** – список параметрів вибраного матеріалу. Кожний параметр залежно від моделі, що використовується, може бути або числовою константою або визначатися табличною залежністю від інших параметрів, наприклад від температури. Ця залежність якщо необхідно задається у вікні **Table Properties**.

**Eman 3.** Створення (імпорт) геометричної моделі досліджуваного об'єкту. На даному етапі необхідно визначитися з розрахунковою областю, з її розмірністю і способом створення або імпорту в розрахунковий модуль. Деякі задачі можуть володіти симетрією, що істотно спрощує постановку задачі і прискорює розрахунок. Більш того, на даному етапі дослідник може істотно спростити вихідну модель, прибрати з неї неістотні деталі, які не впливають на результат моделювання.

В **Workbench** для цього використовується модуль **Geometry**, який дозволяє викликати додаток **Design Modeler** або **Space Claim Direct Modeler**.

При запуску програма запропонує нам вибрати одиниці вимірювання, які ми хочемо використовувати (рис. 1.8)

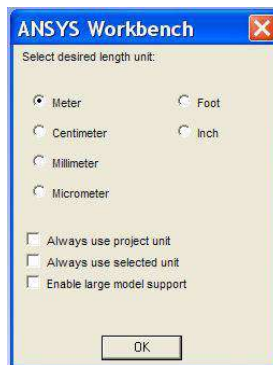


Рис. 1.8. Вибір одиниць вимірювання

Як видно з рисунка, можна вибрати різні одиниці вимірювання: метри (**Meter**), сантиметри (**Centimeter**), міліметри (**Millimeter**), фути (**Foot**) або дюйми (**Inch**). Програма дозволяє також використовувати одиниці вимірювання, які можна встановити для всього проекту **Workbench** (за умовчанням це метри) – для цього необхідно встановити галочку напроти «**Always use project unit**». На-

решті, можна підключити підтримку великих моделей – галочка «*Enable large model support*».

Розглянемо структуру основного вікна **Design Modeler** (рис. 1.9).

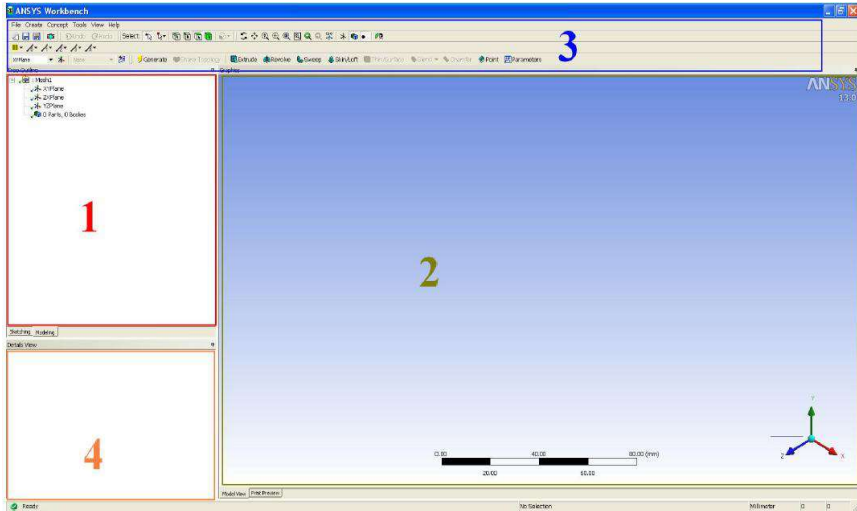


Рис. 1.9. Загальна структура вікна *Ansyes Design Modeler*

**Вікно 1** є деревом побудови, де послідовно відображаються всі операції, які проводяться з моделлю.

**Вікно 2** – область побудови, де зображується вид побудованої нами моделі.

**Цифрою 3** позначена панель інструментів.

**У вікні 4** відображаються основні властивості компонентів з дерева побудови.

*Eman 4.* Створення кінцево-елементної сітки.

Сітка (*Mesh*), основна: містить список всіх операцій і інструментів, що застосовуються для побудови розрахункової сітки. Параметри компонентів відображаються глобальними налаштуваннями сіток, або через контекстне меню компонента доступного рядка інструментів для задач локального налаштування сіток.

При автоматичній генерації сітки користувачу залишається тільки візуальна оцінка якості генерованої сітки. Якщо вона задовольняє, то можна переходити до розрахункового етапу. Якщо сітка з точки зору користувача є невдалою, тоді необхідно налаштувати параметри сітки.

Позиції 1 - 11 (рис. 1.10) дозволяють підібрати розміри, вид, кількість скінчених елементів та тип сітки.

Для налаштування геометричної форми елементів, керування розмірами елементів, в тому числі локальними використовують команду **Mesh Control**.

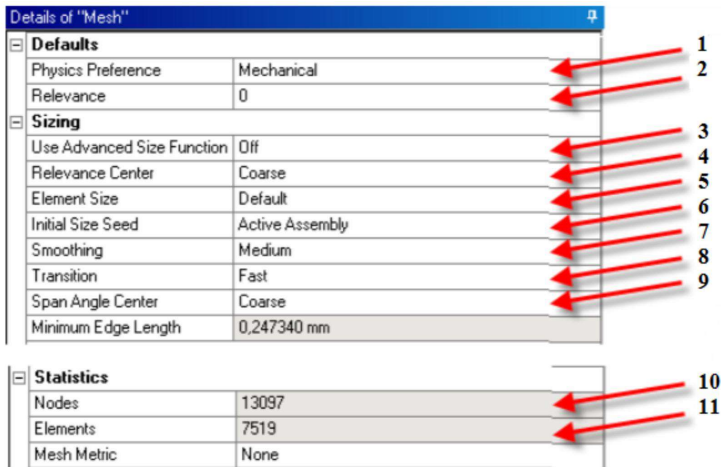


Рис. 1.10. Основні налаштування генератора сітки

**Eman 5.** Постановка граничних умов та навантажень. Краєві умови включають граничні і початкові умови. Початкові умови ставляться у разі рішення нестационарної задачі.

