



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. АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БАЛКИ З ШАРНІРНИМ ОБПИРАННЯМ

**Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
з дисциплін «Опір матеріалів»
та «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. АНАЛІЗ
НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БАЛКИ
З ШАРНІРНИМ ОБПИРАННЯМ**

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. Аналіз напружено-деформованого стану балки з шарнірним обпиранням. метод. вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін «Опір матеріалів», «Механіка матеріалів і конструкцій» та блоку вибіркового 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. - 32с.

Методичні вказівки "ANSYS WORKBENCH. Аналіз напружено-деформованого стану балки з шарнірним обпиранням " 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 кінцевих 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.

ANSYS WORKBENCH. АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БАЛКИ З ШАРНІРНИМ ОБПИРАННЯМ.

Мета роботи: Моделювання напружено-деформованого стану балки, яка навантажена розподіленім по всій довжині навантаженням з використанням *Static Structural* – аналізу статичної міцності в

Сталева горизонтально розташована балка з шарнірним обпиранням на торцях розмірами 40×40×1000 мм навантажена розподіленім вертикальним навантаженням $q=5000\text{Н/м}$.

Загальний вигляд моделі представлений на рис. 1.

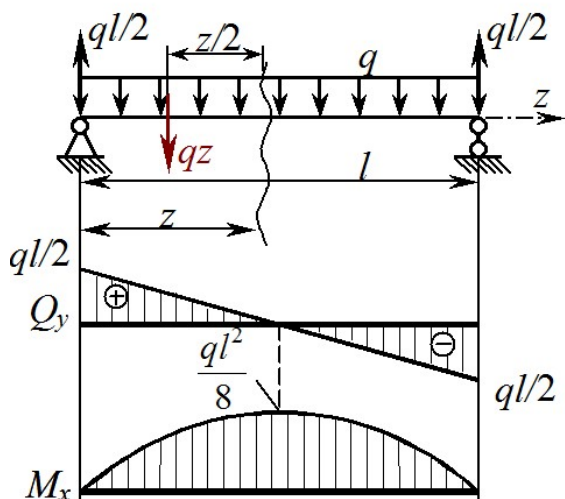


Рис. 1. Загальний вигляд моделі.

Розглянемо аналітичне рішення цієї задачі.

1. Реакції опор $R = ql/2 = 5000/2 = 2500\text{H}$

Маємо одну ділянку:

поперечна сила

$$Q_y = \frac{ql}{2} - qz$$

$$Q_y|_{z=0} = \frac{ql}{2} = 2500\text{H}$$

$$Q_y|_{z=l} = \frac{ql}{2} - ql = -\frac{ql}{2} = -2500\text{H}$$

згинаючий момент

$$M_x = \frac{ql}{2} \cdot z - qz \cdot \frac{z}{2} = \frac{ql}{2} \cdot z - q \frac{z^2}{2}$$

$$M_x|_{z=0} = M_x|_{z=l} = 0$$

Епора Q_y перетинає нульову лінію в середині ділянки (при $z=l/2$). Розрахуємо в цьому перерізі значення згинаючого моменту:

$$M_x|_{z=l/2} = \frac{ql}{2} \cdot \frac{l}{2} - q \frac{l^2}{2^2 \cdot 2} = \frac{ql^2}{4} - \frac{ql^2}{8} = \frac{ql^2}{8} = \frac{5000}{8} = 625 \text{кНм}$$

Визначення максимальних нормальних напружень в перерізі:

$$\max \sigma_z = \frac{M_x \cdot y_{\max}}{I_x} = \frac{M_x}{W_x}$$

Для прямокутного перерізу осьовий момент опору

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{40^3}{6} = 10666,7 \text{мм}^3$$

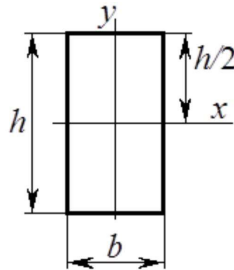



Рис. 2. Прямокутний переріз

Максимальні нормальні напруження дорівнюють

$$\max \sigma_z = \frac{\max M_x}{W_x} = \frac{625000}{10666,7} = 58,59 \text{МПа}$$

Після виконання розрахунку за допомогою програмного комплексу *AnsysWorkbench* порівняємо отримані результати та визначимо похибку.

Методика виконання завдання

Увага! 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;

1.2. 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 проектів (**Project Schematic**).

1.3. Вибрати систему одиниць виміру – систему СІ.

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 проектів активізується меню даного проекту, яке включає такі позиції:

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

2. Задавання механічних характеристик

Project schematic → Engineering data (клік лівою кнопкою миші двічі), або клік правою кнопкою миші по позиції Edit у вспливаючому 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** («Конструкційна сталь»).

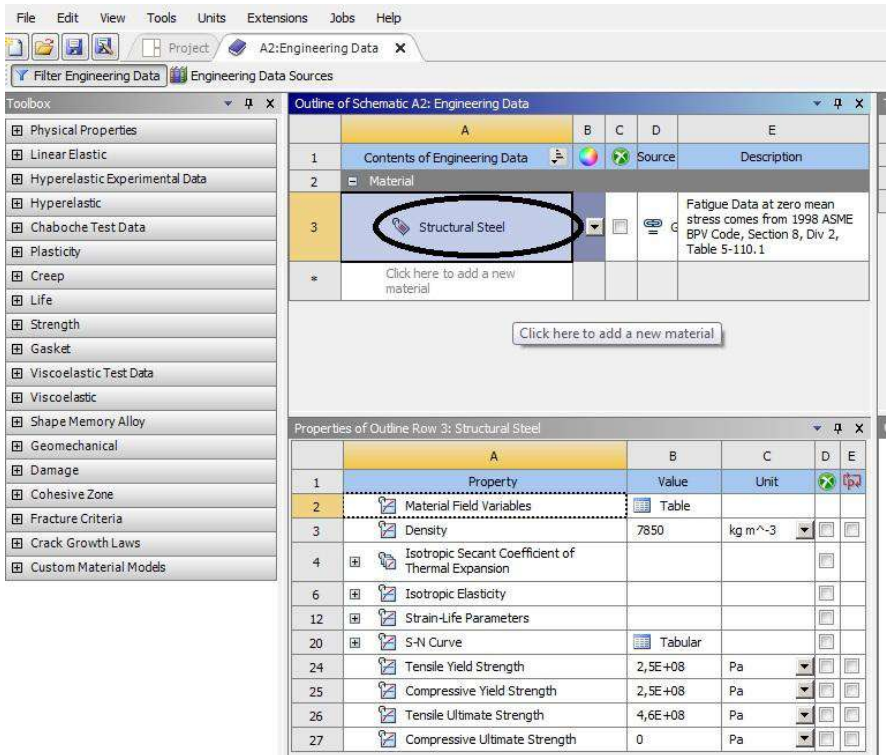


Рис. 3. Вибір матеріалу в бібліотеці.

