

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

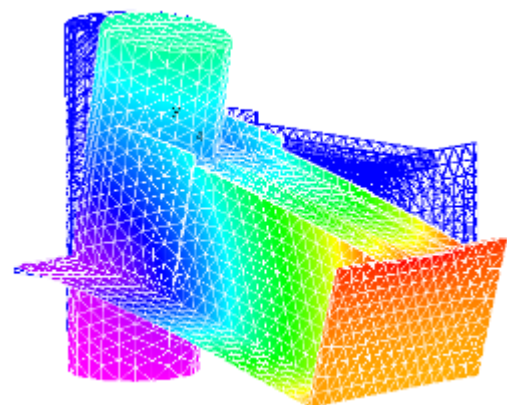
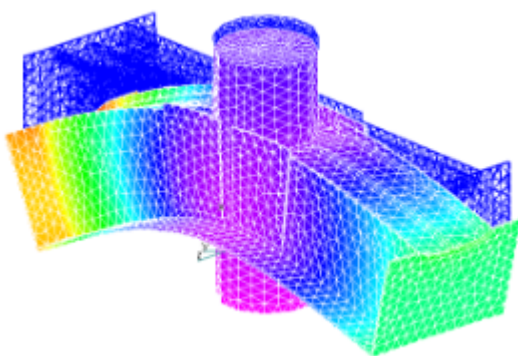
**“Розрахунок зусиль в елементах рами
в ПК “ЛІРА-САПР”**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних занять з дисципліни

**" Комп'ютерні технології проектування
будівельних об'єктів "**

**для магістрів спеціальності
192 Будівництво та цивільна інженерія**



Кропивницький 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

**“Розрахунок зусиль в елементах рами
в ПК “ЛІРА-САПР”**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних занять з дисципліни

**" Комп'ютерні технології проєктування
будівельних об'єктів "**

**для магістрів спеціальності
192 Будівництво та цивільна інженерія**

Затверджено

**на засіданні кафедри будівельних,
дорожніх машин і будівництва.
Протокол № 1 від 25.08.2023 р.**

Кропивницький 2023

“Розрахунок зусиль в елементах рами в ПК “ЛІРА-САПР”. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни "Комп'ютерні технології проектування будівельних об'єктів" для магістрів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» / Укл.: Г.Д. Портнов, В.В. Яцун, В.В. Дарієнко – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 41 с.

Представлена покрокова інструкція статичного розрахунку зусиль в елементах статично визначеної плоскої рами за допомогою ПК “ЛІРА-САПР”.

Вступ

Існуючі програмні комплекси (ПК), такі як ЛІРА-САПР, SCAD, COSMOS, ANSYS, NASTRAN надають широкий вибір засобів для розрахунку будівельних конструкцій. Опанування однією програмою дозволяє відносно легко працювати з іншою.

За допомогою ПК студенти можуть розраховувати конструкції, діючи за інструкціями до цих ПК. Але до набуття відповідних навичок багато часу втрачається на пошук відповідної кнопки, повернення до вікна головного меню з поточного вікна та таке інше. Це знижує мотивованість використання ПК в учбовому процесі.

Запропоновані методичні вказівки є покроковою інструкцією статичного розрахунку зусиль в стержнях статично визначеної плоскої рами за допомогою ПК “ЛІРА-САПР”. Автори сподіваються, що виконання запропонованого розрахунку за наведеним прикладом допоможе здобувачеві повірити у власні сили і доцільність використання ПК при розрахунку аналогічних конструкцій.

В даний час однією з доступних для застосування в учбовому процесі ЦНТУ при вирішенні задач будівельної механіки є академічна версія проектно-обчислювального комплексу “ЛІРА-САПР”, що розробляється на Україні.

В процесі навчання здобувачі самостійно виконують розрахункові роботи.

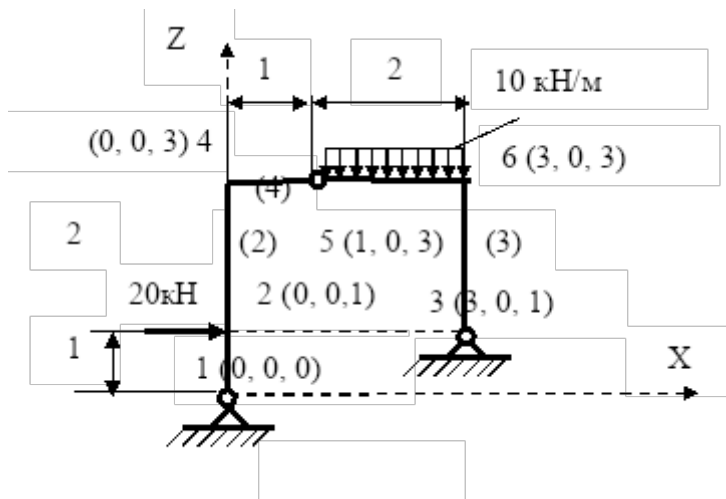
Для розуміння закономірностей розподілу зусиль в заданих стрижньових системах розрахунки виконуються вручну з використанням відповідних раціональних прийомів застосування рівнянь рівноваги.

Для поступового засвоєння ПК доцільно рішення цих же задач виконати не тільки вручну, але і на ПК.

1. Постановка задачі та аналіз розрахункової схеми

Розрахункову схему рами наведено на рисунку. Матеріал - сталевий двотавр №20Б1.

