



Міністерство освіти і науки України

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

Навчально-науковий інститут технічного сервісу

**Кафедра експлуатації, надійності, міцності і
будівництва
ім. В.Я. Аніловича**

РОЗРАХУНОК ФЕРМИ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ЛІРА-САІР

**Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
з дисциплін "Опір матеріалів ", "Будівельна механіка
та розрахунки конструкцій на міцність "**

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

Харків
2021

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА

Навчально-науковий інститут технічного сервісу

Кафедра експлуатації, надійності, міцності і
будівництва

ім. В.Я. Аніловича

РОЗРАХУНОК ФЕРМИ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ЛІРА-САПР

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
з дисциплін "Опір матеріалів", "Будівельна механіка
та розрахунки конструкцій на міцність"

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

Затверджено рішенням
методичної Ради ННІ ТС
ХНТУСГ
Протокол №7
від 12 травня 2021р.

Харків
2021

УДК 69.04+681.3

M-54

Схвалено на засіданні
кафедри експлуатації, надійності, міцності і
будівництва
ім. В.Я. Аніловича
Протокол № 5 від 5 травня 2021 р.

Рецензенти:

В. М. Грищенко, канд. техн. наук, доцент кафедри динаміки і міцності НТУ "ХПІ"

С. О. Поляшенко, канд. техн. наук, доцент кафедри тракторів і автомобілів Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка

M-54 Розрахунок ферми в програмному комплексі ЛІРА-САПР: метод. вказівки до виконання практичних робіт з дисциплін "Опір матеріалів", "Будівельна механіка та розрахунки конструкцій на міцність" для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної, заоч. та дистанц. форм навч. інженерних спеціальностей / Харків. нац. техн. у-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка; уклад.: , О.А.Свіргун, Є.І.Калінін, В.П.Свіргун. - Харків : [б. в.], 2021. - 3с.

У методичних вказівках розглядається технологія моделювання та чисельного аналізу конструкцій в системі автоматизованого розрахунку і проектування програмного комплексу ЛІРА - САПР. В роботі докладно викладено послідовність розрахунку ферми: створення розрахункової схеми, завдання характеристик жорсткості елементів ферми, завдання граничних умов, завдання навантажень, статичний розрахунок ферми, перегляд і аналіз результатів розрахунку Видання призначене для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної, заочної та дистанційної форм навчання інженерних спеціальностей

Відповідальний за випуск (зав.каф.) : Є.І.Калінін, д-р. техн. наук, проф.

© О.А.Свіргун, Є.І.Калінін,
В.П.Свіргун,
© ХНТУСГ, 2021

РОЗРАХУНОК ФЕРМИ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ

ЛІРА-САПР

Фермою називається геометрично незмінна конструкція, що складається зі стрижнів. Місця з'єднань стрижнів називаються вузлами. Якщо осі всіх стрижнів і вся прикладена до ферми навантаження розташовані в одній площині, ферма називається плоскою.

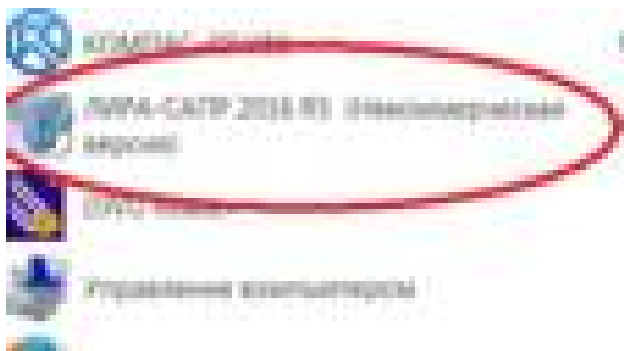
Мета роботи: ознайомитися з інтерфейсом ПК ЛІРА-САПР, засвоїти порядок виконання основних етапів побудови розрахункової моделі; провести статичний розрахунок ферми та аналіз отриманих результатів.

Завдання: Ознайомитися з ПК ЛІРА-САПР. Виконати розрахунок ферми на статичні навантаження. Вивести деформовану схему, епюри зусиль від розрахункових навантажень в балці. Проаналізувати отримані результати. Створити звіт по лабораторній роботі.

1. Початок роботи.

Відкриваємо програму ЛІРА-САПР.

Пуск - Програми - LIRA-SAPR - ЛІРА-САПР 2016



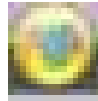
або



Рис.1 Запуск «ЛІРА САПР»

1. Створення нового файлу.

Для створення нової задачі відкрити на головній панелі інструментів



натисніть кнопку **Меню Програм** та обрати пункт **Новий Створити новий документ** (рис.2).

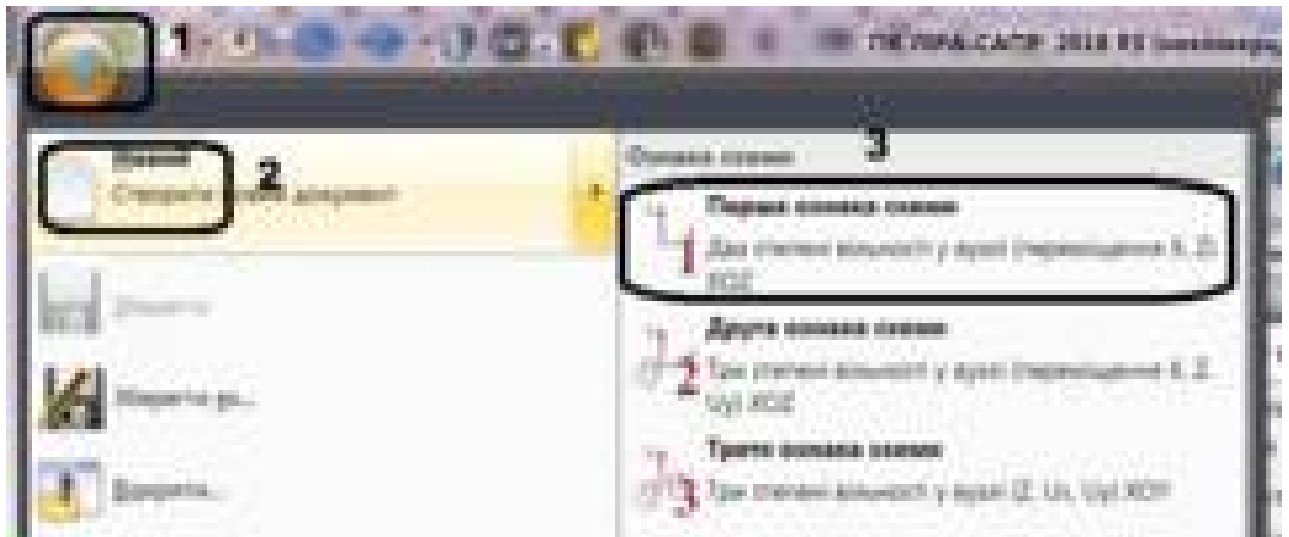


Рис.2. Діалогове вікно «Створення нового файлу»

В діалоговому вікні **Ознака схеми** (рис. 2) задати

- ознаку схеми -2 (три ступеня вільності у вузлі X,Z)

Зберегти файл (рис.3).

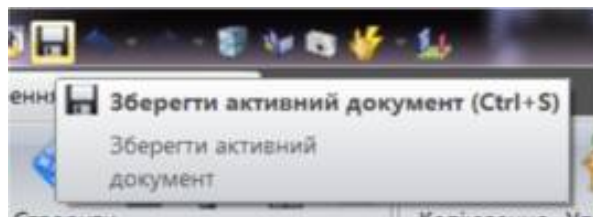


Рис 3. Діалогове вікно «Зберегти документ»

2. Налаштування одиниць виміру, що використовуються в розрахунковій роботі.

Натисніть **Меню програм - Налаштування - Одиниці виміру** (рис. 4).

У вкладці **Одиниці виміру** встановіть на вкладках **Схема** і **Результати**: геометрію в метрах (м), перетини в (см), навантаження, напруження і зусилля в кілоньютонах (кН), (рис. 5).

Увага! Налаштування необхідних одиниць вимірювання може бути виконано окремо для розрахункової схеми, для результатів розрахунку і арматури. Зміна одиниць вимірювання може бути виконана на будь-якому етапі роботи з проектом.

Натисніть кнопку **Підтвердити**.