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

Main menu → *View* → *Reset* → *Workspace*

Повернення до меню проекту:

Main menu → *Return to Project*

3. Побудова геометричної моделі.

3.1. Активізація вікна підпрограми Design Modeler, в якому відбувається побудова геометричної моделі:

Project schematic → *Geometry* (клік лівою кнопкою миші двічі), або клік правою кнопкою миші по опції *New geometry* у впливаючому вікні

3.2. У вкладці вибрати розміри в мм.

Main menu → *Units*

Design Modeler включає:

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

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

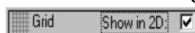
3.3. Розглянемо побудову ескізу балки.

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

3.3.2. Створюємо новий ескіз **Sketch1**:

Main menu → *Newsketch*

Для зручності зображення вертикальних і горизонтальних ліній включимо відображення допоміжної сітки за допомогою панелі **Sketching Toolboxes-Settings**, встановивши галочку навпроти *Grid-Show in 2D*



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

Main menu → *Treeoutline* → *Sketch1* (клік правою кнопкою миші) → *Look at face*



3.3.4. Побудова прямокутника із розмірами, що задані в вихідних даних:

Main menu → *Treeoutline* → *Sketching* → *Draw* → *Rectangle*

3.3.5. Виставляємо виноски розмірів:

Sketching → *Dimensions* → *General* → виносимо стрілки розмірностей

Їх точні значення проставляємо у вікні **Details View**.

3.3.6. На панелі меню вибираємо кнопку **Extrude** (рис. 5) для видовження побудованого ескізу перерізу балки, а у вікні **Details View** задаємо її 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 одержуваного об'єму (суцільне тіло). 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.

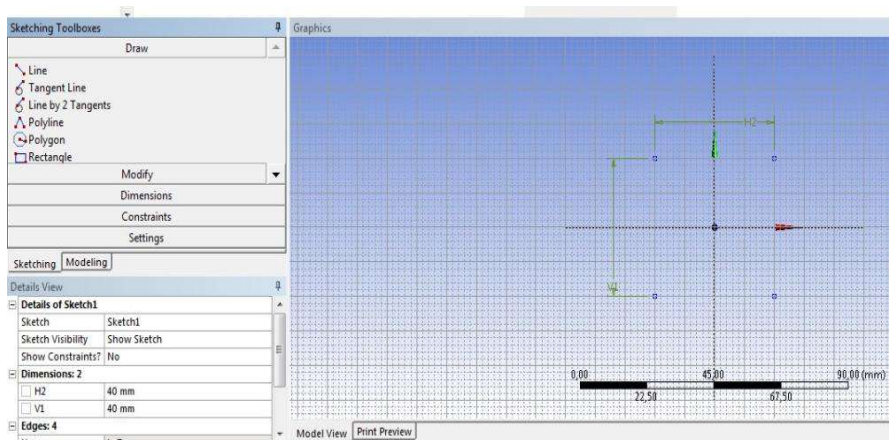


Рис. 4. Форма вікна *Graphics* після проведених операцій

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.

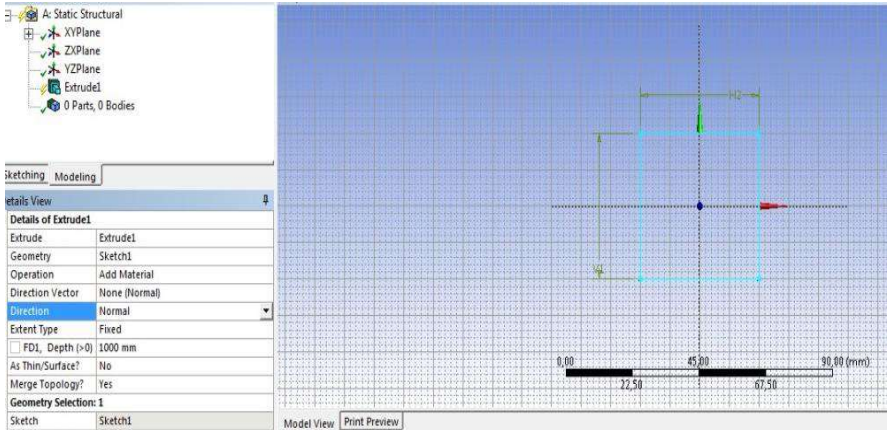


Рис. 5. Операція *Extrude*

3.3.7. *Generate* – фіксуємо всі зміни при побудові частини моделі. Одержуємо тривимірну суцільну заготовку для балки (рис. 6).

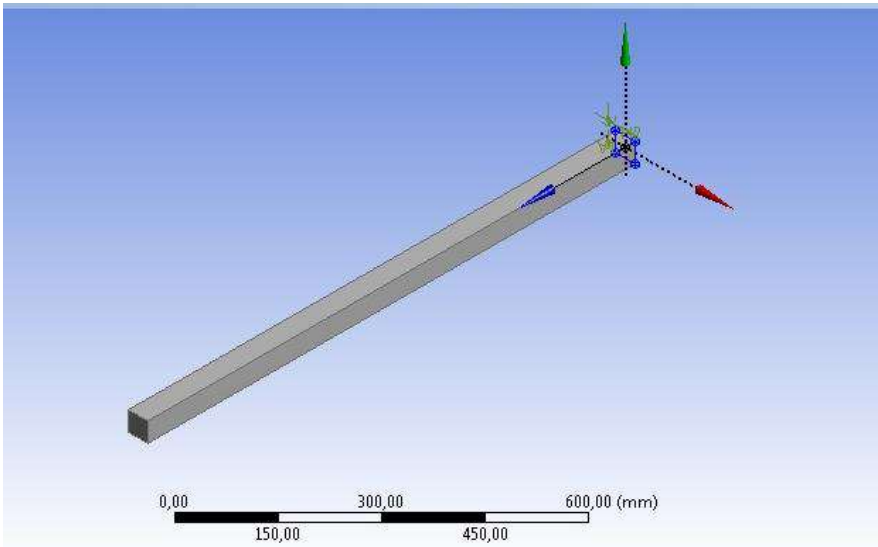


Рис. 6. Балка

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

Main menu → *Rotate/Pan/Zoom/UnDo* та інші.