Потрібно побудувати на ПК за допомогою ПК "ЛІРА-САПР" епюри внутрішніх зусиль у стрижнях рами.




Власну вагу конструкції не враховувати.

Задана рама є статично визначеною системою.

1.1. Запуск програми и подготовка к созданию расчетной схемы

Інтерфейс ПК "ЛІРА-САПР" стандартний для Windows-додатків. Угорі вікна розташовується головне меню у вигляді текстових панелей інструментів. Під ними - їх копіювальні панелі з ярликами для швидкого звернення до потрібної функції. строгого звернення до необхідної функції.

Домовимося: знак  означає "клацання лівою клавiшею мишки по віртуальній кнопці".

1.1.1 Запуск ПК “ЛІРА-САПР”



1.1.2 Налаштування інтерфейсу.


- **Стиль** встановлюємо галочки для **"Стрічка"**, **"Меню"**.

1.1.3 Створення нового проєкту для виконання розрахунку заданої стрижневої системи та його найменування. стрижневої системи та його найменування.

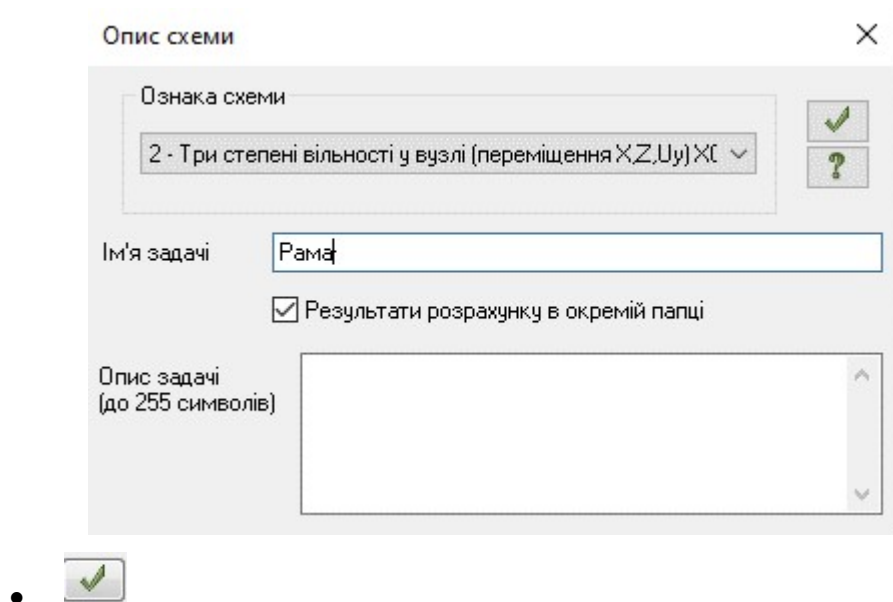
"Файл", "Новий"

1.1.4 Задання імені файлу в директорії, у якому буде зберігатися вся інформація за введеними вихідними даними.

Вибір ознаки розрахункової схеми № 2 (Ознака 2 - схеми, що розташовуються в площині XOZ; кожен вузол має 3 ступені свободи - лінійні переміщення вздовж осей X, Z або X2, Z2 і поворот навколо осі Y або Y2. У цій ознаці схеми розраховуємо плоскі рами (балки).

Ознаку схеми можна змінити в будь-який момент створення і редагування моделі за допомогою піктограми  або команди меню Схема ➤ Ознака схеми.

Ім'я завдання (файлу): Рама.