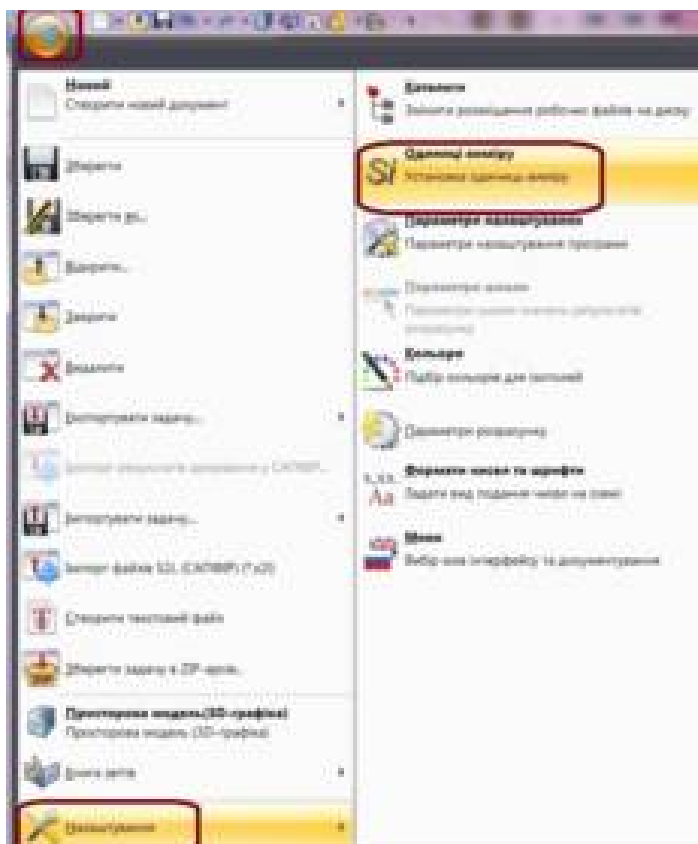


Рис 4. Діалогове вікно «Одиниці виміру»

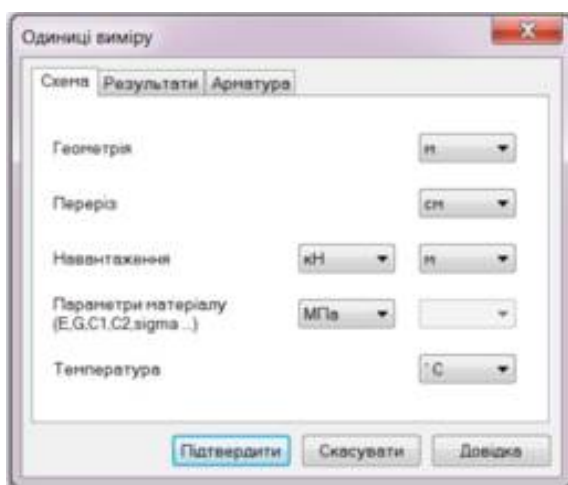


Рис 5 Діалогове вікно «Одиниці виміру»

3. Створення геометричної схеми ферми.

Схема ферми, яка розраховується приведена на рис.6. Згідно з завданням $a=2\text{м}$.

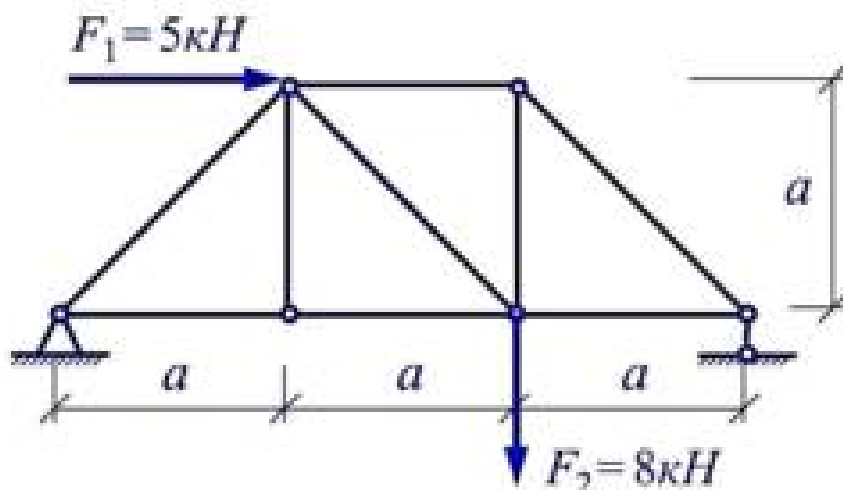


Рис.6. Розрахункова схема ферми

Для подальшої роботи потрібно перейти в площину XZ. Для цього на

панелі інструментів обираємо  , або диметрію .

Створення та редагування - Створення – Генерація ферм – Створення плоских ферм – Вибір ферми по обрису поясів - Вибір ферми по обрису решітки – Параметри ферми (рис. 7,8,9).

Для роботи обираємо шаблон по обрису поясів 2, по обрису решітки 3.

У вікні «Параметри ферми» задати: $L=6$; $H=2$; $K=3$ (рис.9).



Рис.7. Діалогове вікно «Генерація ферм»

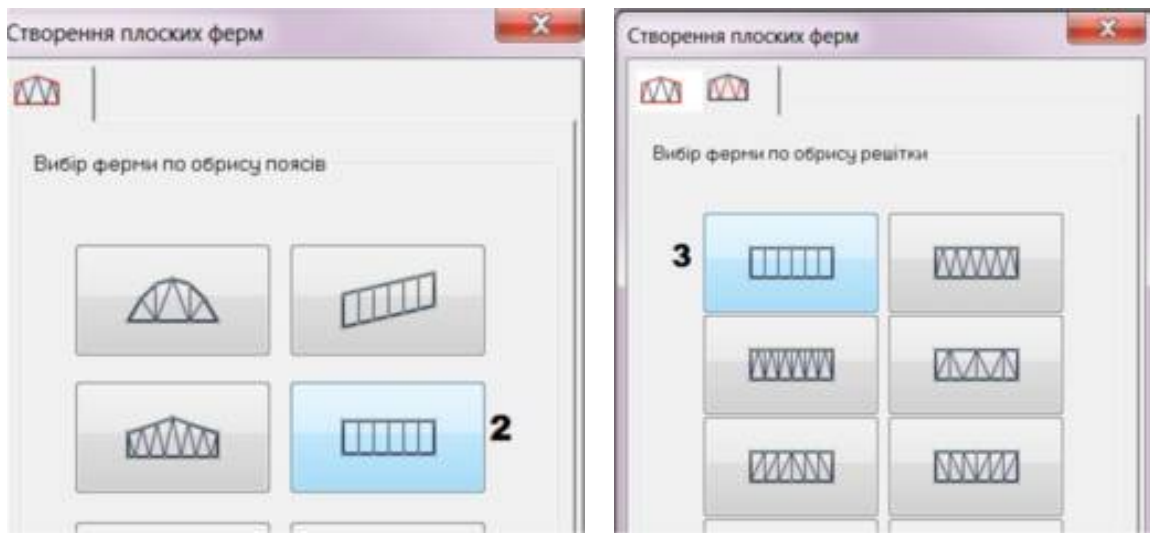


Рис.8. Діалогове вікно «Створення плоских ферм»

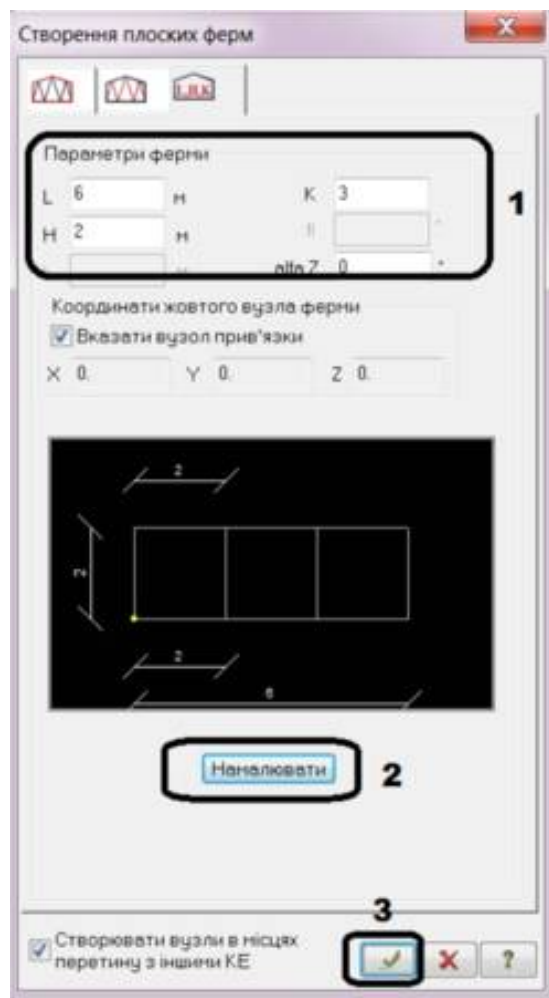




Рис.9. Діалогове вікно «Параметри ферми»

Для більш зручної роботи необхідно проставити номери вузлів розрахункової схеми. Для цього на панелі інструментів внизу екрану натисніть кнопку **Параметри відображення** (прапори малювання) , у діалоговому вікні перейдіть на вкладку **Вузли**, встановіть прапорець **Номери вузлів** , натисніть кнопку **Перемалювати**. (рис.9)

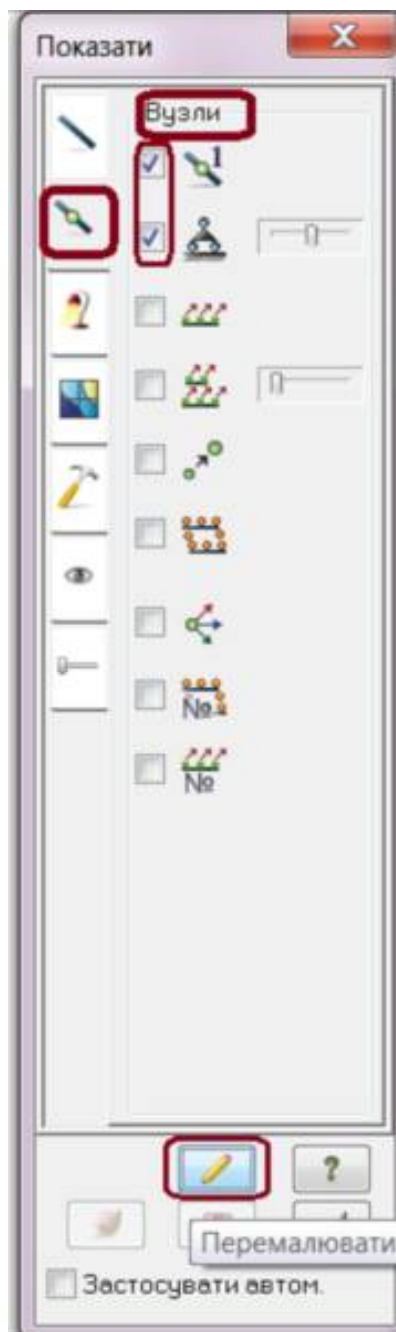


Рис.9. Діалогове вікно «Параметри відображення»