3.3.9. Закриваємо програму *Desing Modeler* та повертаємось до схеми проекту (*Project Schematic*).

4. Створення SE-сітки.

4.1. Активізація вікна підпрограми Mechanical.

Project schematic → *Model* (лівою кнопкою миші двічі),
або правою кнопкою миші по опції *Edit*

Подальша робота відбувається в цьому вікні, яке має Головне меню (*Main Menu*), дерево моделі (*Outline*), вікно параметрів (*Details of ...*) та вікно виводу графіки (*Geometry*). Дерево моделі надає доступ до всіх параметрів: геометрії, матеріалу, системи координат, SE, граничних умов та чисельного алгоритму.

4.2. Визначаємо розміри елемента SE-сітки

Mesh → *Details of mesh* → *Element size* → 20mm (рис. 7)

Outline → *Mesh* → *Generate mesh*

4.3. Або можна виконати тільки автоматичну побудову SE-сітки:

Outline → *Mesh* → *Generate mesh*

4.4. Для завдання граничних умов обираємо

Outline → *Static Structural (A5)*

З'являються пункти задання граничних умов: *Inertia* («Сили інерції»), *Loads* («Навантаження»), *Supports* («Обмеження»).

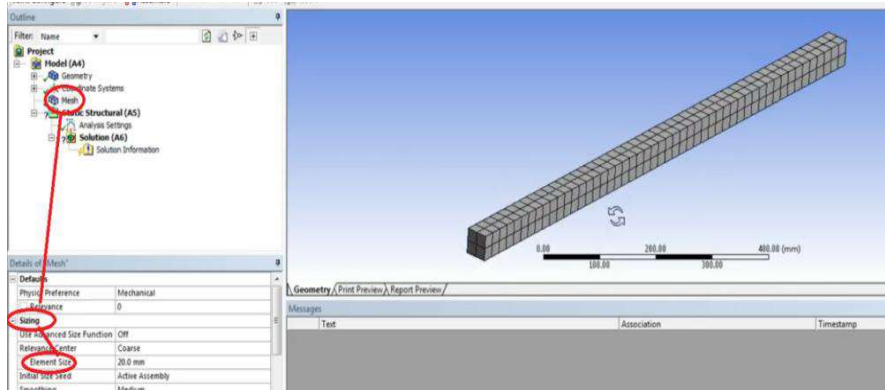


Рис. 7. Створення сітки

4.5. Задаємо варіант закріплення лівого краю балки (рис. 8):

Static Structural (A5) → Insert → Fixed supports → Обрати необхідну грань зліва → Details of Fixed supports → Apply

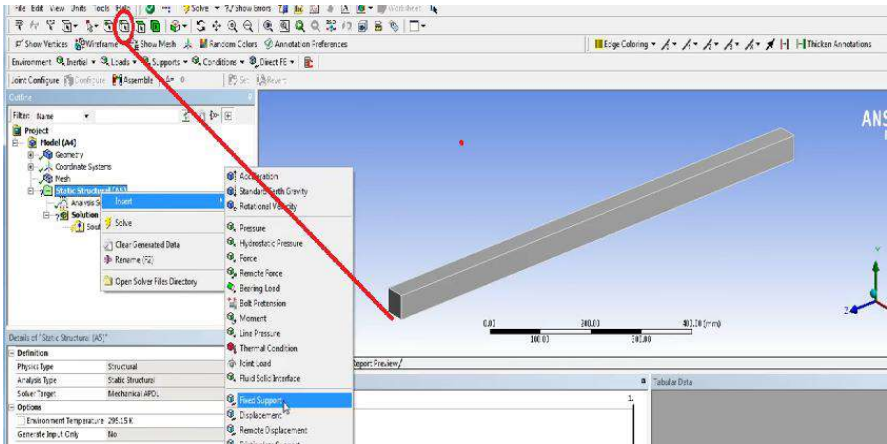


Рис. 8. Задання граничних умов

4.6. Задаємо варіант закріплення правого краю балки (рис. 9):

Static Structural (A5) → Insert → Displacement → Обрати необхідну грань зліва → Details of Displacements → Constant → Y=0, X=0 → Z-Free → Apply

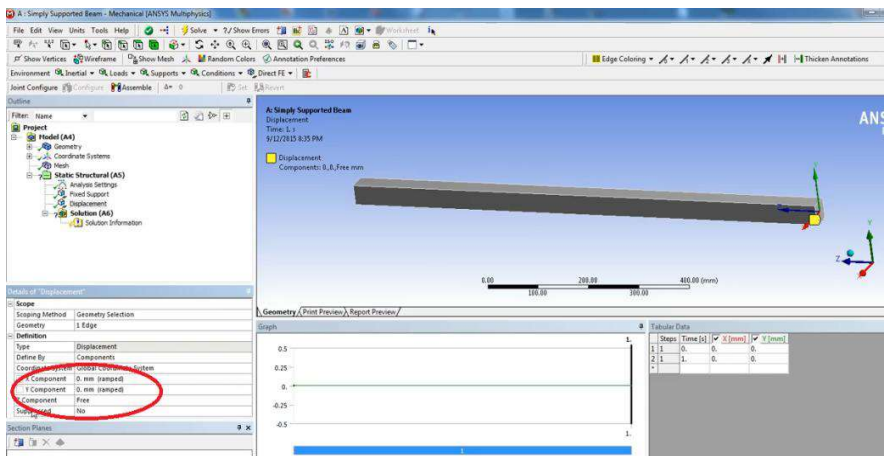


Рис. 9. Варіант закріплення правого краю балки

4.7. Для задання розподіленого навантаження необхідно обрати (рис. 10):

*Static Structural (A5) → Insert → Force →
Обрати необхідну поверхню → Apply*

Вибір напрямку прикладання та величини навантаження:

Details of Displaysments → Directions → Apply

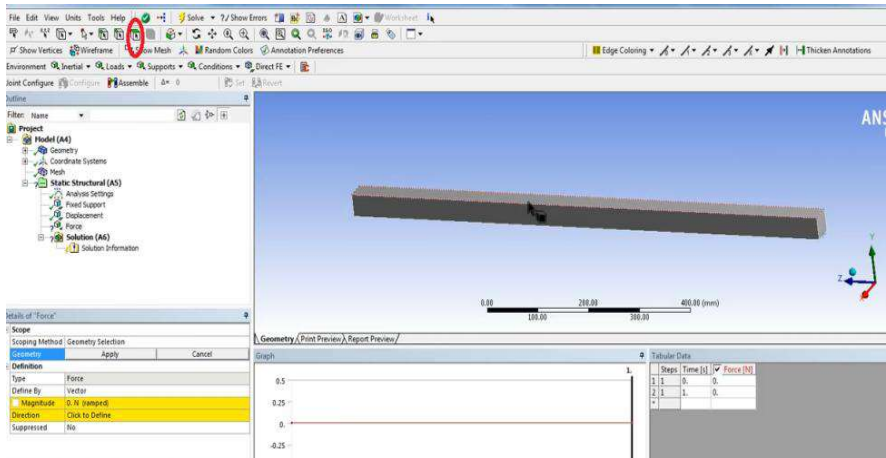


Рис. 10. Задання розподіленого навантаження

Модель готова до розрахунків.