Типи закріплень, що застосовуються в **Workbench** в модулі **Mechanical**. (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Граничні умови в модулі **Mechanical**

- **Fixed support** – заборона переміщень по всіх напрямках.
- **Displacement** – задання переміщень по напрямках.
- **Remote Displacement** – видалене переміщення (переміщення або поворот в



точці простору на видаленні від того об'єкту, де воно задається). Необхідно задавати **Behavior** (жорсткий або пружний) залежно від постановки задачі.

- **Frictionless Support** – заборона переміщень в нормальному напрямі.
- **Compression only Support** - обмеження на стиснення по нормалі до однієї або більш поверхонь.
- **Cylindrical Support** – заборона переміщень в радіальному, осьовому і окружному напрямках для циліндричних поверхонь.
- **Elastic Support** – підкріплення з жорсткістю, що задається, в нормальному напрямку.

Задання навантажень в модулі **Mechanical** (рис. 1.12)

- Прискорення (**Acceleration**)
- Тиск (**Pressure**)
- Сила (**Force**)
- Момент (**Moment**)
- Сила в підшипнику (**Bearing load**)
- Попередній натяг в болтовому з'єднанні (**Bolt pretension**)
- Зусилля в шарнірі (**Joint load**)
- Межа рідке – пружне середовище (**Fluid-Solid interface**)

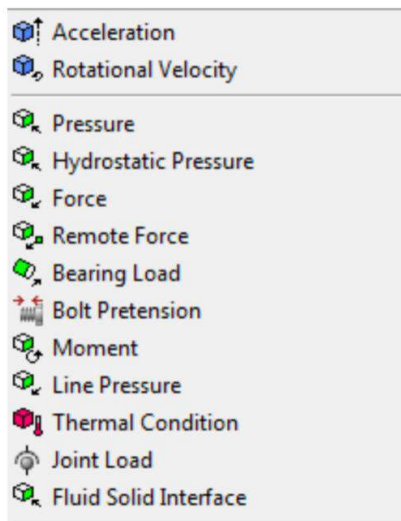


Рис. 1.12. Навантаження в модулі **Mechanical**

**Етап 6.** Налаштування вирішувача. Вибір вихідних даних.

На даному етапі здійснюється вибір типу вирішувача: вибирається вирішувач для динамічних або стаціонарних задач, встановлюється кількість ітерацій, кроків за часом, загальний час розрахунку, геометрична лінійність або нелінійність (малі або скінченні деформації), вибирається прямий або ітераційний вирішувач. Здійснюється також налаштування запису результатів розрахунків (рис. 1.14)

Розрахункові параметри статичного конструкційного аналізу (рис. 1.13):

- переміщення по осям координат  $u_x, u_y, u_z$ ;
- напруження -  $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}$  і  $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ ;
- деформації -  $\varepsilon_{xx}, \varepsilon_{yy}, \varepsilon_{zz}$  і  $\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$ ;
- головні нормальні напруження  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ;
- еквівалентні напруження по Мізесу;
- максимальні дотичні напруження;
- інтенсивність напружень.

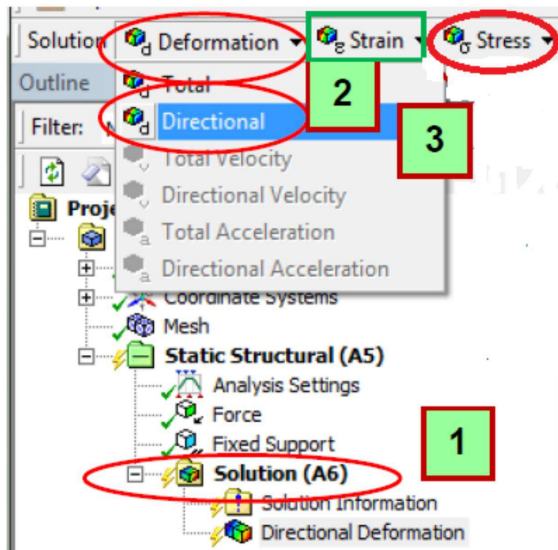


Рис. 1.13. Розрахункові параметри статичного конструкційного аналізу.

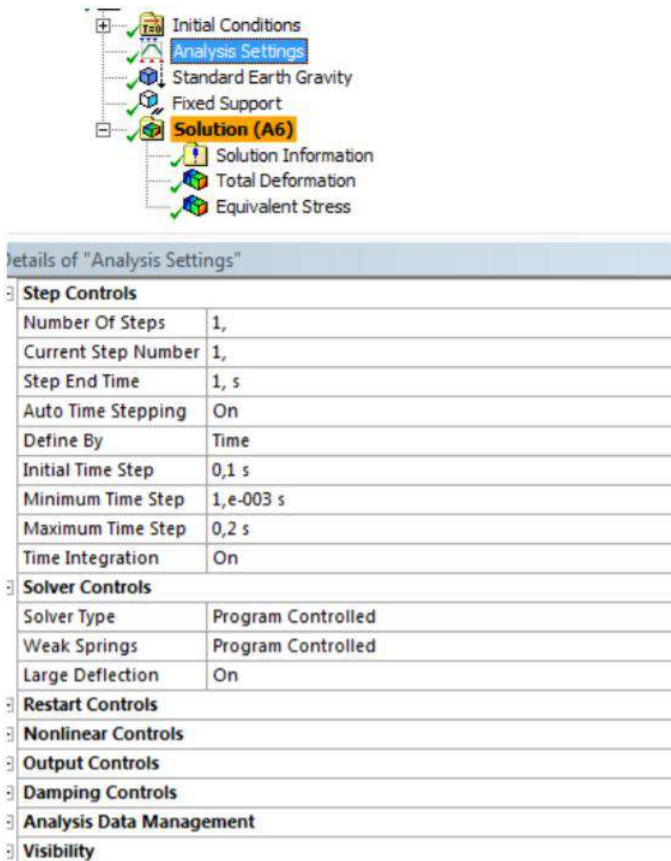


Рис. 1.14. Вікно налаштувань вирішувача в модулі *Mechanical*

### *Eman* 7. Проведення обчислень.

Готовність до обчислень маркується на дереві проекту зеленими галочками та жовтими блискавками. Якщо все виконали вірно в меню потрібно запустити команду *Solve*: (рис. 1.15)