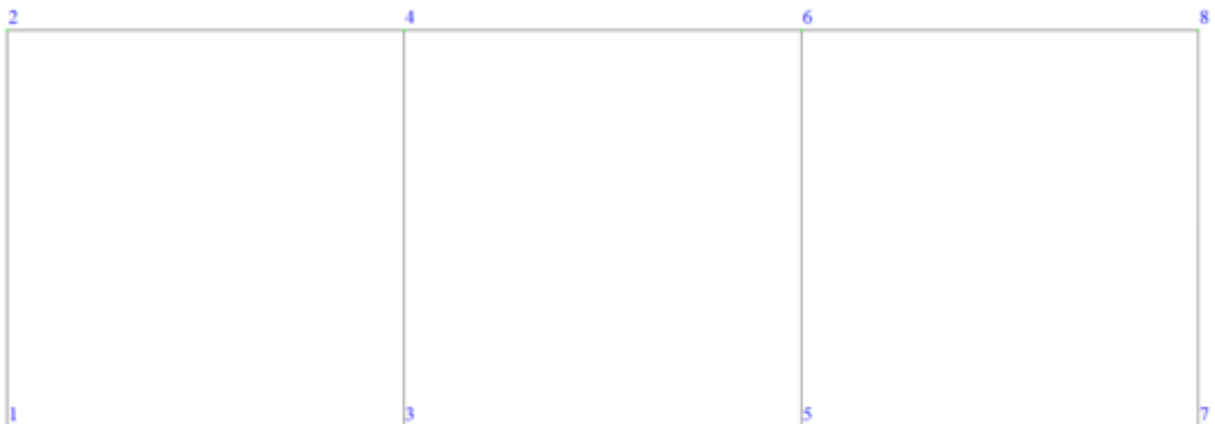


Рис.10. Установка нумерації точок на площині XOZ

З'єднуємо точки 1-4, 4-5 та 6-7 стрижнями. З'єднуємо вузли курсором (клік лівою кнопкою миші т.1, тягнемо до т.4, фіксуємо кліком лівої кнопки миші, повторюємо для точок 4-5, 6-7).

Додати елемент – Додати стержень - Застосувати (рис.11).



Рис.11. Діалогове вікно «Додати елемент»





Для подальшої роботи необхідно проставити номери стержнів розрахункової схеми. Для цього на панелі інструментів внизу екрану натисніть кнопку **Параметри відображення** (прапори малювання) , у діалоговому вікні перейдіть на вкладку **Стержні**, встановіть прапорець **Номери стержнів**, натисніть кнопку **Перемалювати**. (рис.12).



Рис.12. Діалогове вікно «Параметри відображення»

Необхідно видалити стержні 1,4,11,12 та точки 2, 8 (рис.13). Для цього натискаємо кнопку «Відмітка елементів» , виділяємо стержні (вони стануть червоного кольору), натискаємо кнопку «Відмітка вузлів» , виділяємо вузли 2 та 8 (вони стануть червоного кольору).

Відмітка вузлів або стержнів виконується за допомогою одиночного "кліка" курсором або розтягуванням навколо потрібних вузлів "гумового вікна".

Один клік правою кнопкою миші. З'являється панель. Вибираємо «Видалення об'єктів» (рис.14), клік лівою кнопкою миші. Стержні та вузли видаляються. Цю ж операцію можна виконати за допомогою кнопки «Видалення об'єктів»  на панелі «Створення та редагування - Редагування».

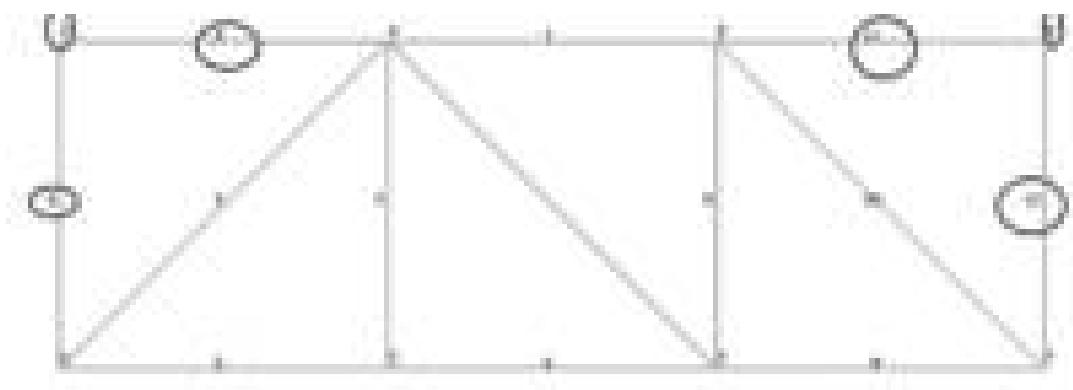


Рис.13.

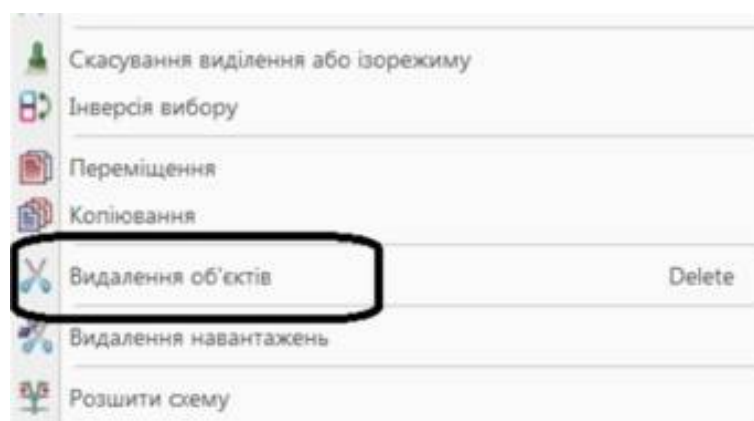


Рис.14. Видалення об'єктів

Після всіх проведених операцій необхідно перенумерувати вузли та стержні.

Створення та редагування – Редагування – Перенумерація – Підтвердити (рис.15).

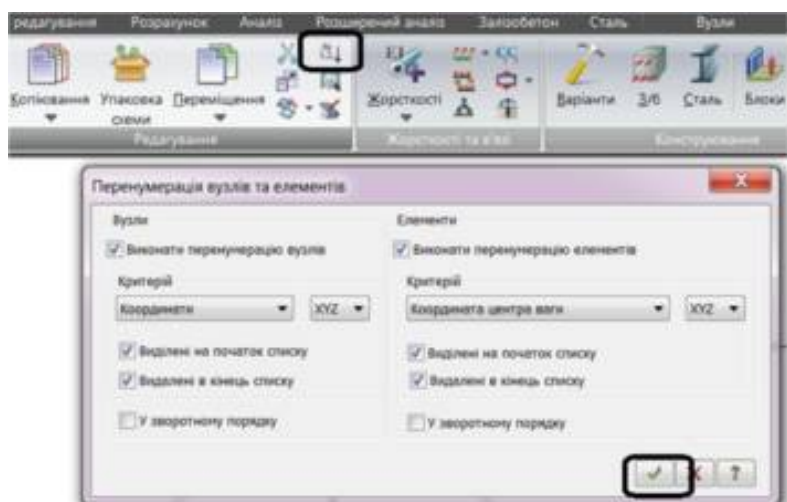


Рис.15. Діалогове вікно «Перенумерація вузлів та елементів»

У зв'язку з тим, що сталася перенумерація елементів, необхідно виконати **Упаковку схеми**.

Упаковка схеми проводиться для зшивання співпадаючих вузлів і елементів, а також для безповоротного виключення з розрахункової схеми віддалених вузлів і елементів.

Рекомендується в вікні **Упаковка** виключити з розрахункової схеми **Висячі вузли** (поставити галочку).

Створення та редагування – Редагування - Упаковка схеми – Застосувати (рис.16).

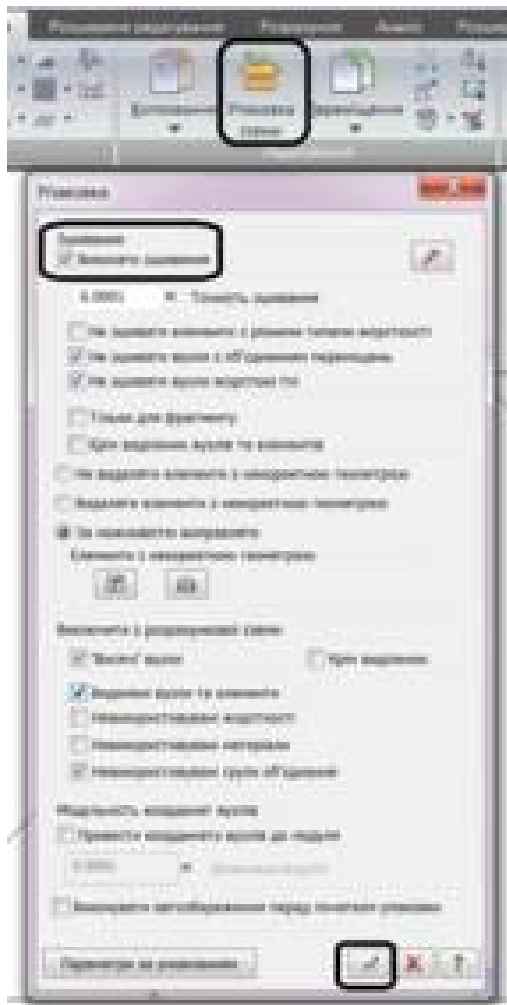


Рис. 16. Діалогове вікно «Упаковка схеми»

4. Завдання граничних умов

Граничні умови додаємо за допомогою пункту меню  (рис.17)

Схема – Жорсткості та В'язі - В'язі в вузлах.