4.8. Вибір параметрів розрахунку:

Outline → Solution (A6) → Insert

З'являються пункти параметрів розрахунку: **Deformation** («Переміщення»), **Stress** («Напруження») та інші. Обираємо **Directional Deformations** «Сумарні переміщення» (рис. 11):

Outline → Solution (A6) → Insert → Deformation → Directional

На панелі

Details of Directional Deformations → Orientation → Y Axis

Обираємо еквівалентні напруження за Мізесом (рис. 12):

Outline → Solution → Insert → Stress → Equiv. (von-Mises)

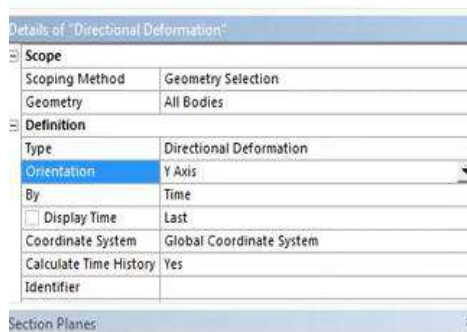
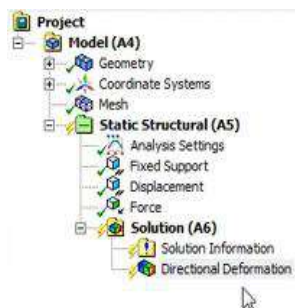
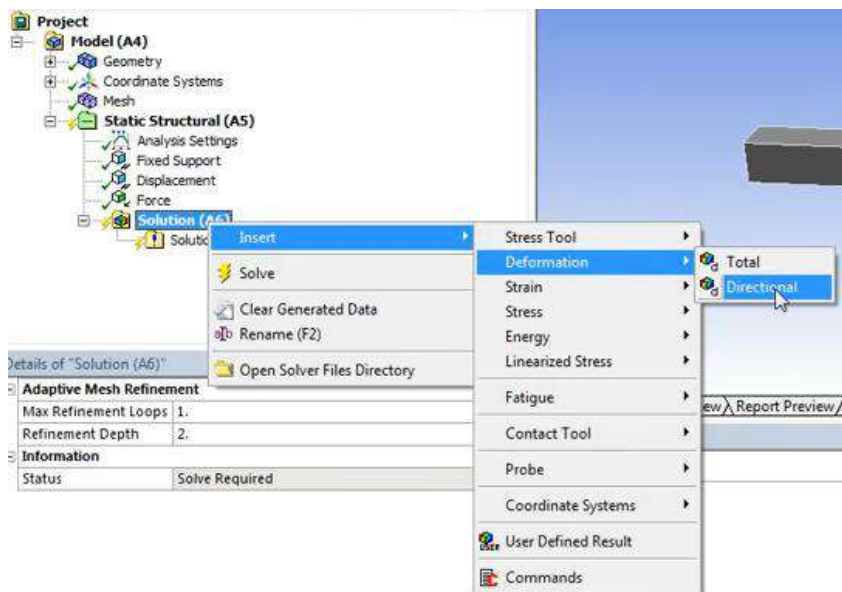


Рис. 11. Вибір параметрів розрахунку (переміщення)

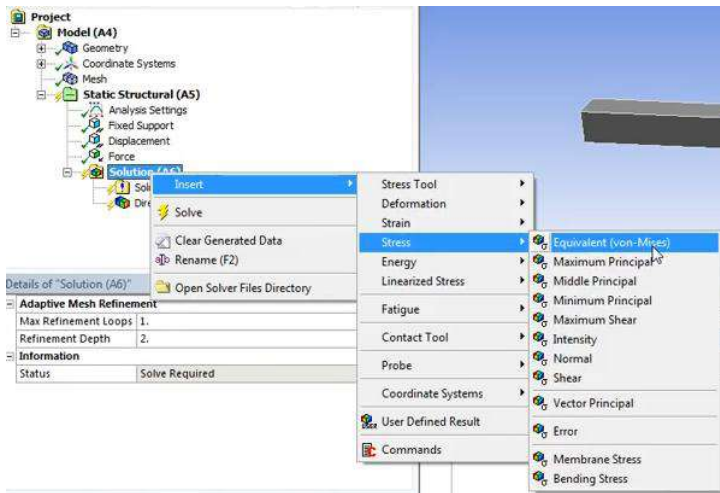



Рис. 12. Вибір параметрів розрахунку (напруження)

4.9. *Solve* – запустити рішення задачі

Результат обчислень наведено на рис.29-34.

Для того щоб подивитись розподіл напружень за перерізом, на панелі треба обрати **Section plane**  та позначити місце перерізу (рис. 13).