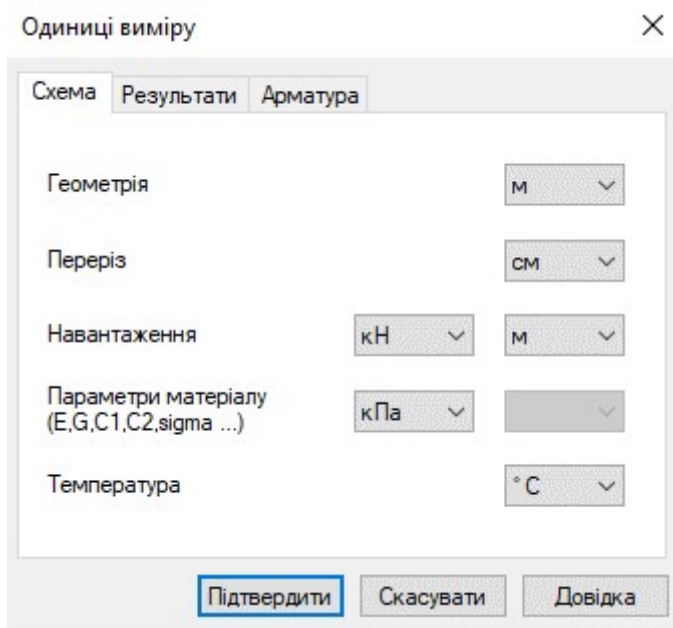


1.1.5 Завдання одиниць вимірювання

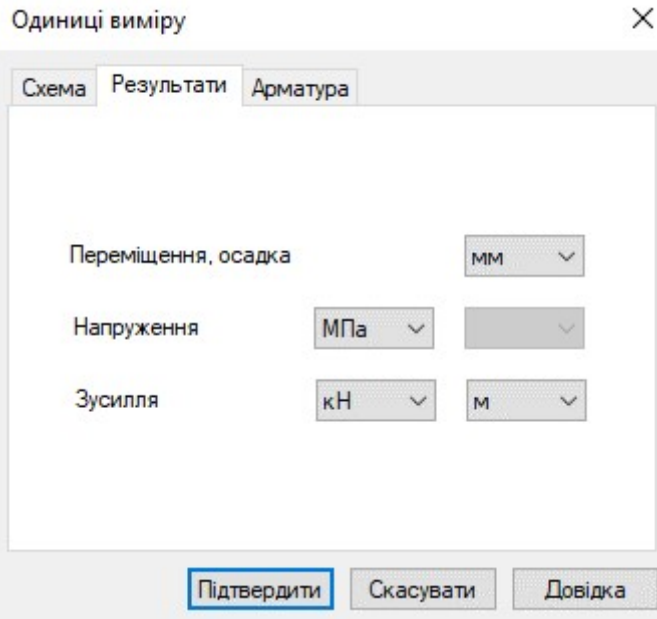
Виконайте команди меню

- **Опції** ➤ **Одиниці виміру**. У діалоговому вікні "Одиниці виміру" встановіть розмірності, що відповідають системі СІ.

Закладка "Схема": геометрія - м, перерізи - см, навантаження - кН, параметри матеріалу - кН і м:



Закладка "Результати": переміщення - м, перерізи - см, зусилля - кН і м, напруження - МПа.

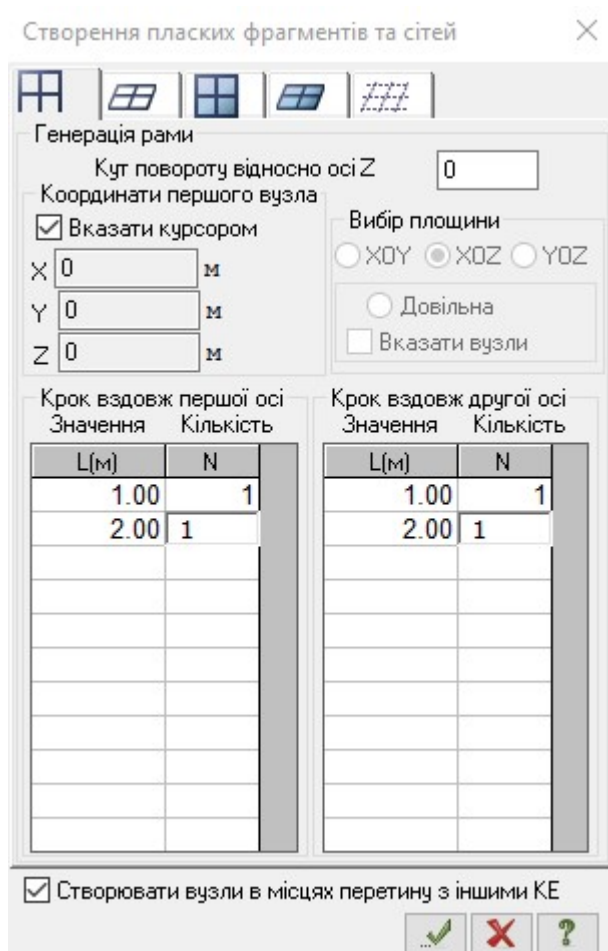


Підтвердіть вибір нових розмірностей, клацнувши по кнопці "Підтвердити"