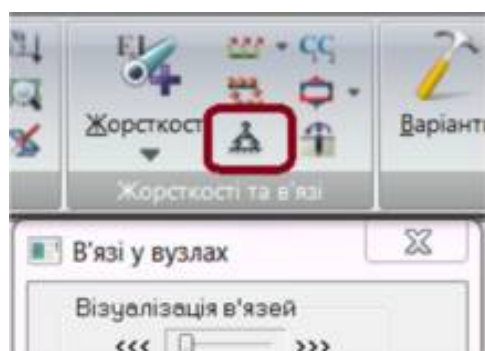

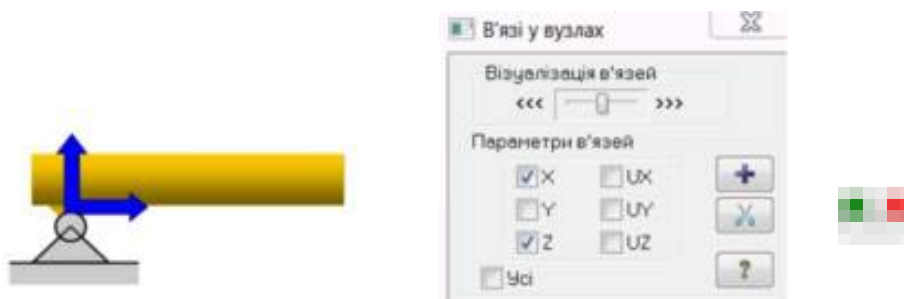


Рис.17. Установка в'язей у вузлах

Для виділення окремих вузлів натисніть на панелі інструментів кнопку **Відмітка вузлів** . Відмітка вузлів виконується за допомогою одиночного "кліка" курсором або розтягуванням навколо потрібних вузлів "гумового вікна". Виділені вузли відобразяться червоним кольором. По черзі виділяємо вузли 1, 6 схеми. У діалоговому вікні **В'язі** у вузлах відзначте напрямки, за якими забороняються переміщення вузлів (X, Z, UY – для защемлення, X, Z – для шарнірно нерухомих опор, Z – для шарнірно рухомих опор).

Після призначення зв'язку вузол забарвиться в синій колір. Якщо включена візуалізація в'язей, то з'явиться кольорове позначення накладених в'язей (рис.18).

Шарнірно-нерухома опора



Шарнірно-рухома опора

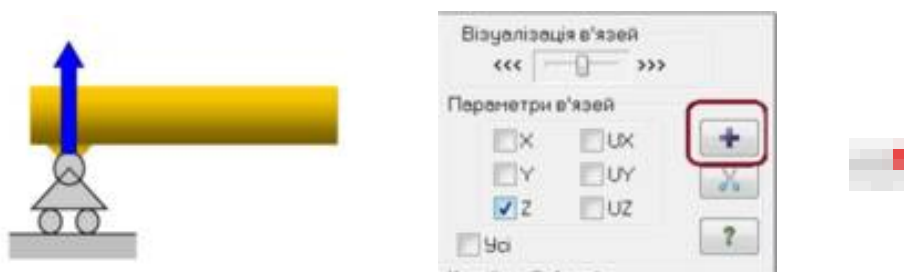


Рис.18. Установка в'язей у вузлах. Установка візуалізації в'язей в у вузлах

5. Задання жорсткісних параметрів балки.

Для розрахунку необхідно поставити параметри жорсткості елементів. До цих параметрів відносяться: площі поперечних перерізів, моменти інерції перерізів, модулі пружності і зсуву.

Загальна схема завдання характеристик жорсткості така:


- вводяться числові дані характеристик жорсткості;
- кожному типу жорсткості присвоюється порядковий номер;


- один з типів жорсткості призначається поточним;

- на розрахунковій схемі позначаються елементи, яким буде присвоєна

поточна жорсткість.

Ферма, яка розраховується, має постійний переріз та однакову жорсткість.

На розрахунковій схемі потрібно виділити всі стрижні. Для цього на панелі інструментів обираємо **Відмітка елементів**  та виділяємо всю ферму. Вона зафарбується у червоний колір.

Для задання жорсткості на панелі **Створення та редагування** оберіть вкладку **Жорсткості та матеріали елементів. Задання та призначення**  (рис.19):

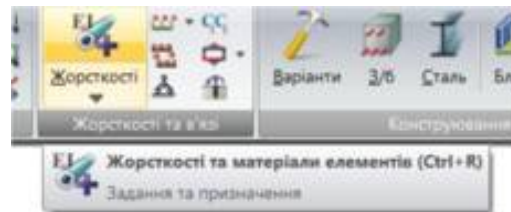


Рис.19

Діалогове вікно **Додати жорсткість** має три закладки графічного меню і надає доступ до бібліотеки характеристик жорсткості: стандартні типи перетинів, бази типових перетинів сталевих прокатів і вікна для завдання параметрів пластин і об'ємних елементів, а також численних характеристик жорсткості параметрів, що відповідають деяким типам скінчених елементів.

Оскільки в задачі потрібно знайти тільки зусилля, то задамо тільки одиничні жорсткості, обираючи скінчені елементи KE 1 – KE ферми. У відповідних полях діалогового вікна потрібно вказати параметри жорсткості:

$E F = 1$ - жорсткість елемента на осьовий стиск (розтяг);

Обираємо:

Жорсткості та матеріали елементів. Задання та призначення - Жорсткості та матеріали – Додати жорсткість – Типи скінчених елементів – KE1 – $E F = 1$ – Призначити поточним – Застосувати (рис.20)



Рис.20. Задання жорсткості ферми

Після правильного призначення жорсткості знімається червоне виділення – це означає, що виділеним елементам присвоєно вибраний тип жорсткості. Стрижні ферми повинні зафарбуватись в яскраво чорний колір (рис. 21)

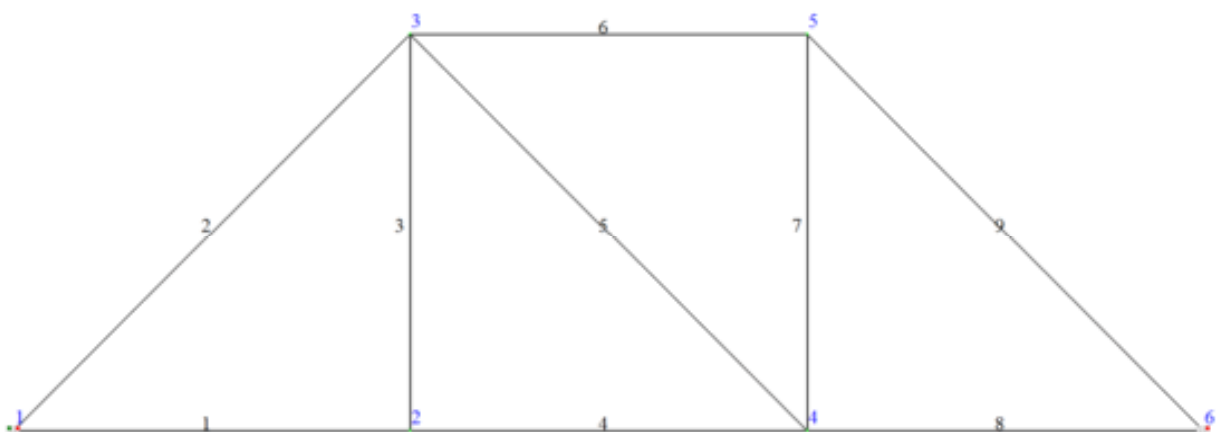


Рис.21

6. Задання навантажень

Навантаження на вузли та елементи задаються за допомогою діалогового вікна **Задання навантажень**. Діалогове вікно містить закладки для завдання навантажень на вузли, стрижні, пластини, об'ємні елементи і суперелементи, а також для завдання навантажень для розрахунку на динаміку в часі.

У вікні містяться радіо-кнопки для завдання систем координат - глобальної, місцевої (для елемента), локальної (для вузла) і напрямки впливу - X, Y, Z, а також кнопки для завдання статичного навантаження (коричневий колір), заданого зсуву (жовтий колір) і динамічного впливу (рожевий колір) - меню цих кнопок змінюється в залежності від типу завантаженого скінченного елемента. При натисканні цих кнопок викликається діалогове вікно для завдання параметрів навантаження. Прикладені навантаження і впливи заносяться в поле списку навантажень - **Поточне навантаження**.

У нашій розрахунковій роботі навантаження мають тільки постійний характер, тому завдання різних завантажень проводитися не буде.