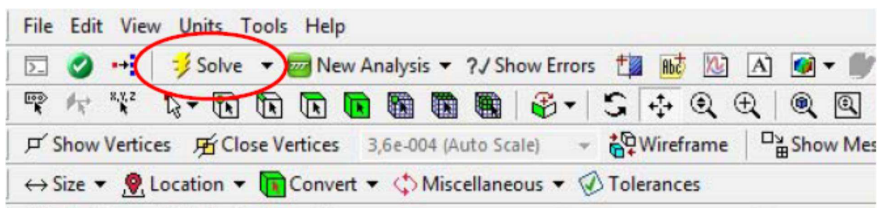


Рис. 1.15. Проведення розрахунків

### ***Eman 8.*** Аналіз отриманих результатів.

Результати розрахунків можна проглянути в розділі ***Solution***. Проглянути можна лише ті результати, які були добавлені в список до початку обчислення.

Вхідні файли користувача, файли з графіками, діаграмами, отриманими за результатами чисельного розв'язання, зберігаються в підкаталозі ***user\_files***.

При збереженні проекту *Workbench* в робочому каталозі формується файл проекту з розширенням ***\*.wbpj***. Він зберігає тільки посилання на модельні файли і зв'язки між ними. Також формується каталог, що містить впорядковану структуру файлів і внутрішніх каталогів, відповідних етапам і що використовується в проєкті модулям. Робочі файли проекту поміщаються в папку ***dp0***. При вирішенні завдань оптимізації, коли потрібно варіювати параметрами моделі, на кожен варіант розрахунку автоматично створюється папка ***dpN***, де ***N*** – порядковий номер варіанту. Модельні файли проекту мають наступні розширення:

- файли геометричної моделі ***\*.agdb*** і СЕ-сітки ***\*.mechdb***;
- файл СЕ-сітки ***\*.mechdb***;
- файл з результатами вирішення задачі ***file.rst***;
- командний файл ANSYS, автоматично генерований Workbench ***ds.dat***;
- файл з повідомленнями про помилки ***file.err***;
- файл з вихідною інформацією вирішувача ***solve.out***.

Щоб подивитися структуру файлів і папок проекту, необхідно вибрати команду ***Files*** в меню ***View***. В нижній частині вікна проекту з'явиться таблиця з назвами створених файлів і їх розташуванням на диску.

### ***Контрольні питання***

1. Що називається проєктом в Workbench?
2. Що демонструють значки, розташовані в правій частині кожного елемента блока інженерного аналізу?
3. Для чого існує платформа Workbench?
4. Для чого призначені вікна Project Schematic і Toolbox? 9. Від чого залежить наповнення вікна Toolbox?
5. Як можна змінити одиниці вимірювання в проєкті?
6. Що свідчить про успішне виконання або навпаки проблеми з тим чим іншим етапом інженерного аналізу?

## 2. ПОБУДОВА МОДЕЛІ ДВОТАВРОВІ БАЛКИ В *DESIGN* *MODELER*

Набуття практичних навичок в графічному модулі *Design Modeler* побудуємо геометричну модель балки, загальний вигляд якої приведений на рис. 2.1.

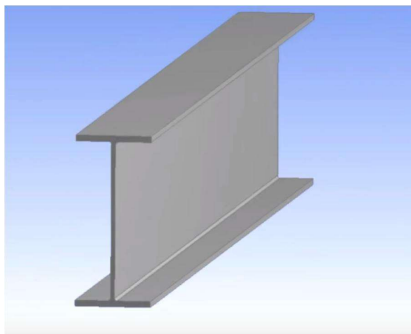


Рис. 2.1. Загальний вигляд балки.

**Вихідні дані:** Ескіз балки приведено на рис. 2.2.

Довжина балки – 200 мм.

Висота балки ( $V_1$ ) – 100мм.

Ширина полиці ( $H_2$ ) – 55мм.

Ширина стійки ( $H_3$ ) – 4,5 мм.

Висота полиці ( $V_4$ ) – 7,2 мм.

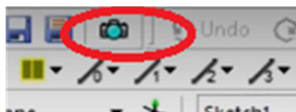
Радіус округлення ( $R$ ) – мм

### Методика виконання завдання.

Дослідження моделі складається з наступних етапів:

- вибір розрахункового модуля;
- завдання фізичних властивостей матеріалів;
- побудова геометричної моделі;

По ходу виконання проекту для формування звіту потрібно зберігати у файлах копії поточних рисунків.



## 1. Підготовка проекту.

1.1. *Підготовка робочої директорії (папки) для зберігання файлів завдання 1\_1;* (наприклад, на диску F:\LabANSYS\_3);

1.2. *Запуск Workbench. Створення нового проекту: вказати робочу директорію та унікальне ім'я файлам.*

/ПУСК/ ПРОГРАМИ/ ANSYSWORKBENCH/ SAVE AS/. – Завантажена платформа має головне меню, панель інструментів (*Toolbox*) та схему проєктів (*Project Schematic*).