2. Створення розрахункової схеми

2.1 Генерація схеми

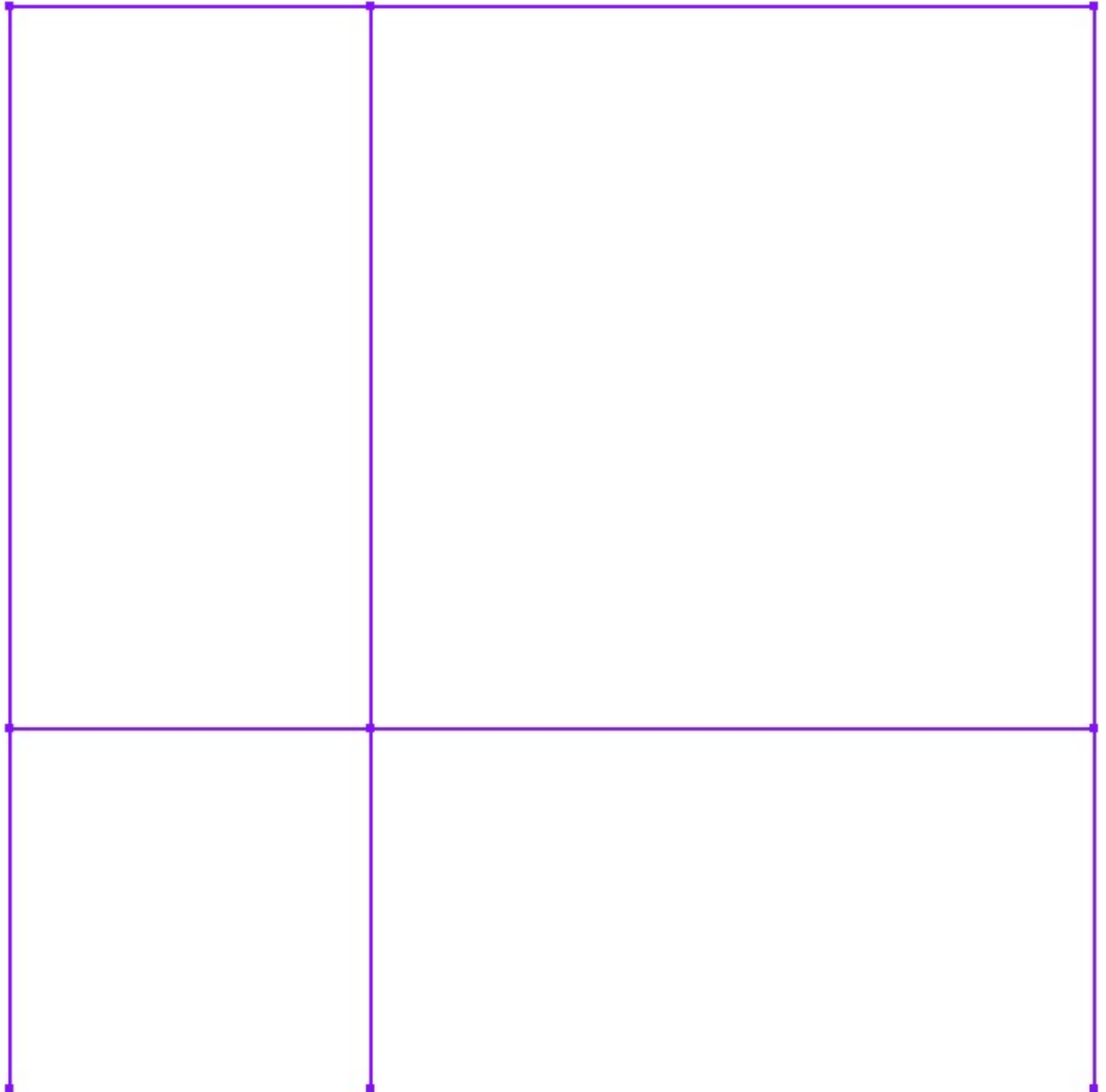
-



- Заповнити вікна.



Отримуємо геометричну схему рами

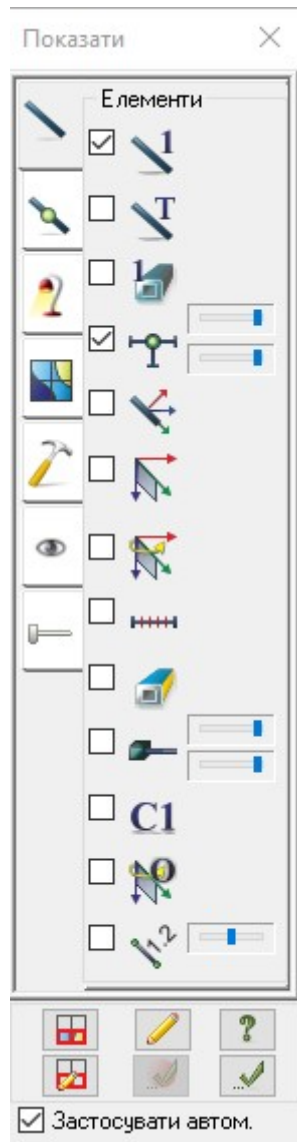


2.2 Виведення на екран номерів елементів і вузлів

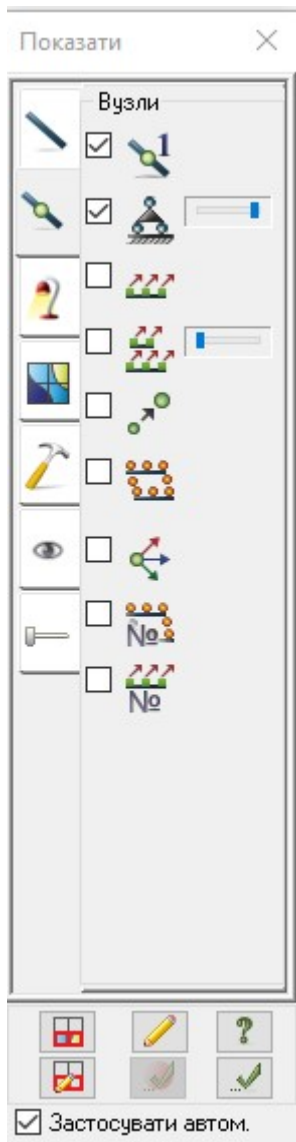
- 1 Клацанням на кнопку "**Параметри відображення**" відкрийте діалогове вікно "**Показати**". Активізуйте закладку "**Елементи**". Після цього виберіть команди "**Номери елементів**":



Поставити «галочки»:

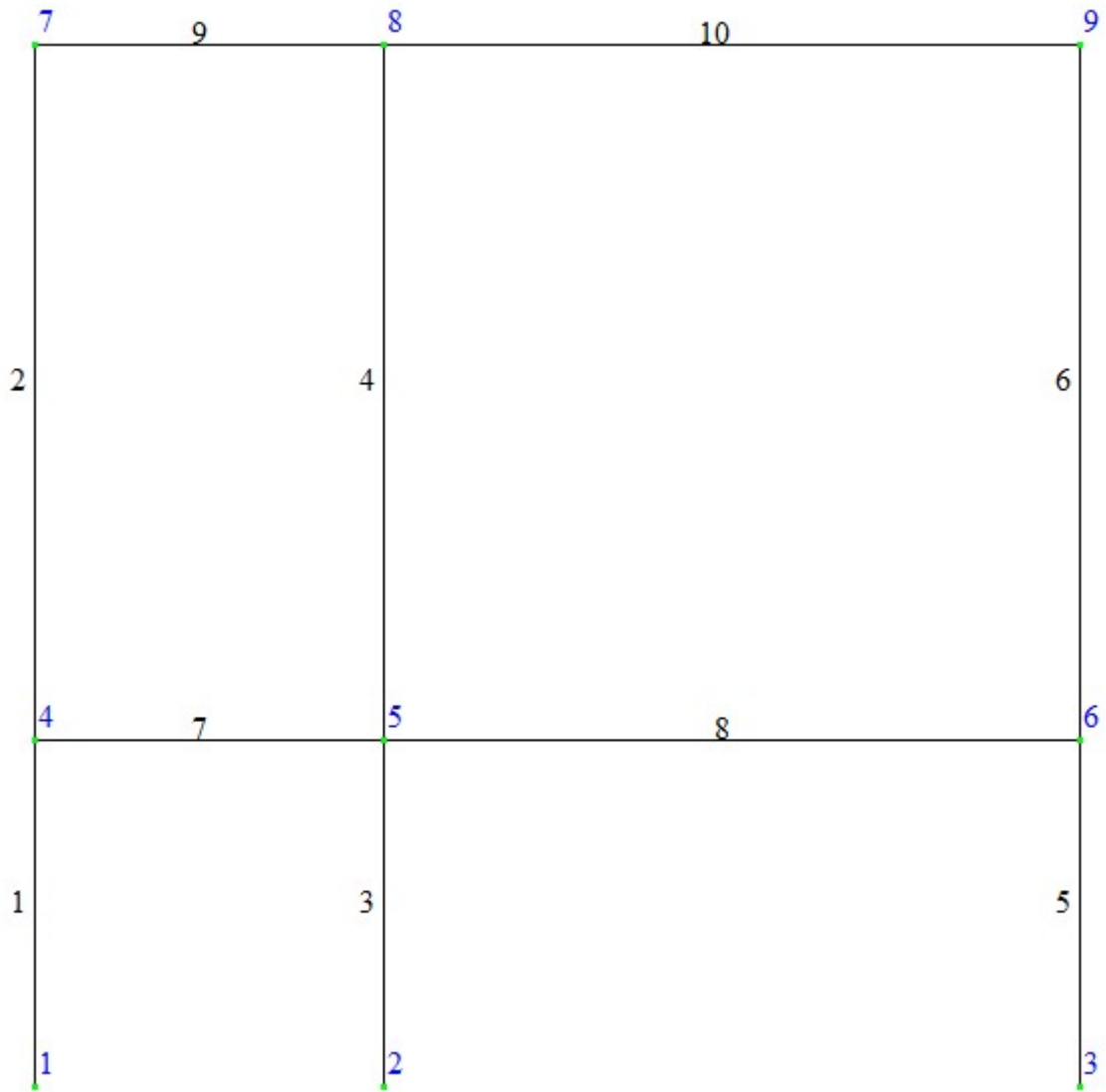


- 2 Активізуйте закладку "Вузли". Після цього виберіть команди "Номери вузлів", "В'язі":