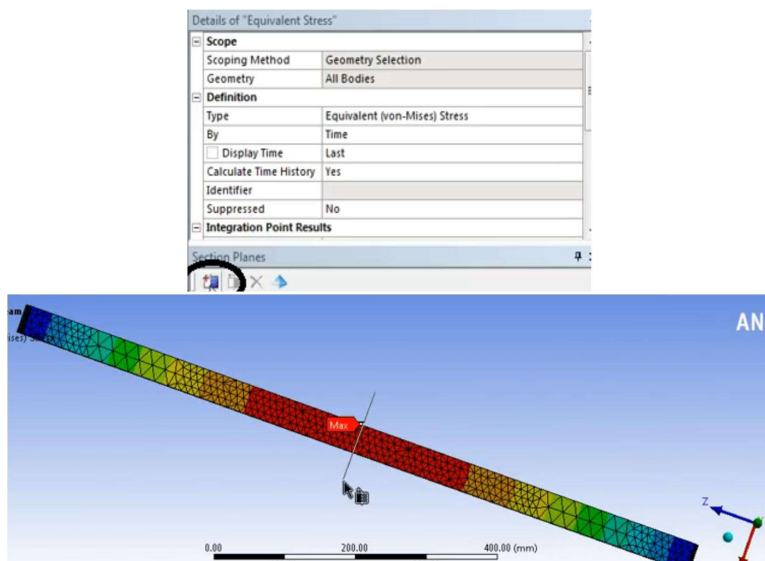


Рис. 13. Позначення місця перерізу

Результат обчислень наведено на рис.30

Для побудови епюри обираємо:

Model → *Insert* → *Construction Geometry* → *Insert* → *Path* → *обрати грань*
початку → *Coordinate* → *Apply* → *обрати грань кінця* →
End → *Apply* (рис. 14 – 16)

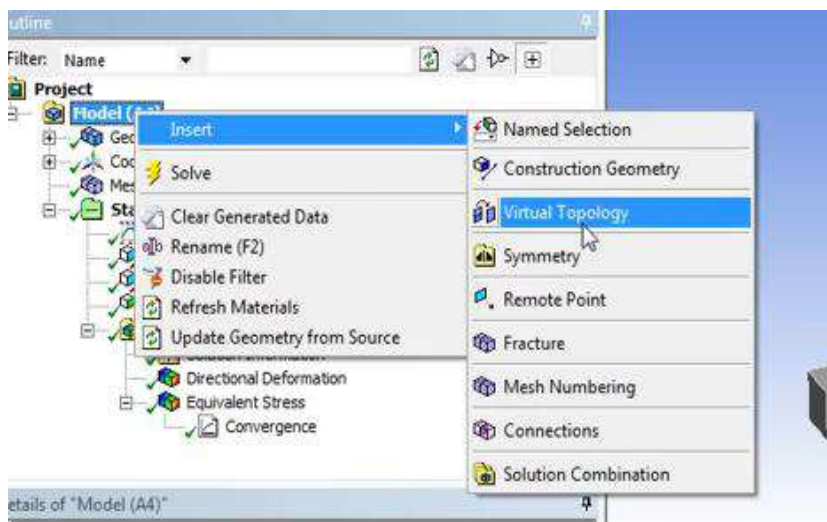


Рис. 14.

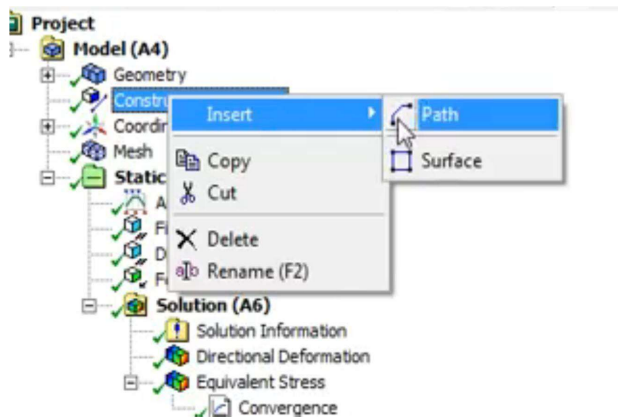


Рис. 15.

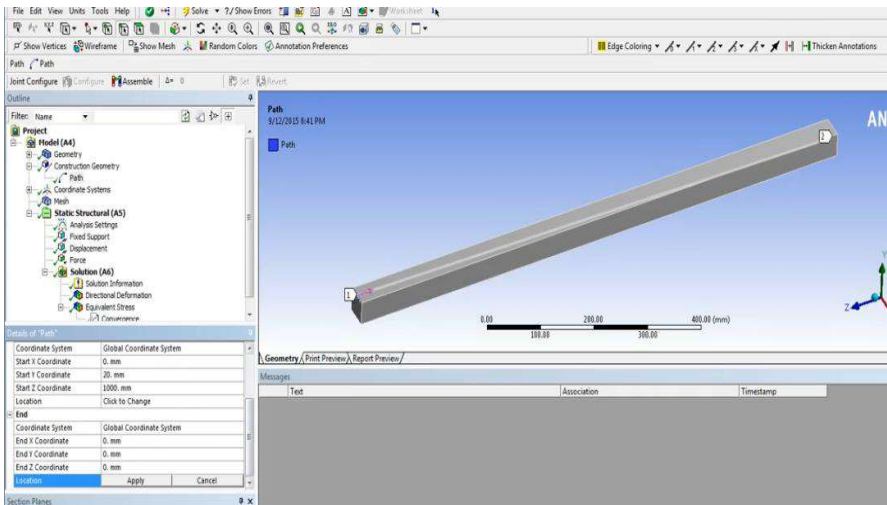


Рис. 16.

Для побудови лінії деформації необхідно обрати:

Path → *Solution (A6)* → *Directional Deformation* →
Duplicate Without Results (рис. 17)

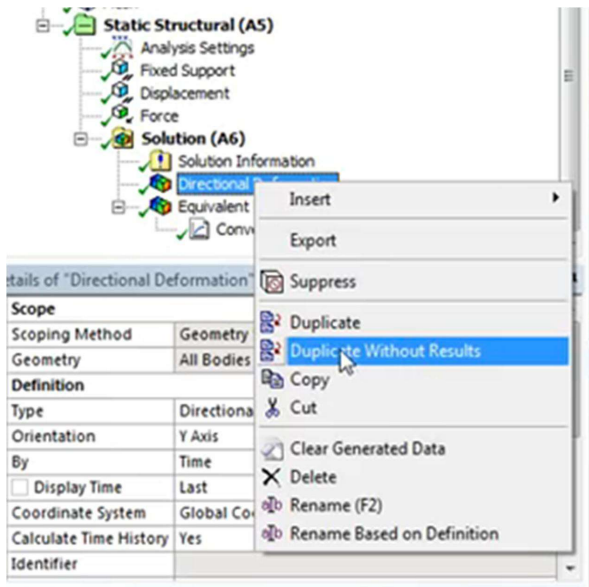


Рис. 17

На панелі *Details of Directional Deformation2*

Details of Deformation2 → *Scoping Method* → *Path* (рис. 18)