У діалоговому вікні **Задання навантажень** перейдіть на потрібну вкладку **Навантаження у вузлах** чи **Навантаження на стрижні**. (рис.22)

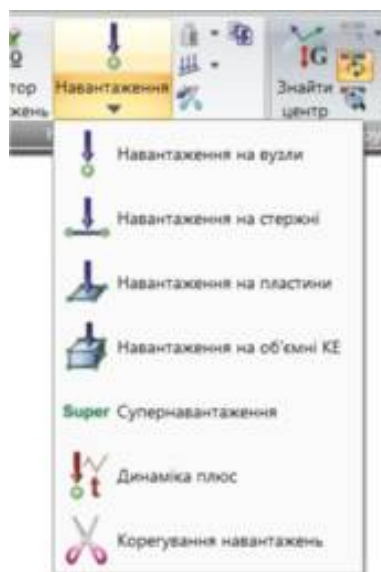


Рис.22. Діалогове вікно «Задання навантажень»

В нашому розрахунку для сил необхідно вибрати **Навантаження у вузлах**.

Згідно з завданням на розрахунок на вузол 3 вздовж осі X діє сила 5кН. На вузол 4 – сила 8 кН, яка направлена вздовж осі Z (рис.).

На панелі інструментів вибираємо відмітку вузлів .

Виділяємо вузол 3. Він повинен стати червоним.

Створення та редагування – Навантаження - Завдання навантажень – навантаження у вузлах – Тип навантаження – Значення – Застосувати (рис.23).

Зверніть увагу! При завданні сили обираємо глобальну систему координат, вісь **X**!

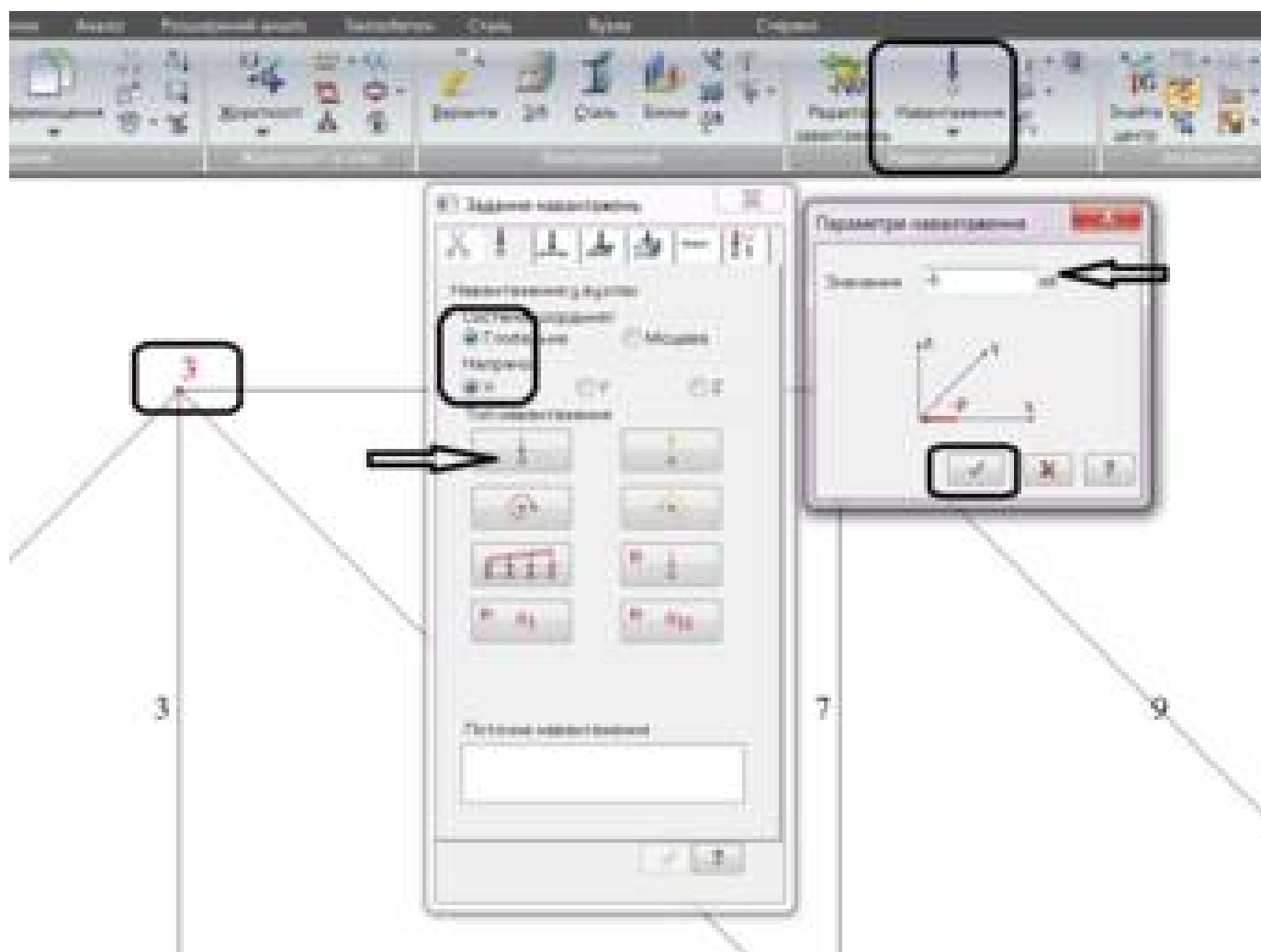


Рис. 23. Діалогове вікно «Завдання навантажень».

Увага! В комплексі ЛІРА САПР вісь **X** показана зеленим кольором, вісь **Y** - синім кольором, а вісь **Z** - червоним.

Глобальна система координат **XYZ** - завжди права декартова - служить для опису координат вузлів всієї схеми, для визначення напрямку



ступенів свободи, ідентифікації переміщень вузлів. Розрахункова схема розташовується завжди в цій системі координат.

Загальне правило орієнтації місцевої системи координат для елементів з двома і більше вузлами таке: вісь **X1** спрямована від першого вузла до другого. Ця система координат необхідна для завдання орієнтації місцевого навантаження, напрямків головних осей інерції перерізу, зусиль і напружень,

що виникають в елементі.

Додатне значення сили показано на схемі параметрів навантаження.

Виділяємо вузол 4. Прикладаємо навантаження вздовж осі **Z**. (рис. 24)

Створення та редагування – Навантаження - Завдання навантажень – навантаження у вузлах – Тип навантаження () – Значення – Застосувати ()

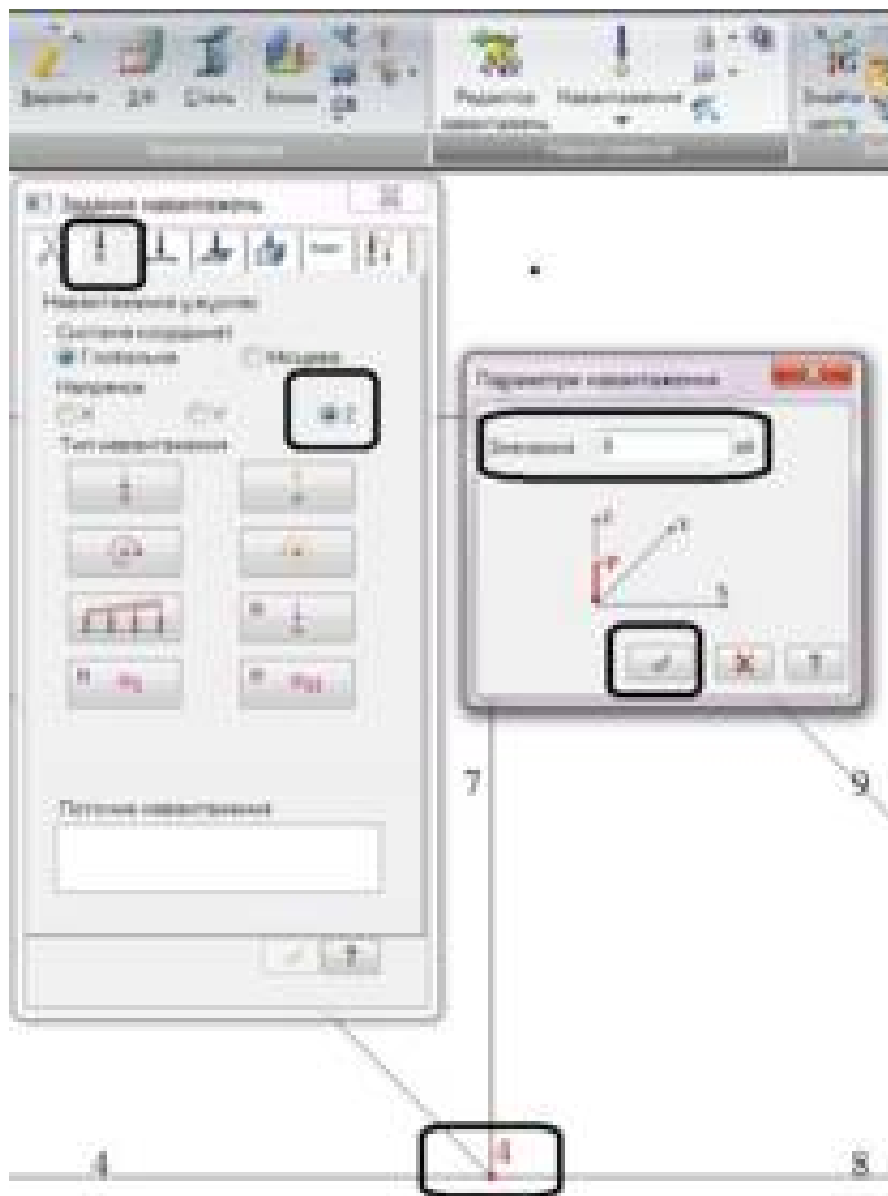


Рис.24. Навантаження в точці 4.