-



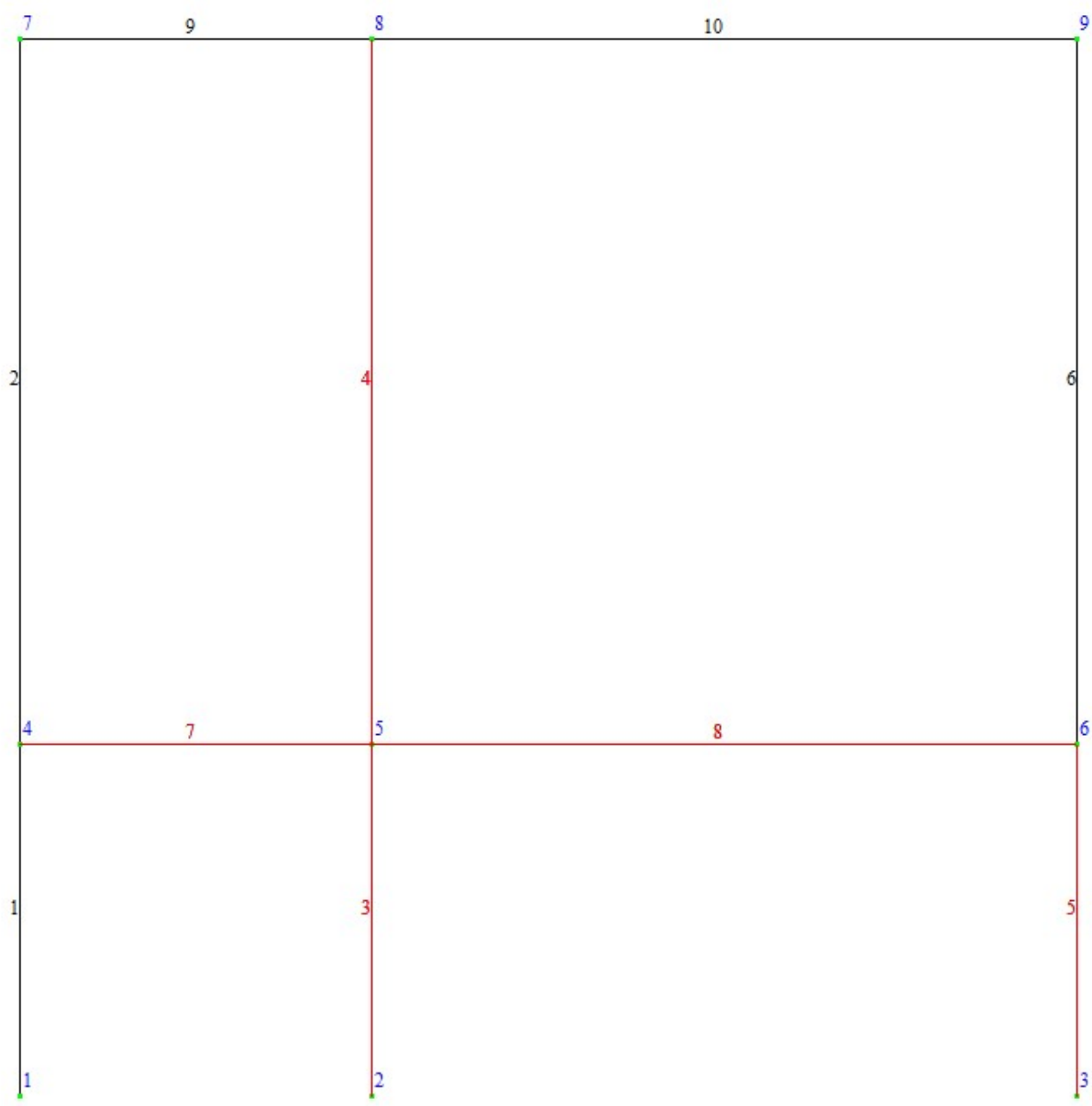


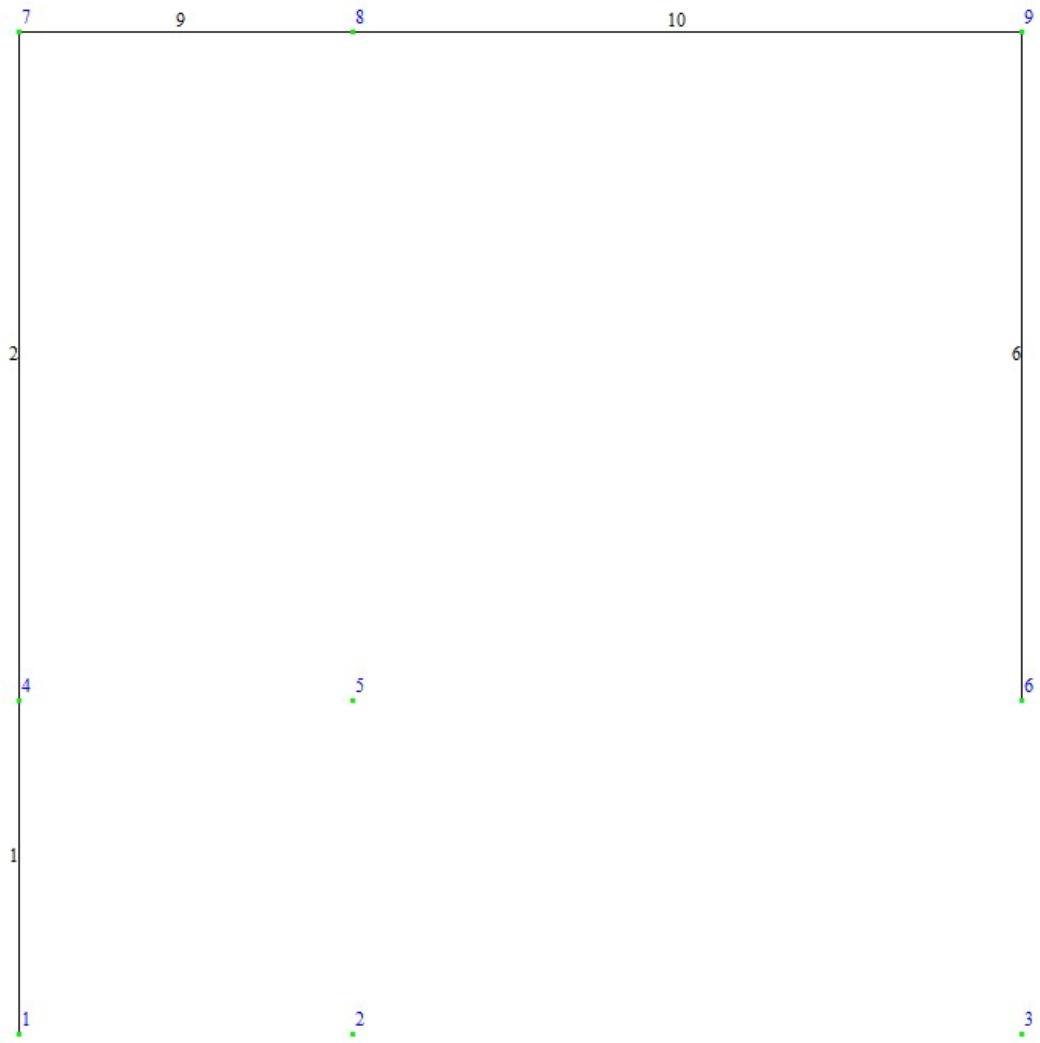
Як видно, в отриманій розрахунковій схемі порівняно з попередньо наміченою схемою є відмінність: у ній зайвими є 5 стрижнів (3, 4, 7, 8 і 5).