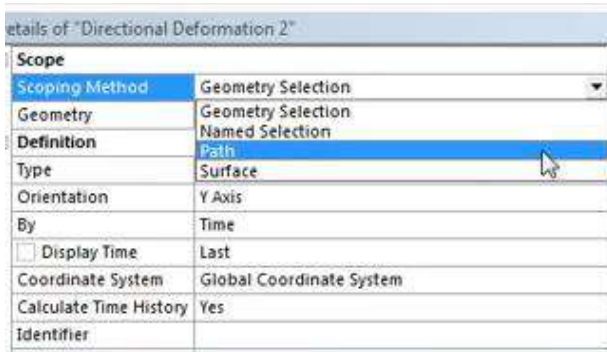


Рис. 18

Details of Deformation2 → *Path* → *Path* (рис. 19)

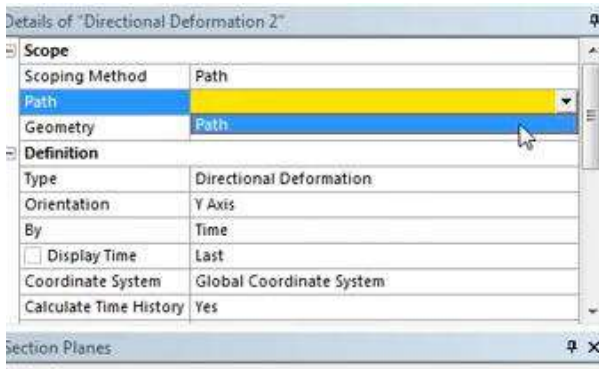


Рис. 19.

Solution(A6) → *Directional Deformation2* → *Evaluate All Results* (рис. 20)

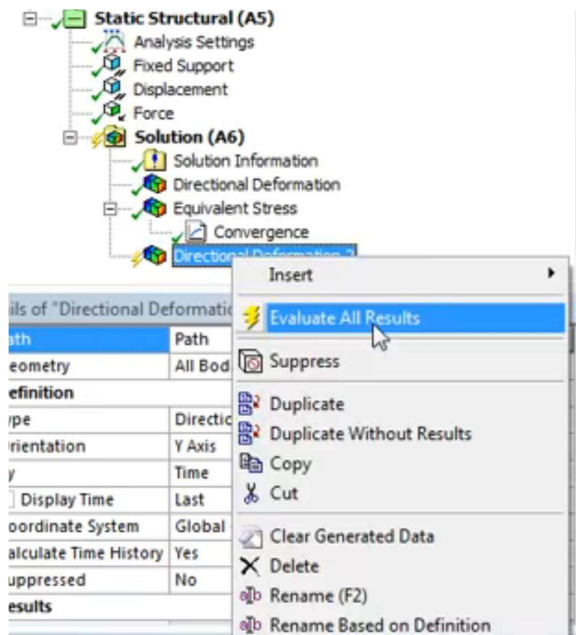


Рис. 20

Результат обчислень наведено на (рис.33)

Для отримання епюри напружень обираємо:

Solution (A6) → Equivalent stress → Duplicate Without Results (рис. 21)

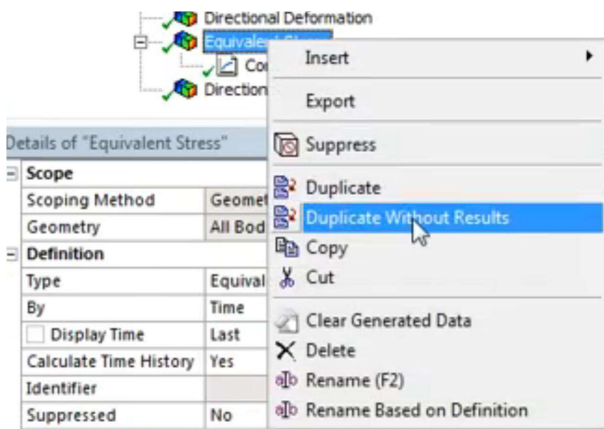


Рис. 21

Details of Equivalent stress 2 → Scoping Method → Path (рис. 22)

Details of "Equivalent Stress 2"	
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	Geometry Selection
Definition	Named Selection
Type	Path
Type	Surface
By	Time
<input type="checkbox"/> Display Time	Last
Calculate Time History	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	

Рис. 22

Details of Equivalent stress 2 → Path → Path (рис. 23)

Scope	
Scoping Method	Path
Path	Path
Geometry	Path
Definition	
Type	Equivalent (von-Mises) Stress
By	Time
<input type="checkbox"/> Display Time	Last
Calculate Time History	Yes
Suppressed	No
Integration Point Results	

Рис. 23

Solution(A6) → Equivalent stress 2 → Evaluate All Results (рис. 24)

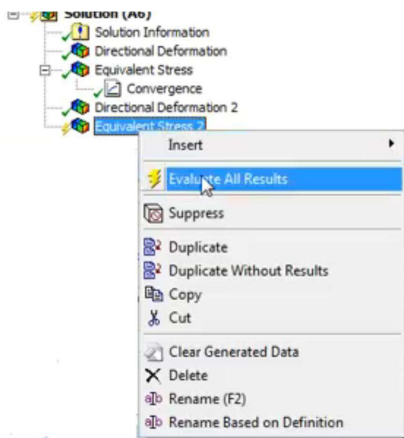


Рис. 24

Результат обчислень наведено на (рис.32)

Для визначення нормальних напружень обираємо:

Outline → *Solution (A6)* → *Insert* → *Stress* → *Normal* (рис. 25)

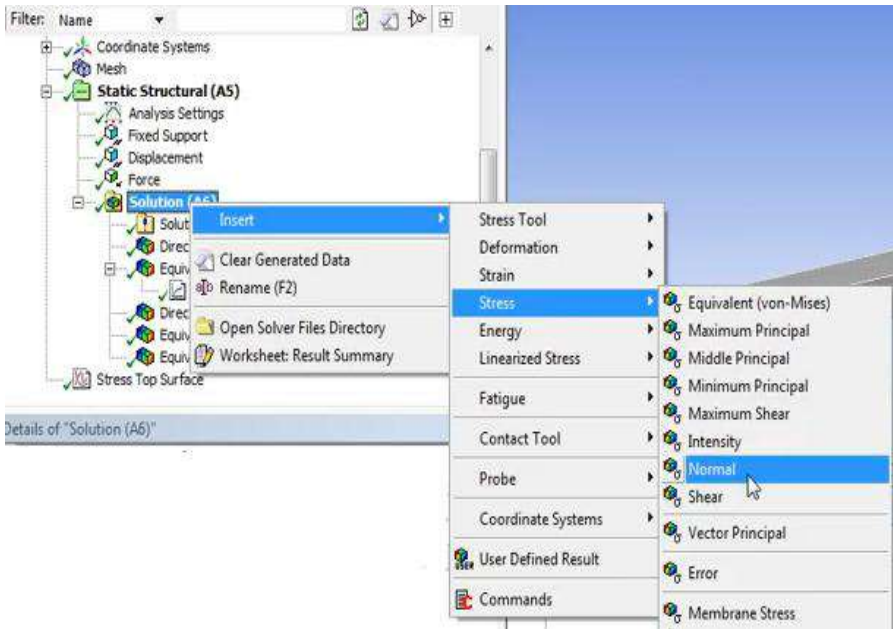


Рис. 25

Details of Normal stress → *Orientation* → *Z Axis* (рис. 26)