На панелі інструментів обираємо установки параметрів відображення




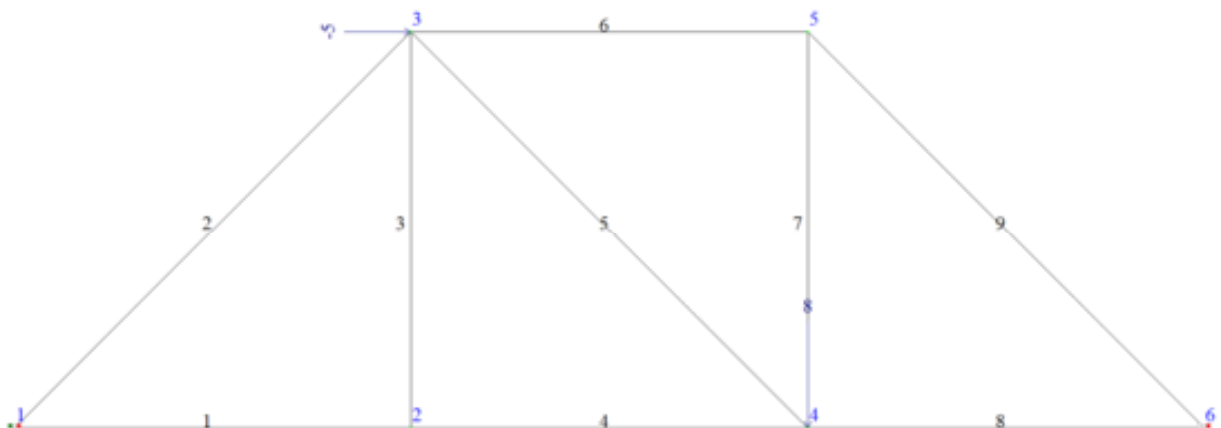
В діалоговому вікні **Показати** перейдіть на першу закладку **Загальні** і встановіть відмітку **позначення величин навантажень**. Після цього натисніть на кнопку – **Перемалювати** . (рис.25).




Рис.25. Позначення величин навантажень


Розрахункова схема ферми виконана (рис.26).



7. Збереження інформації.

Для збереження інформації обираємо  на панелі швидкого доступу або Меню програми – Зберегти (рис. 27).

8. Статичний розрахунок

Запустіть завдання на розрахунок за допомогою кнопки  або Розрахунок - Виконати повний розрахунок (рис. 28).

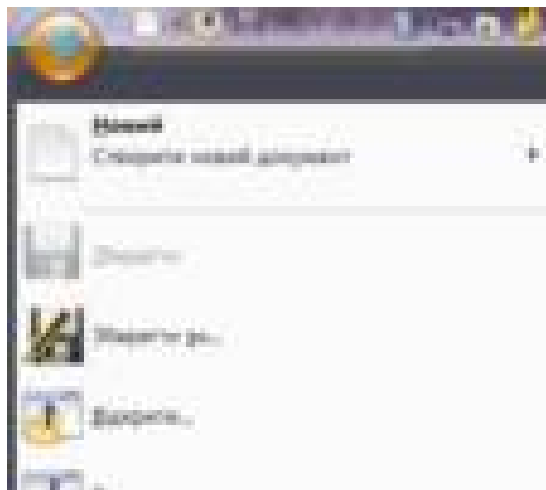


Рис.27. Діалогове вікно «Збереження результатів»



Рис.28. Діалогове вікно «Розрахунок»

9. Перегляд і аналіз результатів розрахунку

Після виконання розрахунку завдання перейдіть у вкладку **Аналіз** (рис.29)

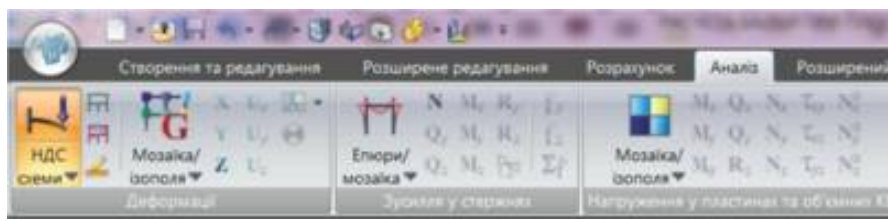



Рис.29. Вкладка «Аналіз»

У режимі перегляду результатів розрахунку за замовчуванням відображається деформована розрахункова схема (рис. 30). Для зняття відображення деформацій натисніть на кнопку **Вихідна схема**  .

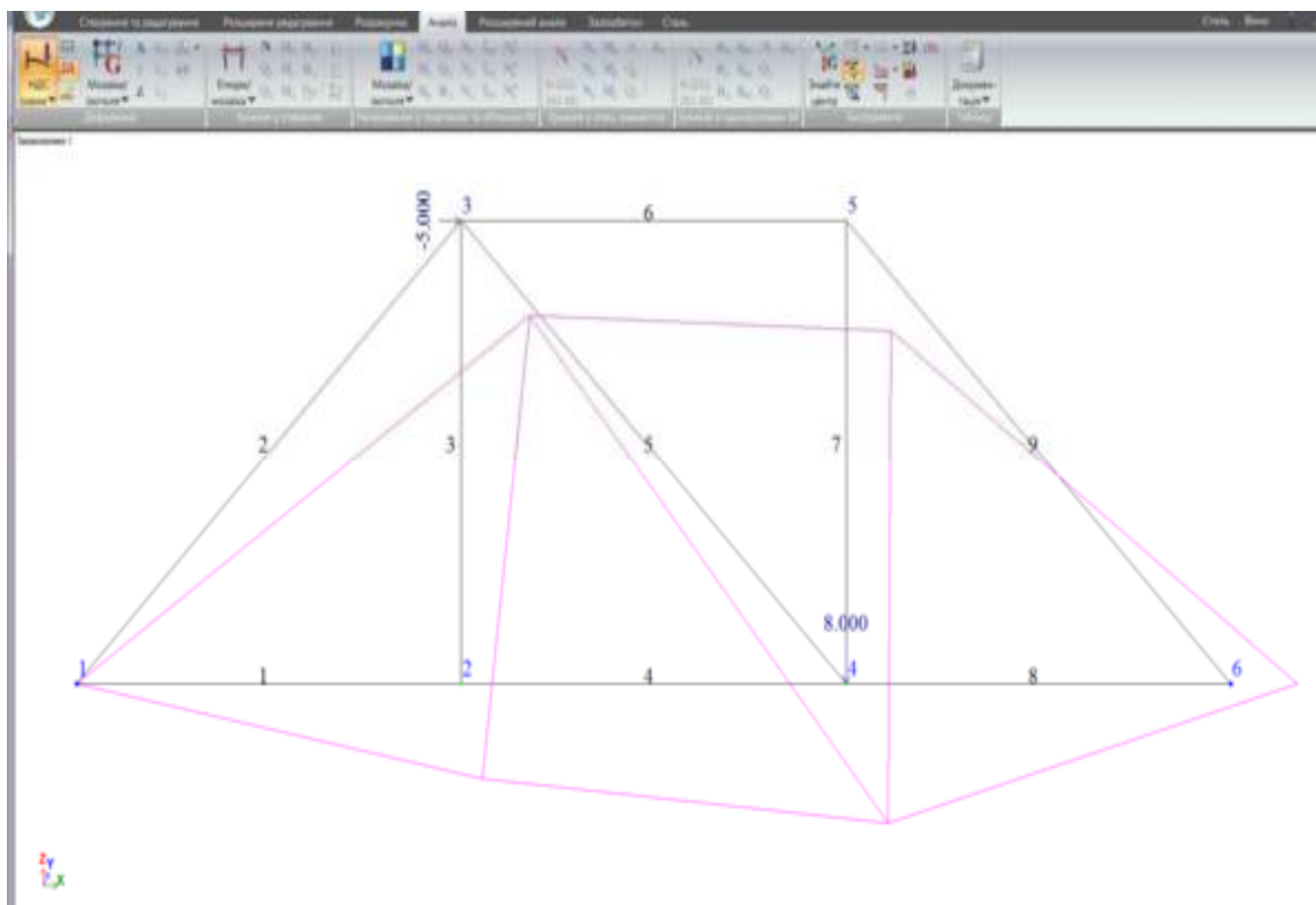





Рис. 30. Результати

У режимі перегляду результатів розрахунку за замовчуванням відображається деформована розрахункова схема. Для зняття відображення деформацій натисніть на **Вихідна схема**  .

На панелі інструментів обираємо установки параметрів відображення . В діалоговому вікні **Показати** перейдіть на четверту закладку **Значення**. Встановлюємо **Значення на епюрах, Показати епюри зі штриховкою** (рис. 31). Після цього натисніть на кнопку – **Перемалювати** .

Виведіть на екран епюри повздовжніх сил N (рис. 32).