3. Видалення зайвих стрижнів

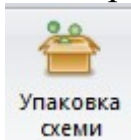


Підводячи курсор до потрібного стрижня, виділяємо його клацанням лівої клавіші миші:






4. Упорядкування нумерації:





Зшивання

 Виконати зшивання  м Точність зшивання

- Не зшивати елементи з різними типами жорсткості
- Не зшивати вузли з об'єднанням переміщень
- Не зшивати вузли жорстких тіл

- Тільки для фрагменту
- Крім виділених вузлів та елементів

- Не видаляти елементи з некоректною геометрією
- Видаляти елементи з некоректною геометрією
- За можливість виправляти

Елементи з некоректною геометрією



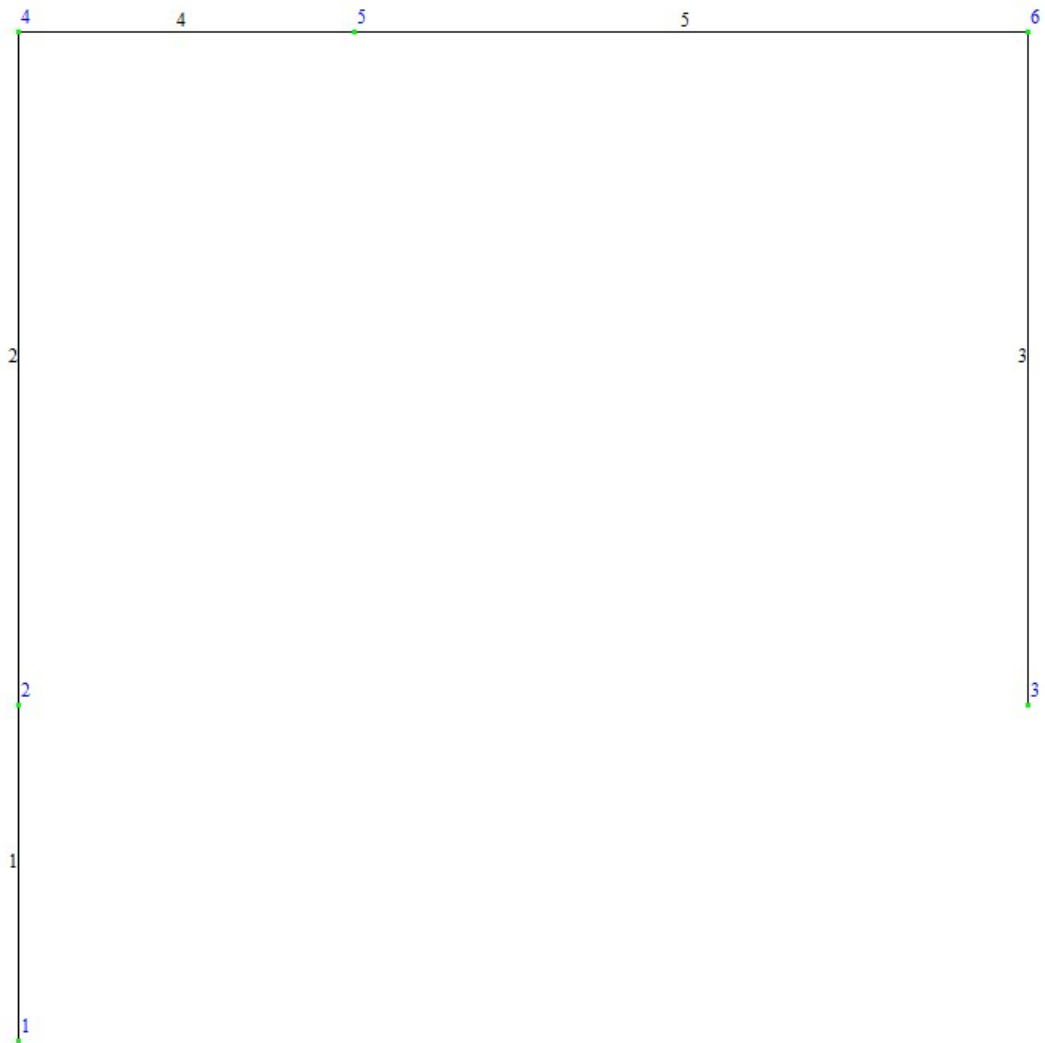
Виключити з розрахункової схеми

 'Висячі' вузли Крім виділених

- Видалені вузли та елементи
- Невикористовувані жорсткості
- Невикористовувані матеріали
- Невикористовувані групи об'єднання

Модульність координат вузлів

 Привести координати вузлів до модуля м Величина модуля Виконувати автозбереження перед початком упаковки



2.3 Збереження даних



За допомогою вікна "**Зберегти як**", що відкрилося, знайдіть Вашу робочу папку і збережіть файл у цю папку.