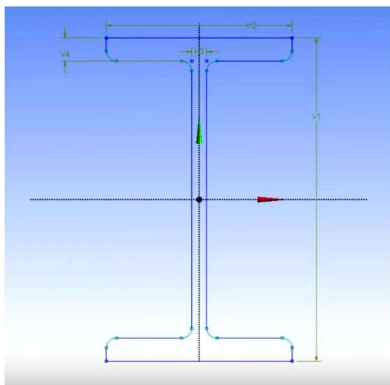


Рис. 2.2. Профіль балки симетричний відносно осі.

1.3. *Вибрати систему одиниць виміру – систему SI.*

/MAIN MENU/ UNITS/ METRIC/.

1.4. *Вибір типу аналізу.*

/TOOLBOX/ ANALYSIS SYSTEM/ STATIC STRUCTURAL/

В даній роботі вибираємо аналіз статичної міцності конструкції. При цьому в полі вікна схеми проєктів активізується меню даного проєкту, яке включає такі позиції:

- **Engineering Data** – підпрограма вибору механічних властивостей матеріалу;
- **Geometry** – підпрограма побудови геометричної моделі;
- **Model** – підпрограма побудови SE-сітки та вибору граничних умов;
- **Setup and Solution** – завдання опцій для процедур розрахунку;
- **Results** – візуалізація отриманих результатів.

## 2. Задання механічних характеристик

/PROJECT SCHEMATIC/ ENGINEERING DATA (клік лівою кнопкою миші двічі), або клік правою кнопкою миші позицію EDIT у спливаючому вікні/ – активізуються декілька вікон:

- в першому – бібліотека матеріалів;
- в другому – вибір характеристик конкретного матеріалу;
- в третьому – перегляд заданих у бібліотеці властивостей для обраного матеріалу.

Виберемо в бібліотеці матеріал *Structural Steel*.

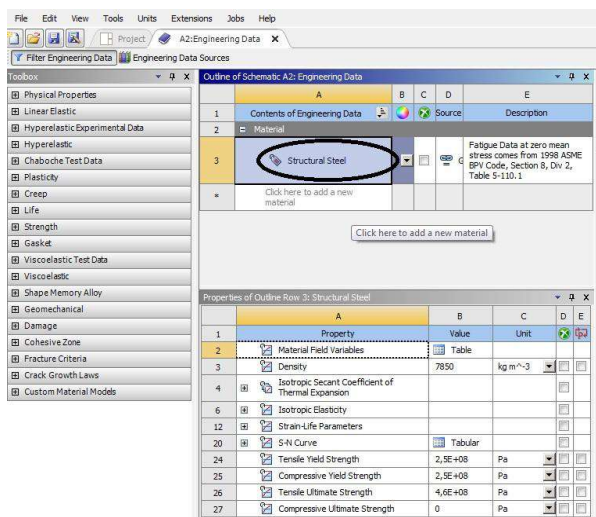


Рис. 2.3 Вікно аналізу *Engineering Data*

Зауваження: якщо вікно аналізу *Engineering Data* приховане, то:

/mm/ View/ Reset/ Workspace/.

/mm/ Return to Project/ - повернення до меню проекту.

(mm - MAIN MENU)

## 3. Побудова геометричної моделі.

3.1. Активізація вікна підпрограми *Design Modeler (DM)*, в якому відбувається побудова геометричної моделі:

/PROJECT SCHEMATIC/ GEOMETRY (клік лівою кнопкою миші двічі), або клік правою кнопкою миші опцію NEW GEOMETRY у спливаючому вікні /.

### 3.2. У вкладці *вибрати розміри в мм. /mm/ UNITS/* ;

**Design Modeler (DM)** включає:

- **Main Menu** – головне меню;
- **Tree Outline** – дерево геометричної моделі;
- **Graphics** – вікно виводу графіки.

Варто сказати кілька слів про способи управління в графічному вікні програми:

- **Ліва кнопка миші** (ЛКМ) - відповідає за виділення геометрії;
- **Скролл** - дозволяє орієнтуватися в просторі і обертати модель;
- **Права кнопка миші** (ПКМ) - дозволяє масштабувати деталь і викликати контекстне меню.

Головним засобом побудови геометричних моделей є використання ескізів (Sketchs).

### 3.3. Розглянемо побудову ескізу рейки.

3.3.1. У дереві моделі **TreeOutline** за робочу площину виберемо **XYPlane**;

3.3.2. Створюємо новий ескіз **Sketch1**.

**/mm/ NEWSKETCH/** .

3.3.3. Активізуємо **Sketch1** та задаємо для нього **XYPlane** як проекцію при побудові зображення:

**/mm/ TREEOUTLINE/ SKETCH1** (клік лівою кнопкою миші)/

**LOOK AT FACE/** 

3.3.4. Побудова прямокутника із розмірами, що наближені до габаритів основи рейки:

**/mm/ TREEOUTLINE/ SKETCHING/ DRAW/ RECTANGLE/**.

(рис. 2.4).

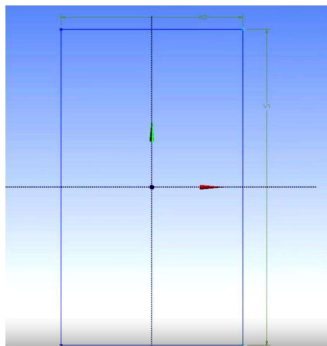


Рис. 2.4. Побудова прямокутника



3.3.5. Вирівнювання бокових сторін прямокутника відносно осі *Y*, як симетричного профілю.

**/SKETCHING/ CONSTRAINTS/ SYMMETRY/** - спочатку активувати вісь симетрії, а потім по черзі лінії, і зняти активізацію осі.

3.3.6. Виставляємо виноски розмірностей:

**/SKETCHING/ DIMENSIONS/ GENERAL/** - виносимо стрілки розмірностей (рис. 2.4). Їх точні значення проставляємо у вікні **Details View (DV)**.