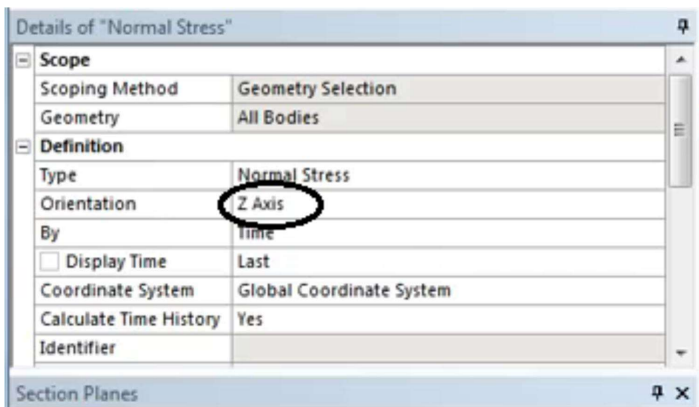


Рис. 26

Outline → Solution(A6) → Normal stress → Evaluate All Results (рис. 27)

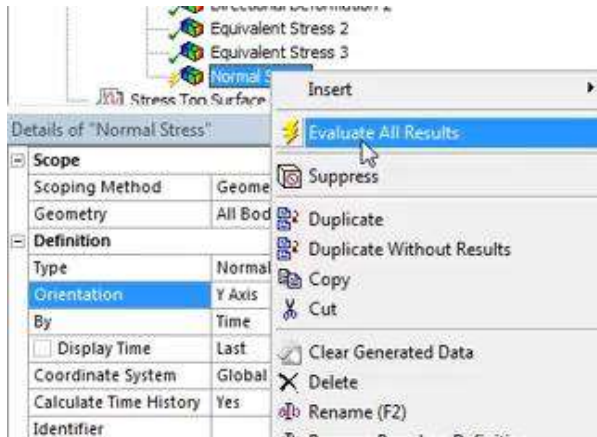


Рис. 27

В результаті розрахунків маємо розподіл нормальних напружень (рис.34).

4.10. *Save* – зберігання готового проекту.

По ходу виконання проекту для формування звіту потрібно зберігати у файлах копії поточних рисунків. Це можна зробити двома способами. Або **Image** та зберегти зображення, або **Figure** та найменування відповідних операцій (рис. 28).

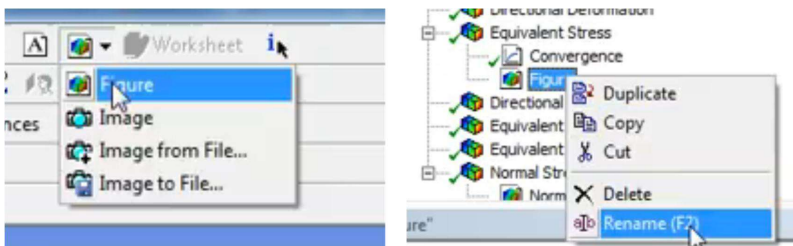


Рис. 28. Збереження копій поточних рисунків

Результати розрахунків

На рис. 29 - 34 наведений розподіл параметрів напружено-деформованого стану в сталевій балці, яка навантажена постійним розподіленим навантаженням.

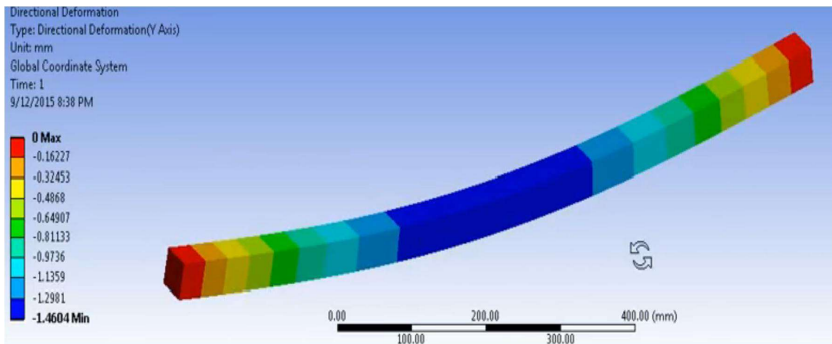


Рис. 29. Деформації в напрямку осі Y

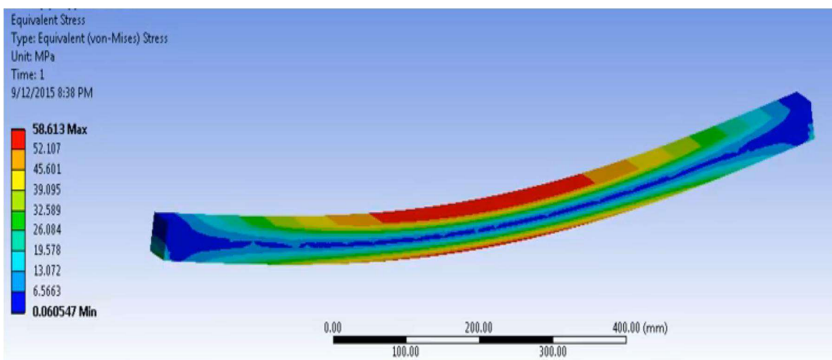


Рис. 30. Еквівалентні напруження

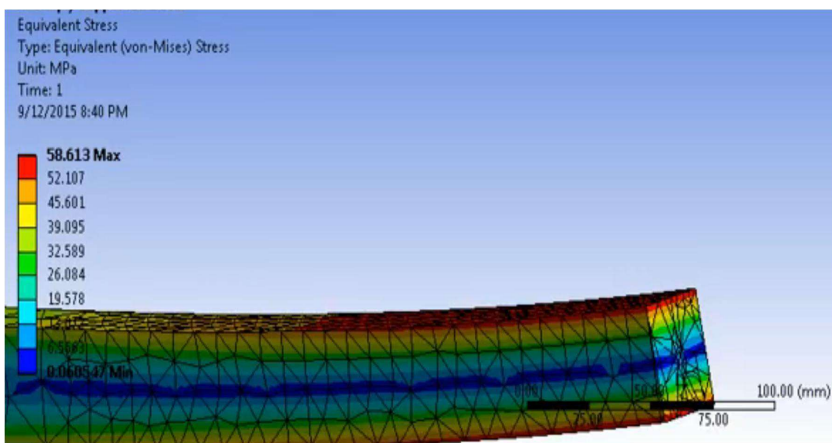


Рис. 31. Еквівалентні напруження в перерізі.