Рис.31. Діалогове вікно «Показати. Значення»

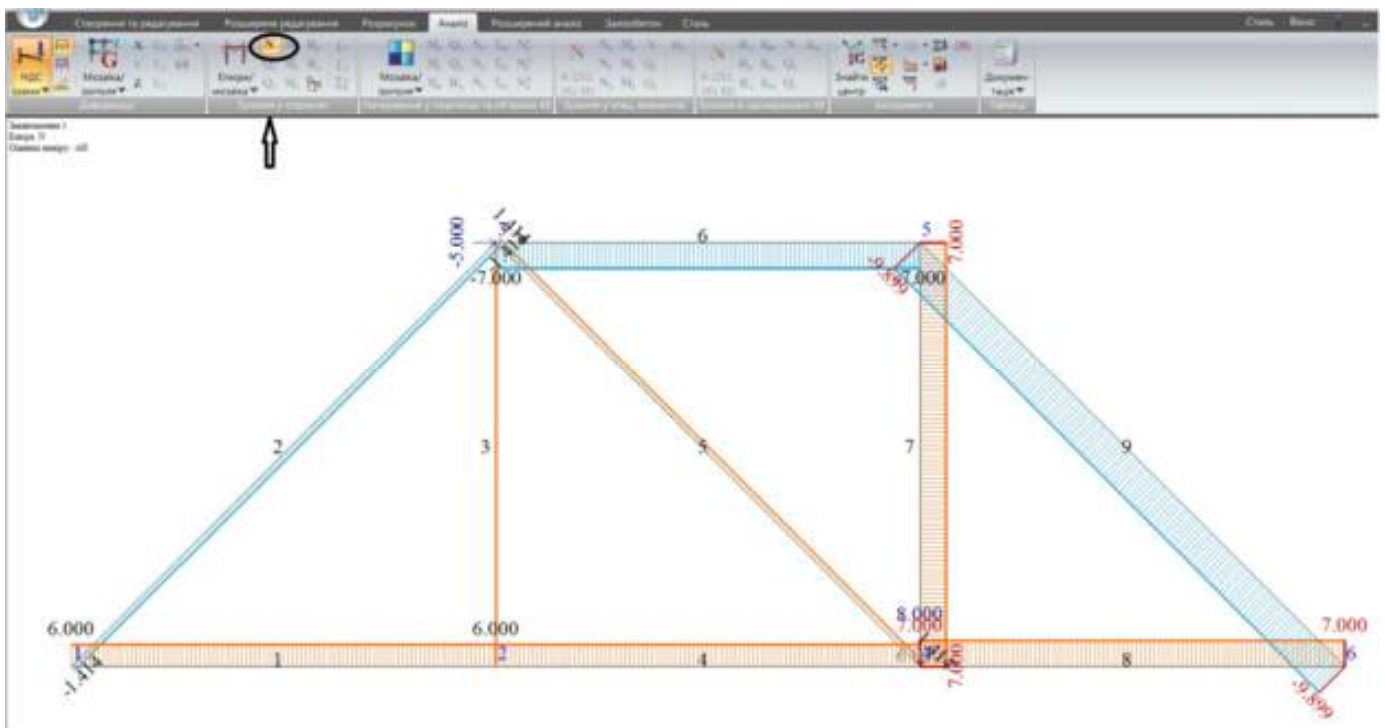


Рис.32. Результати. Епюра повздовжніх сил.

10. Звіт.

Формування таблиць результатів розрахунку.

Документація – Інтерактивні таблиці – Зусилля (стрижні) – Застосувати - Створення таблиці елементів – Для всіх елементів – Для всіх завантажень – Застосувати – Зусилля – Файл- У звіт – Файл - Зберегти (рис. 33)

Рис.33. Таблиця результатів

Відкривається нова таблиця «Зусилля в стержнях» (рис.34). Зберігаємо

iii.

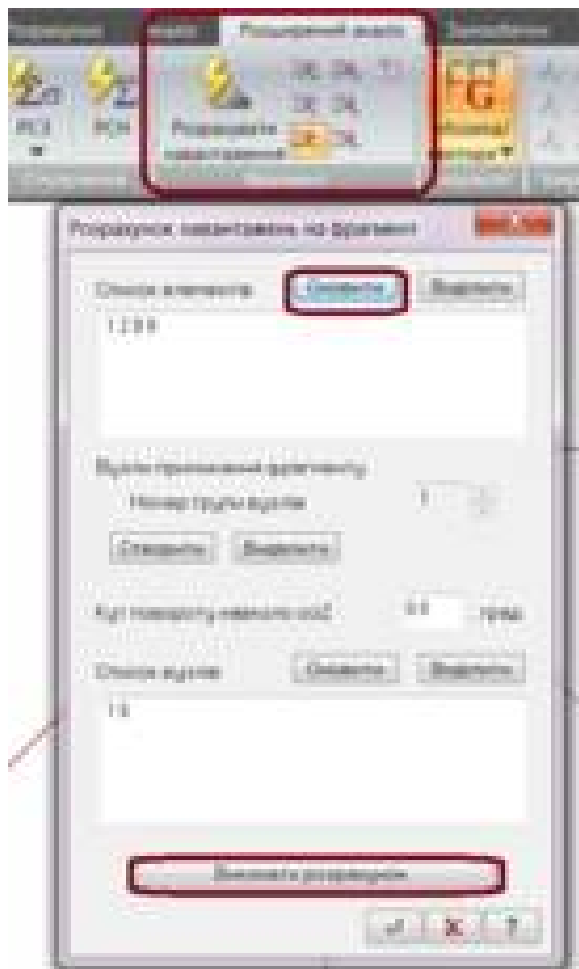


Рис.35. Діалогове вікно «Розрахунок навантажень на фрагмент»

Результат можна отримати мозаїкою навантажень на фрагмент (рис.36) або таблицею.

Для створення таблиці переходимо до вкладки **Аналіз**.

Аналіз – Документація – Стандартні таблиці – Навантаження на фрагмент – Застосувати (рис.37).

Відривається вікно результатів (рис. 38). Зберігаємо результати у файл.