3.3.7. Масштабування, пересування зображення, відміну операції можна здійснити з допомогою різних опцій меню, як то:

**/mm/ Rotate/ Pan/ Zoom/ UnDo/** та інші.

При подальшому моделюванні будемо добавляти нові елементи та видаляти зайві лінії.

3.3.8. Побудова контуру балки.

**/SKETCHING/ DRAW/ POLYLINE/** креслимо лінії. Будуємо ламану лінію в формі літери *C*.

Після побудови останньої ланки ламаної потрібно завершити команду. натиснути правою кнопкою миші контекстне меню і вибрати пункт **Open End**. Якщо потрібно замкнути ламану, то потрібно вибрати пункт **Closed End**;

**Звернути увагу!** Таке креслення показує прив'язки, а розміри **V** та **H** автоматично вирівнюють горизонталь та вертикаль.

Вирівняти сторони відносно осі *X*, як симетричного профілю.

**/SKETCHING/ CONSTRAINTS/ SYMMETRY/** - спочатку активувати вісь симетрії *X*, а потім по черзі лінії, і зняти активізацію осі.

Будуємо симетрично праву сторону балки.

**/SKETCHING/ MODIFY/ REPLICATE/**

Позначаємо потрібні лінії, вони повинні бути жовтого кольору.

**/SKETCHING/ MODIFY/ REPLICATE r = 180, f = 2**

**/ END / USE ORIGIN AS HANDLE / PASTE /**

**FLIP GORISONTAL / PASTE AT PLATE ORIGIN** (рис. 2.5, 2.6)

3.3.9. Виставляємо виноски розмірностей.

**/SKETCHING/ DIMENSIONS/ GENERAL/** - Форма вікна **Graphics** після проведених операцій приведена на рис. 2.7.

Прибираємо непотрібні лінії:

**/SKETCHING/ MODIFY/ TRIM/**

Завершення побудови ескізу полягає у формуванні фасок радіусами  $R = 3$  мм.

## /SKETCHING/ MODIFY/ FILLET/

та одержуємо потрібний профіль (рис. 2.8).

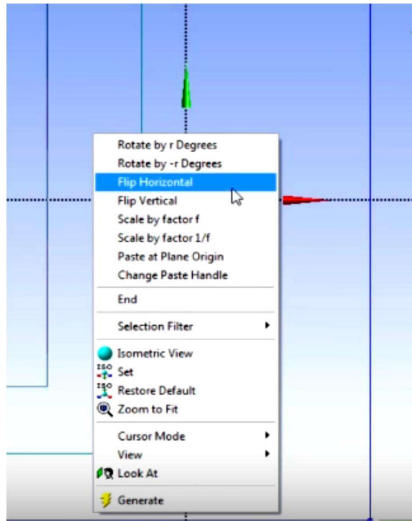


Рис. 2.5. Виноски розмірностей

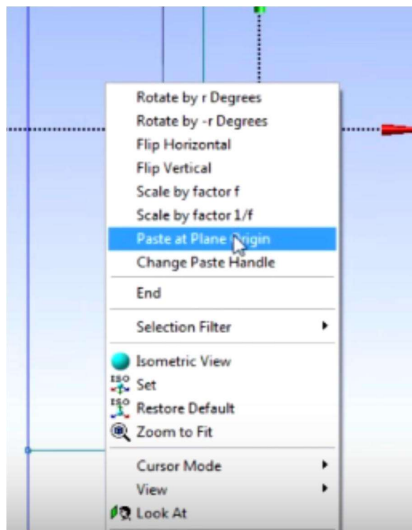


Рис. 2.6. Побудова профілю балки

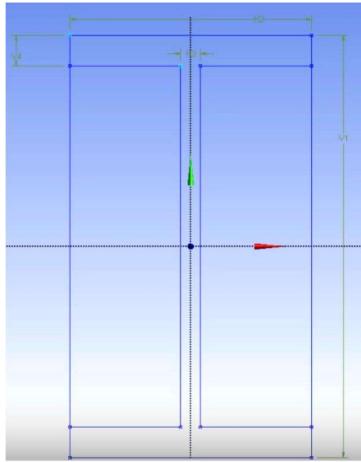


Рис. 2.7. Форма вікна **Graphics**

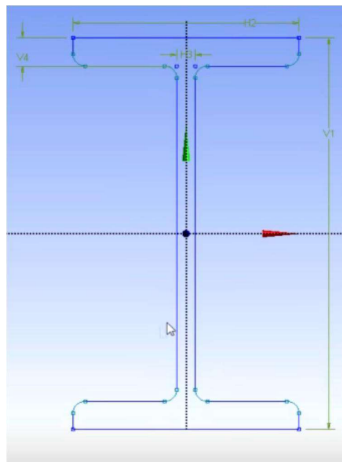


Рис. 2.8. Потрібний профіль балки

3.3.10. На панелі меню вибираємо кнопку **Extrude** (рис. 2.9) для видовження побудованого ескізу рейки, а у вікні **DV** задаємо його точну довжину.

Лінійне видавлювання **Extrude** дозволяє отримати об'єм за рахунок прямолінійного зміщення обраного ескізу на деяку відстань в заданому напрямку.