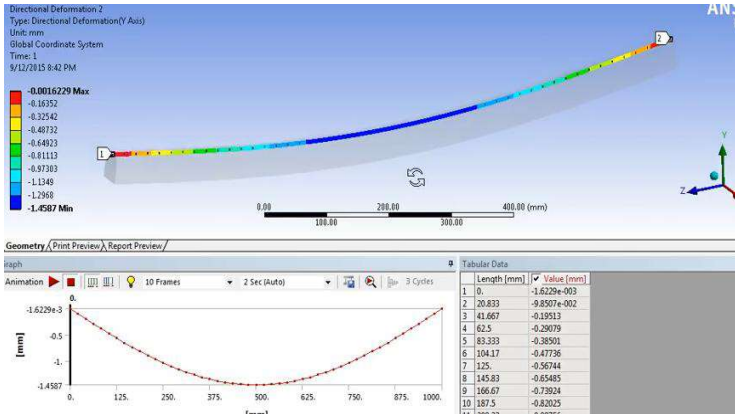


Рис. 32. Епюра деформацій

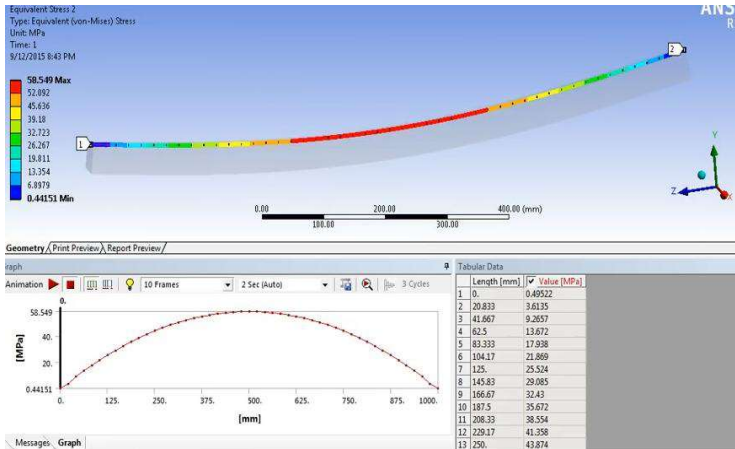


Рис. 33. Епюра еквівалентних напружень

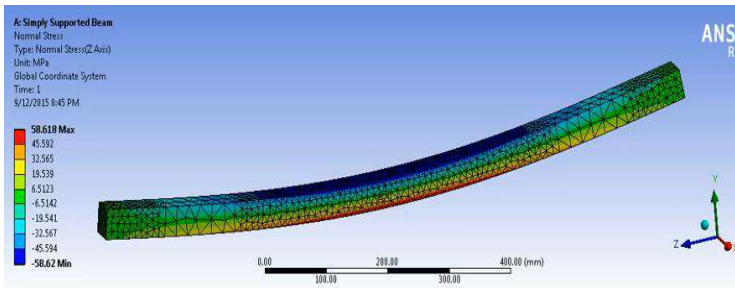


Рис. 34. Епюра нормальних напружень

Проведемо аналіз результатів розрахунків аналітичним методом та методом скінченних елементів, який реалізован в *Ansys Workbench*.

$$\max \sigma_a = 58.59 \text{ МПа}$$

$$\max \sigma_c = 58,65 \text{ МПа}$$

Похибка $\delta = 0,1\%$.

Контрольні питання:

1. Послідовність яких команд визначає завдання матеріалу в проєкті?
2. Що таке граничні умови?
3. За допомогою яких команд можна налаштувати СЕМ в програмному середовищі *Ansys Workbench*?
4. Пояснити, що таке напруження, деформація, закон Гука, E та яким чином ці характеристики задаються для конкретного матеріалу?
5. Яка команда запускає на розрахунок всі завдання?

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.

Додаток

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

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

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
- Circle – Коло
- Circular – Круглий
- 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

Delete – Видалити

Depth – Довжина

Details – Деталі, подробиці

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

Diameter – Діаметр

Dimensions – Розміри, інструмент для завдання розмірів ескізу

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 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

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

Impedance boundary – Граничний опір
Import – Імпортувати, вносити
Intersect – Перетинаються
Iterative solver – Ітераційний вирішувач

J

Joint load – Навантаження в сполученнях

К

Kept – Збережено, збережений

L

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

Minor-steps per major – Число поділів основної ячейки сітки

Mirror – Відображення

Model – Модель

Modeling – Моделювання

Modify – Інструменти редагування ескізу змінити

Moment – Момент

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

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 – Зберегти

Pressure – Тиск

Preview – Попередній перегляд
Preview surface mesh – Попередній перегляд SE 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
Report – Звіт
Reset – Переналаштування, встановити знову
Reversed – Зворотний
Revolve – Обертатися, обертання
Rigid – Жорсткий
Rotate – Поворот

Rotation – 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

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

Solid – Тіло, тривимірний об'єкт

Solver controls – Управління вирішувачем

Solver units – Вибір системи одиниць вимірювання вирішувача

Sphere – Сфера, шар

Split – Розсікти, розділити

Split at select – Розділити за вибором (клікнувши мишею по місцю розділення на об'єкті)

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

Tangent – Дотик, дотичний

Tangent line – Дотична лінія, відрізок дотичний до об'єкту

Tangential – Тангенціальний

Thickness – Товщина

Torus – Тор

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

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

W

Wizard – Майстер

Навчальне видання

**ANSYS WORKBENCH.
АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ
БАЛКИ З ШАРНІРНИМ ОБПИРАННЯМ**

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

Укладачі:

СЛІПЧЕНКО 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. 1,6

Наклад 30 примірників.

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