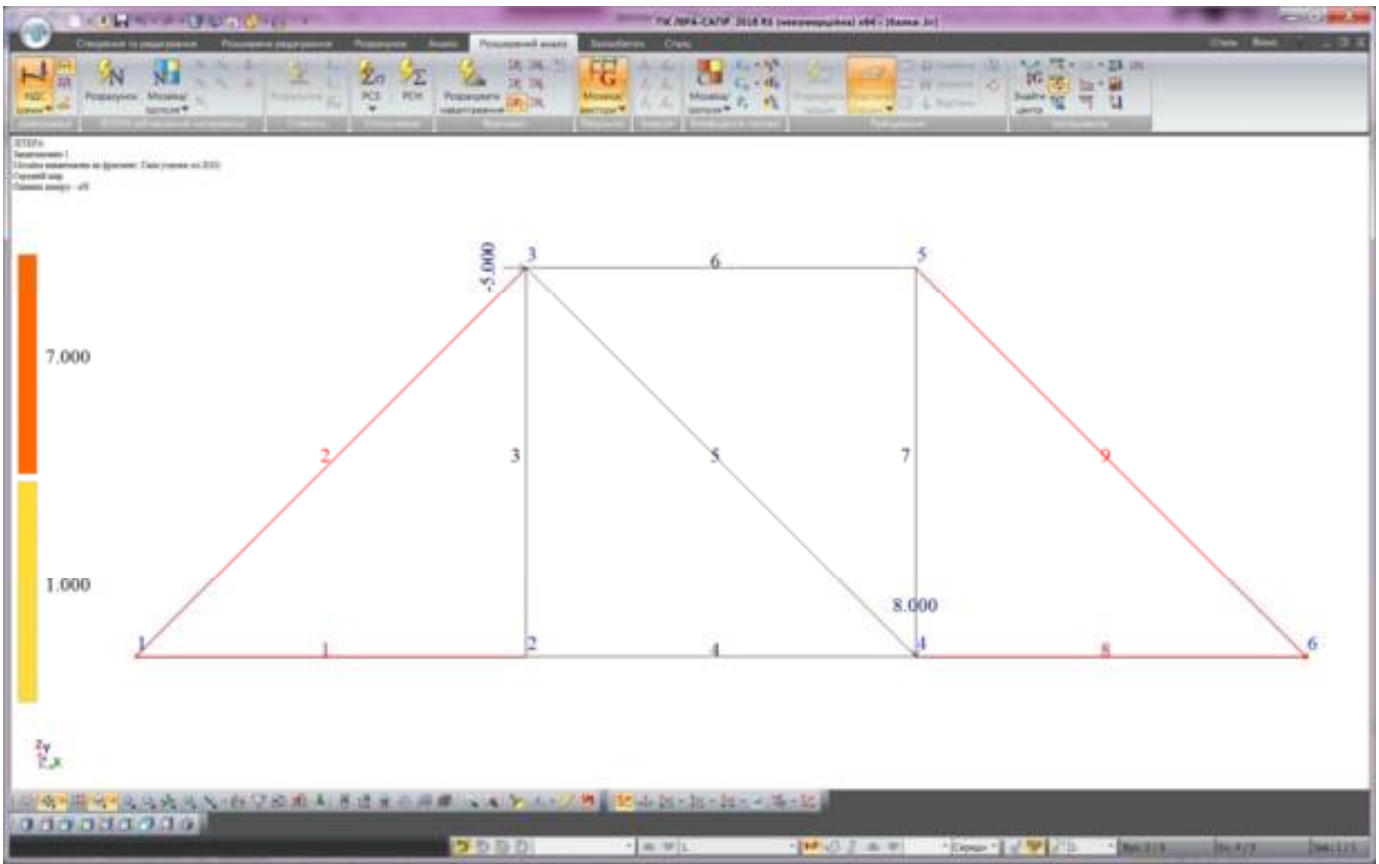


Рис.36. Мозаїка навантажень на фрагмент

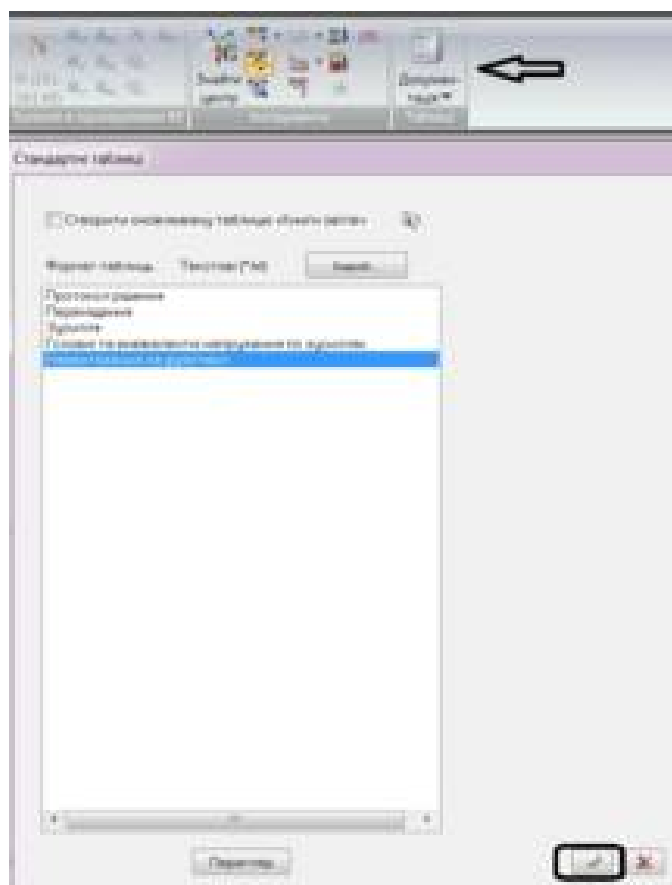


Рис.37. Діалогове вікно «Стандартні таблиці»

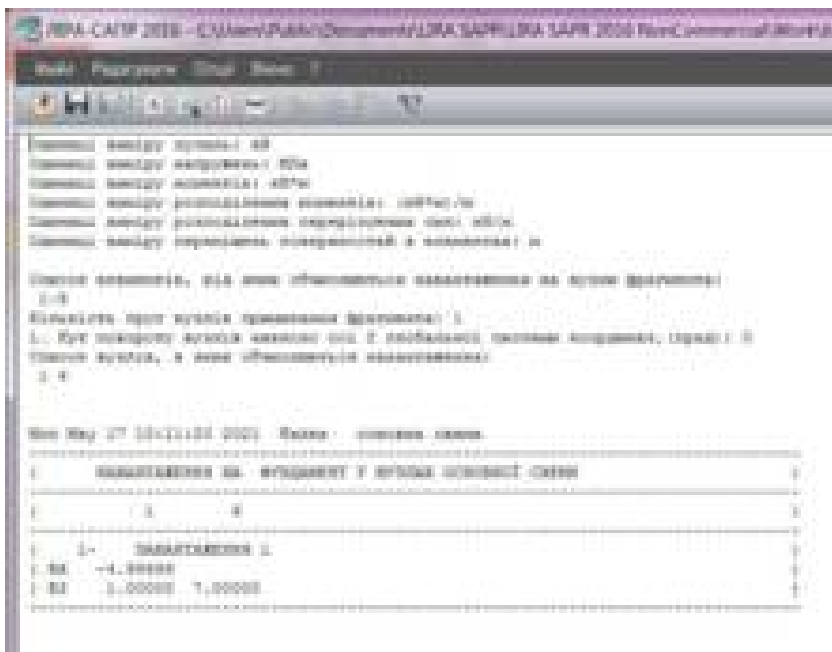


Рис. 38. Вікно результатів

Щоб зберегти графічне представлення результатів розрахунку натисніть кнопку **Копія вікна** на боковій панелі **Книга звітів** (рис.39)

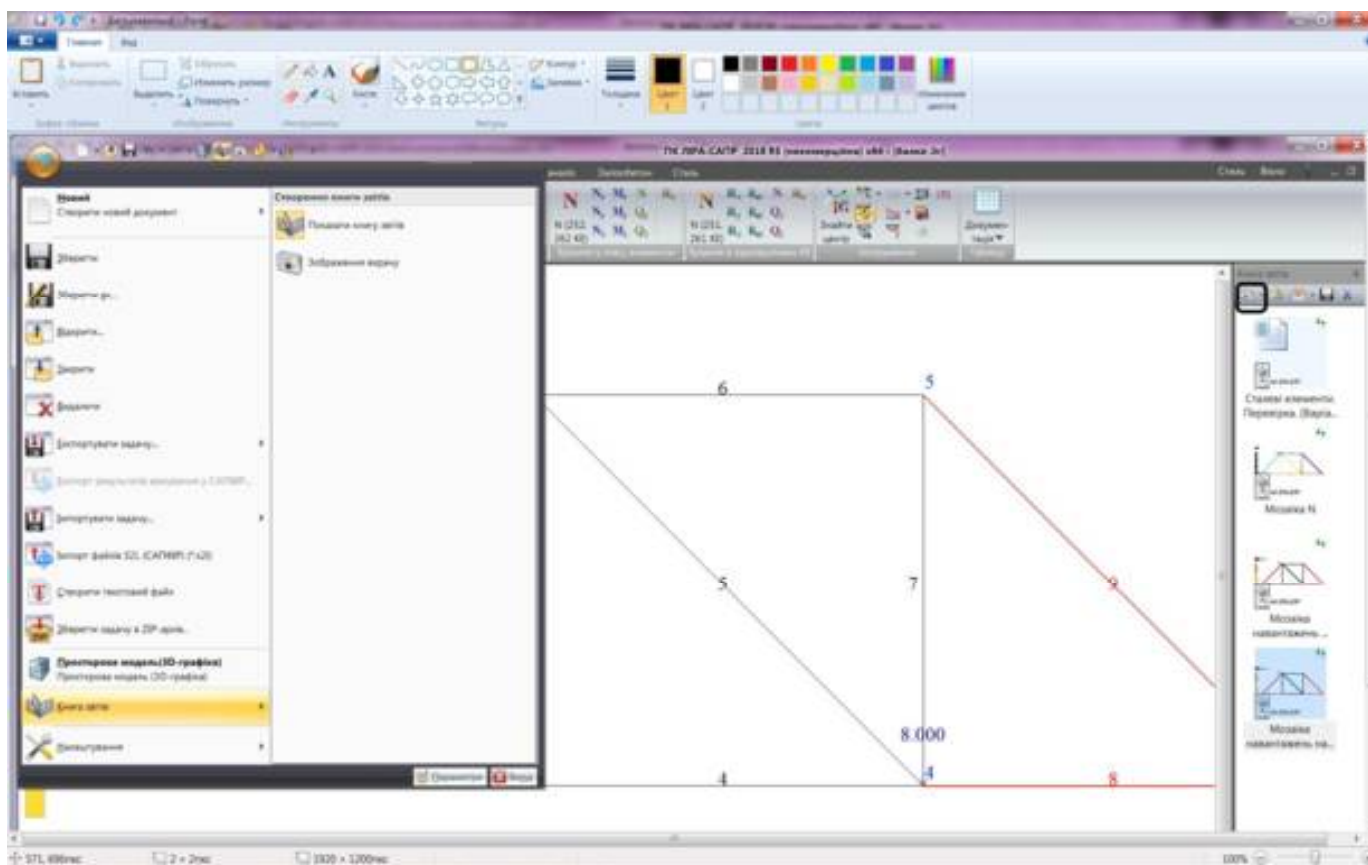


Рис. 39. Діалогове вікно «Книга звітів».

11. Контрольні запитання

1. Основні інструменти графічного інтерфейсу ПК ЛІРА-САПР та їх призначення.
2. Порядок створення розрахункової схеми.
3. Побудова геометрії розрахункової схеми. Глобальні та локальні системи координат.
4. Задавання параметрів жорсткості елементів схеми.
5. Задавання навантаження на елементи розрахункової схеми, види можливого навантаження.
6. Візуалізація результатів розрахунку схеми.

Рекомендована література

1. Городецкий, А.С. Компьютерные модели конструкций [Текст] / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: Факт, 2007. – 394 с.
2. Верюжский, Ю.В. Компьютерные технологии проектирование железобетонных конструкций [Текст] / Ю.В. Верюжский, В.И. Колчунов, М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерский. - К.: Национальный авиационный университет, 2006. – 808 с.
3. Барабаш, М.С. Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций [Текст] / М.С. Барабаш, М.В. Лазнюк, М.Л. Мартынова, Н.И. Пресняков. - М.: Из-во Ассоциации строительных вузов, 2008. – 328 с.
4. Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. - К.: Из-во "Сталь", 2002. – 600 с.
5. Программный комплекс ЛИРА-САПР 2013: Учебное пособие [Текст] / Д.А. Городецкий, М.С. Барабаш, Р.Ю. Водопьянов, В.П. Титок, А.Е. Артамонова / Под ред. академика РААСН Городецкого А.С. – К.–М.: Электронное издание, 2013. – 376 с.
6. Водопьянов, Р.Ю. Программный комплекс ЛИРА-САПР 2015: Руководство пользователя. Обучающие примеры [Текст] / Р.Ю. Водопьянов, В.П. Титок, А.Е. Артамонова / Под ред. академика РААСН Городецкого А.С. – М.: Электронное издание, 2015. – 460 с.

РОЗРАХУНОК ФЕРМИ В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ЛІРА-САІР

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
з дисциплін "Опір матеріалів", "Будівельна механіка
та розрахунки конструкцій на міцність"

Укладачі:

**СВІРГУН Ольга Анатоліївна,
КАЛІНІН Євген Іванович,
СВІРГУН Володимир Петрович**

Формат 60×84 1/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір для цифрового друку. Друк принтерний.
Умов. друк. арк. 1,35
Наклад 100 примірників.