**Base Object** – ім'я ескізу, використовуваного для побудови об'єму.

**Operation** – вид операції видавлювання, який вказує особливості побудови об'єму. За умовчанням вибрано **Add Material**, що означає заповнення одержу-

ваного об'єму. Якщо у вікні побудови вже є інші тіла, то цей параметр може мати значення **Cut Material** – видалення матеріалу в одержуваному об'ємі, або **Imprint Faces** – отримувана поверхня «карбується» в об'ємні тіла, через які вона проходить. Значення **Add Frozen** дозволяє створити зафіксоване тіло;

**Direction Vector** – лінія, що задає напрямок видавлювання. Для завдання цього параметра необхідно вибрати у вікні моделі відрізок, ребро або координатну вісь. За замовчуванням задане **None Normal**, що означає видавлювання по нормалі до площини ескізу;

**Direction** – напрямок вздовж лінії видавлювання. Даний параметр може приймати такі значення: **Normal** – у напрямку від початкової точки до кінцевої для лінії видавлювання, **Reversed** – протилежний напрямок, **Both Symmetric** – видавлювання в обох напрямках на однакову відстань, **Both Asymmetric** – видавлювання в обох напрямках на різні відстані.

**Extent Type** – тип видавлювання. За замовчуванням задане **Fixed** – видавлювання на фіксовану відстань, але також може бути **Through All** – видавлювання через всі поверхні, **To Next** – видавлювання до найближчої поверхні, **To Face** – видавлювання до вказаної межі тіла без зміни поверхні контакту, **To Surface** – видавлювання до вказаної межі тіла з відповідною зміною поверхні контакту

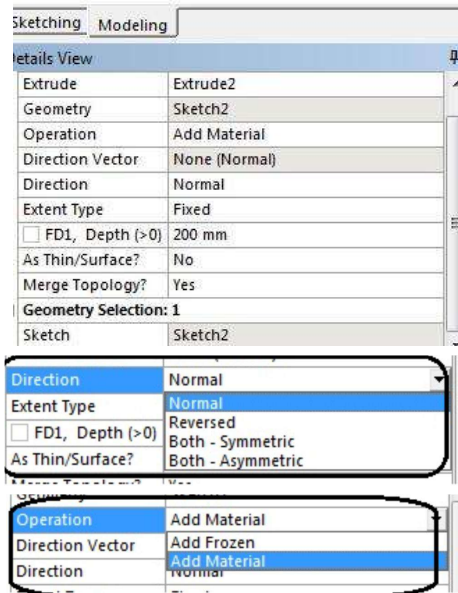


Рис. 2.9. Операція **Extrude**

3.3.11. В правому нижньому куті на відображенні трійки осей натискаємо точку. Це перехід до ізометричної проекції.

3.3.12. **/GENERATE/** - фіксуємо всі зміни при побудові моделі.

3.3.13. **/SAVE/** - збереження готового проекту.



Рис. 2.10. Збереження проекту

### Результат

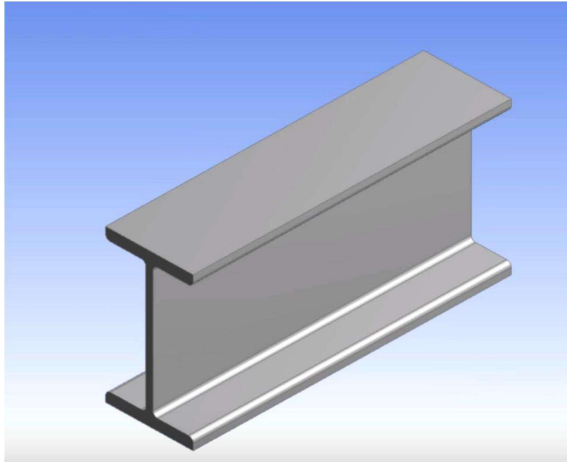


Рис. 2.11. Результат

### Контрольні питання

1. Яким чином задаються одиниці виміру в проекті?
2. Які інструменти призначені для геометричного моделювання в *Ansys Workbench*?
3. Яким способом можна задати конкретні розміри деталей?

4. Які пункти меню дозволяють змінювати проєкції деталі, масштабувати та корегувати ескізи?

5. За допомогою виконання якої команди можна побудувати відображення значень розмірів на екрані?

Які етапи інженерного аналізу розглядаються в елементах Geometry, Model, Results?

5. Що називається проєктом в Workbench?

6. Що демонструють значки, розташовані в правій частині кожного елемента блока інженерного аналізу?

7. Для чого існує платформа Workbench?

8. Для чого призначені вікна Project Schematic і Toolbox?

9. Від чого залежить наповнення вікна Toolbox?

10. Як можна змінити одиниці вимірювання в проєкті?

11. Що свідчить про успішне виконання або навпаки проблеми з тим чим іншим етапом інженерного аналізу?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Сайт компанії ANSYS, Inc. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.ansys.com/>. – Назва з екрана. – Мова англ.
2. Калінін Є.І. Основи роботи в скінченно-елементному програмному комплексі ANSYS. Конспект лекцій. Частина 2 – Харків: Видавництво ХНАДУ, 2013. – 135 с.
3. Грищенко В. М., Свіргун О. А., Калінін Є. І., Савченко В. Б. Основи ANSYS. Лабораторний практикум. Харків, ХНТУСГ. 2020. 168 с.
4. ANSYS Workbench 2021 R1: A Tutorial Approach / Prof. Sham Tickoo Purdue Univ. and CAD/CIM Technologies. - CAD/CIM Technologies, 2021. – 496 p.
5. Huei-Huang Lee Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 2019/ Lee Huei-Huang. - SDC Publications, 2019. – 614 p
6. Stolarski Tadeusz. Engineering Analysis with ANSYS Software / Tadeusz Stolarski, Y. Nakasone, S. Yoshimoto. – Elsevier, 2011. – 480 p.

## Додатки

### АНГЛО- УКРАЇНСЬКИЙ СЛОВНИК ТЕРМІНІВ ANSYS

#### А

Active assembly – Активна збірка

Active system – Активна система

Add – Додати, доданий

Add frozen – Зафіксоване тіло,заморожений

Add material – Додати матеріал, заповнення об'єму

Adjustment – установочний розмір ,коригування

Advanced – Покращений,вдосконалений, розширений

Alignment – Вирівнювання

All time points – Всі кроки в часі

Always – Завжди

Analysis settings – Налаштування аналізу, який виконується, параметри аналізу

Angle – Кут

Animate – Анімація, провести анімацію

Apply – Застосувати

Arc – Дуга

Auto constraints – Авто визначення

Axial – Осьовий

Axis – Вісь, осьова лінія

Axis of rotation – Вісь обертання

#### В

Base object – ім'я ескізу, базовий об'єкт

Bearing load – Навантаження на опори, нерівномірне навантаження на опори

Behavior – Характеристики прикладання навантаження

Bend – Згин

Body centroids – Центр ваги тіла

Body operation – Операції над тривимірними об'єктами

Bolt pretension – Натяг

Boolean – Логічні операції

Both asymmetric – Асиметрія в двох напрямках

Both symmetric – Симетрія в двох напрямках  
Boundary – Межа  
Box – Паралелепіпед

## C

Calculate results at – Розрахунок результати  
Calculate strain – Розрахунок деформації  
Calculate stress – Розрахунок напружень  
Cancel – Скасувати, відміна  
Chamfer – Фаска  
Children – об'єкти, як підпорядковані  
Circle – Коло  
Circular – Круглий  
Clear selection – Очистити поточне виділення  
Components – Компоненти  
Compression only support – Закріплення стиску  
Concentric – Концентричний  
Cone – Конус  
Constant – Постійний  
Constrain – Обмежувати  
Constraint equation – Фіковане значення  
Constraints – Обмеження  
Construction point – Геометрична точка  
Construction point at intersection – Геометрична точка на перетині двох кривих  
Coordinate systems – Системи координат  
Copy – Скопіювати, копіювання  
Corner – Кут  
Create – Створити  
Cross section – Переріз  
Curve – Крива  
Cut – Вирізати, видалити  
Cut material – Видалення матеріалу в об'ємі, який отримуємо  
Cycles – Цикли



Cylinder – Циліндр

Cylindrical support – Циліндрична опора (закріплення)

## D

Defaults – Значення за замовчуванням

Defined – Визначений

Deformable – Той що деформується

Delete – Видалити

Delete unneeded files – Видалити тимчасові файли

Depth – Довжина

Details – Деталі, подробиці

Details of “...” – Вікно деталізації команди «»

Diameter – Діаметр

Dimensions – Розміри, інструмент для завдання розмірів ескізу

Direct solver – Прямий вирішувач

Direction – Напрямок

Direction vector – Вектор напрямку

Displacement – Переміщення

Distance – Відстань, віддалення

Draw – Інструменти для малювання ескізу

Duplicate – Дублікат, дублювання

## E

Edit – Редагувати

Elastic support – Пружна опора, пружне закріплення

Element midside nodes – Вузли по середині сторони елемента

Element size – Розмір елемента

Elements – Елементи

Ellipse – Еліпс

Environment – Граничні умови

Export – Експортувати

Extend – Продовжити, розширити,

Extend type – Тип розширення, тип видавлювання

Extrude – Видавити, лінійне видавлювання

## F

Face delete – Видалення грані або поверхні  
Fillet – Скруглення кутів  
Fine – Дрібний  
Fixed – Зафіксований, нерухомий, незмінний, зв'язаний  
Fixed rotation – Заборона на обертання  
Fixed support – Жорстке защемлення  
Fluid density – Щільність рідини  
Fluid solid interface – Взаємодія рідини (газу) та твердих тіл  
Force – Сила  
Force convergence – Критерій збігу сил  
Free – Свободний, вільний  
Freeze – Фіксація, заморожування  
Frictionless support – Закріплення без тертя, опора без тертя  
Full circle – Повне коло  
Function – Функція

## G

General – Загальний розмір  
Generate mesh – Створення сітки скінчених елементів  
Geometry – Геометрія, графічне вікно  
Geometry selection – Вибір геометричної фігури  
Global coordinate system – Глобальна система координат  
Graph – Графік, вікно графічного відображення навантажень по крокам  
Grid – Сітка, відображення сітки в графічному вікні

## H

Horizontal – Горизонтальний  
Hydrostatic pressure – Гідростатичний тиск

## I

Ignore axis – Ігнорувати координатну вісь (осі)  
Impedance boundary – Граничний опір  
Import – Імпортувати, вносити

Intersect – Перетинаються  
Iterative solver – Ітераційний вирішувач

## **J**

Joint load – Навантаження в сполученнях

## **K**

Kept – Збережено, збережений

## **L**

в часі

Length – Довжина

Length/distance – Довжина, відстань між двома точками

Line – Відрізок

Line body – Одновимірне тіло

Line by 2 tangents – Відрізок дотичний до двох об'єктів

Line from points – Лінії по точкам

Line pressure – Тиск на лінії

Loads — Навантаження; сили та моменти, які діють на модель

Look at – Вид з боку нормалі

Loose – Широкий

Low – Низький

## **M**

Magnitude – Величина

Major grid spacing – Розмір основного осередка сітки

Manual – Виконується вручну, керівництво

Match control -- Керування SE сіткою на поверхнях, які сполучаються

Medium – Середній

Mesh – Сітка

Mesh control – Засоби керування сіткою

Message – Повідомлення

Method – Спосіб, метод

Midpoint – Середина

Minor-steps per major – Число поділів основної ячейки сітки  
Mirror – Відображення  
Model – Модель  
Modeling – Моделювання  
Modify – Інструменти редагування ескізу змінити  
Moment – Момент  
Moment convergence – Критерій збіжності по моментам  
Move – Перемістити, змінити

## N

Named selection – Вибірка з заданим ім'ям  
No selection – Не вибрано  
Nodes – Вузли  
Nonlinear controls – Управління нелінійним рішенням  
Nonlinear solution – Нелінійне рішення

## O

Off – Вимкнено  
Offset – Величина зсуву  
On – Увімкнено  
Operation – Вид операції  
Orientation about principal axis – Орієнтація щодо головної осі  
Origin – Новий  
Output controls – Вихідний контроль  
Oval – Овальний, овал

## P

Parallel – Паралельність  
Parallelepiped – Паралелепіпед  
Parents – Об'єкти в корені каталогу  
Part – Частина, деталь  
Paste – Вставка  
Path – Ескіз з направляючою кривою  
Pattern – Шаблон, копіювання по шаблону

Perpendicular – Перпендикулярність  
Point – Точка  
Polygon – Багатокутник  
Polyline – Ламана лінія  
Preload – Попередній натяг  
Preserve – Зберігти  
Pressure – Тиск  
Preview – Попередній перегляд  
Preview surface mesh – Попередній перегляд СЕ сітки на поверхнях  
Primitives – Об’ємні примітиви  
Principal axis – Головна вісь  
Print preview – Попередній перегляд креслення  
Prism – Призма  
Profile – Базовий ескіз  
Program controlled – Під контролем програми  
Project – Проект  
Pyramid – Піраміда

## Q

Quadrilaterals – Чотирикутники

## R

Radial – Радіальний  
Radius – Радіус  
Ratio – Коефіцієнт  
Rectangle – Прямокутник  
Rectangle by 3 points – Прямокутник, який будується по 3 точкам  
Rectangular – Прямокутний  
Redo – Повторити крок, який відмінили  
Remote displacement – Переміщення з поворотом  
Remote force – Віддалене навантаження(сила)  
Remove – Видалити, видалення  
Rename – Перейменування  
Replicate – Повторити

Report – Звіт  
Reset – Переналаштування, встановити знову  
Reversed – Зворотний  
Revolve – Обертатися, обертання  
Rigid – Жорсткий  
Rotate – Поворот  
Rotation – Обертання  
Rotation convergence – Критерій збіжності по кутовим переміщенням  
Rotational velocity – Швидкість обертання  
Ruler – Лінійка

## S

Save ANSYS db – Збереження результатів в форматі бази даних ANSYS db  
Scale – Масштаб, масштабування  
Section – Переріз  
Select new symmetry axis – Виберіть нову вісь симетрії  
Selection – Вибір  
Setting – Налаштування  
Simplify – Спростити  
Simply supported – Просте закріплення  
Sizing – Розміри, визначення розміру елемента  
Sketch instance – Копіювання ескізу  
Sketching toolboxes – Набір інструментів для ескізів  
Skin/loft – Протяжка по перерізам  
Slice – Розділяти на частини  
Slice by faces – Розділяти на основі вибраних граней  
Slice by plane – Розділяти площиною  
Slice by surface – Розділяти поверхнею  
Slice off edges - Розділяти на основі вибраних ребер  
Slow – Повільний  
Snaps per minor – Прив'язка в додаткових ячейках  
Solid – Тіло, тривимірний об'єкт  
Solver controls – Управління вирішувачем

Solver files directory – Робоча директорія  
Solver type – Визначення типу вирішувача  
Solver unit system – Визначення системи одиниць, яка використовується в процесі отримання рішення  
Solver units – Вибір системи одиниць вимірювання вирішувача  
Sphere – Сфера, шар  
Spline – Сплайн, гладка крива  
Spline edit sphere – Сфера редагування сплайну (кривої)  
Split – Розсікти, розділити  
Split at select – Розділити за вибором (клікнувши мишею по місцю розділення на об'єкті)  
Springs stiffness – Жорсткість пружин  
Standard earth gravity – Стандартна гравітація  
Static structural – Аналіз статичної міцності  
Subtract – Віднімання  
Supports – Закріплення, обмеження ступенів свободи  
Suppressed – Блокований  
Surface body – Оболонка, двомірний об'єкт  
Sweep – Протяжка вздовж контуру  
Symmetry – Симетрія

## T

Tabular – Таблиця, табличний  
Tabular data – Табличні дані, вікно табличного завдання навантажень  
Tangent – Дотик, дотичний  
Tangent line – Дотична лінія, відрізок дотичний до об'єкту  
Tangential – Тангенціальний  
Thermal condition – Теплові навантаження  
Thickness – Товщина  
Time – Час розрахунку  
Torus – Тор  
Transformation – Зміна розмірів та/або форми  
Tree outline – Дерево побудови  
Triad – Осі декартової системи координат  
Triangles – Трикутники

Trim – Обрізка, усічення

Type – Тип

## U

Undo – Скасувати побудови, повернутися до попереднього стану

Unite – Об'єднувати

Update – Оновлення, оновити

## V

Value – Значення

Vector – Вектор

Velocity – Швидкість

Vertical – Вертикальний розмір (розмір по осі Y), вертикальність

## W

Wizard – Майстер

## ЗМІСТ

Вступ .....	3
1. Теоретичні відомості .....	4
2. Побудова моделі двотаврові балки в ANSYS WORKBENCH.....	20
3. Контрольні питання: .....	28
4. Література .....	29
5. Додатки .....	30



Навчальне видання

# **ANSYS WORKBENCH. ЗНАЙОМСТВО. ПОЧАТОК РОБОТИ**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт  
з дисциплін «Опір матеріалів»,  
«Механіка матеріалів і конструкцій»,  
та блоку вибіркових дисциплін

**Укладачі:**

**СЛПЧЕНКО** Максим Володимирович  
**САВЧЕНКО** Володимир Борисович  
**СВІРГУН** Ольга Анатоліївна  
**ГРИЩЕНКО** Володимир Миколайович  
**ІВАНОВ** Володимир Іванович

Формат 60×84 1/16. Гарнітура Times New Roman.  
Папір для цифрового друку. Друк принтерний.  
Умов. друк. арк. 2,0  
Наклад 30 примірників.

---

Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44