3. Завдання граничних умов

3.1 Виділення вузлів № 1, №3 (опорних);

Активізуйте режим позначки вузлів:

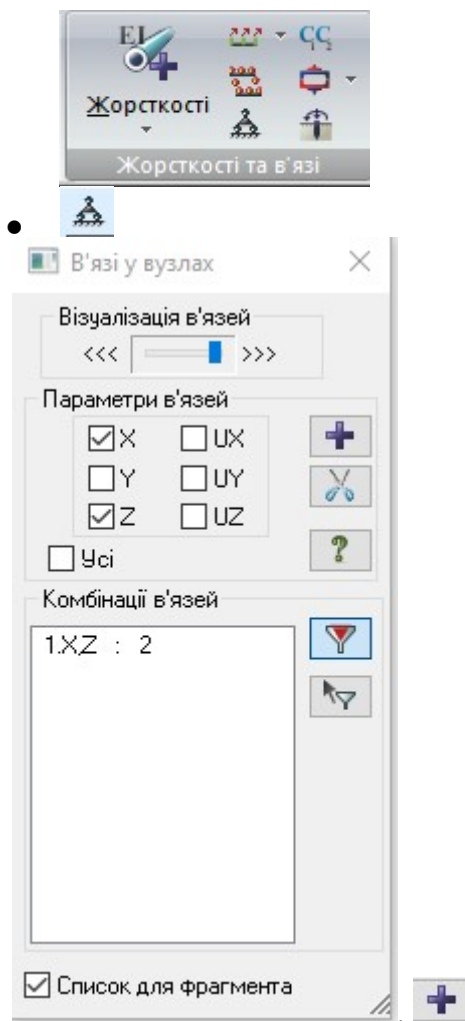


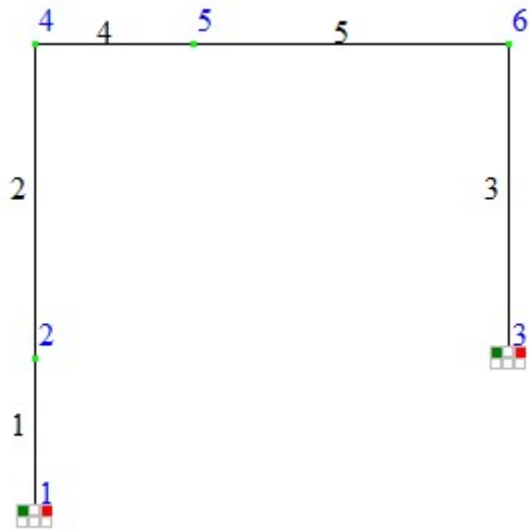
Виділіть вузли № 1, №3, клацнувши по них лівою кнопкою миші. Вузли забарвляться в червоний колір:



3.2 Завдання граничних умов у вузлі № 1, №3

У діалоговому вікні "Зв'язки у вузлах" активуйте закладку "Призначити зв'язки", позначте напрямки X і Z, за якими заборонено переміщення вузла, і натисніть кнопку **Застосувати**:





Виключення двох лінійних ступенів свободи

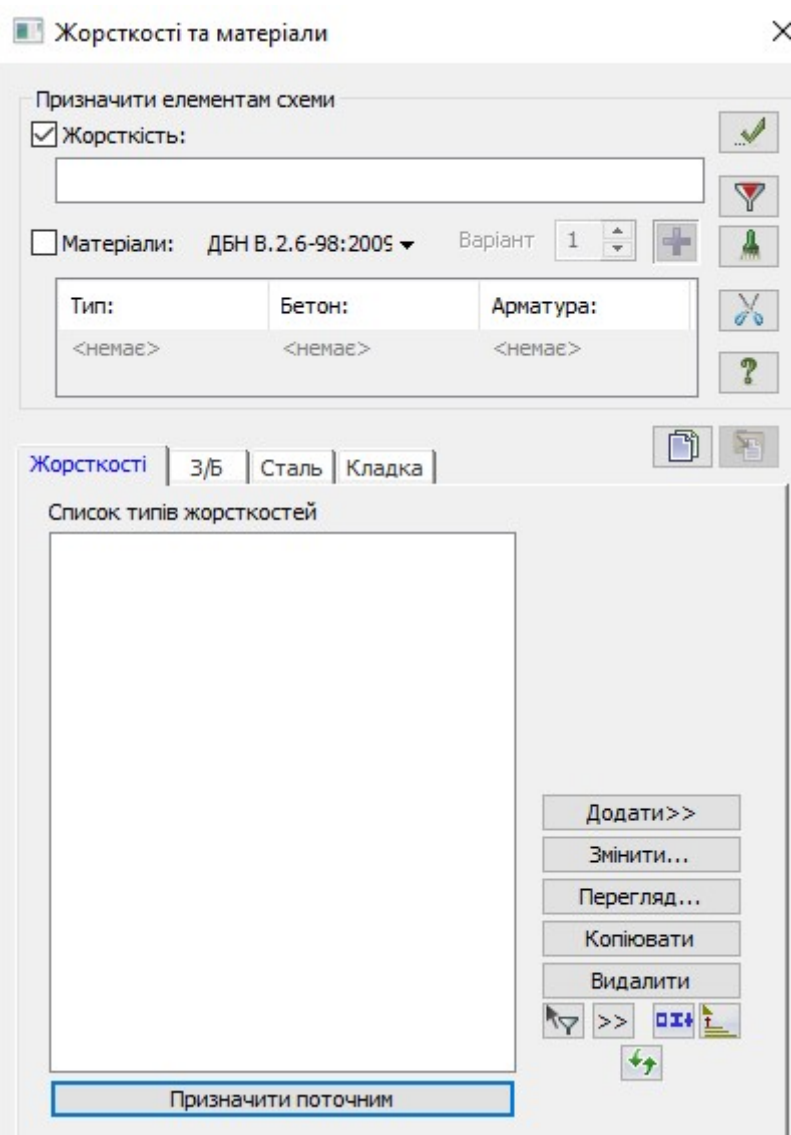
вузла моделює шарнірно-нерухому опору.

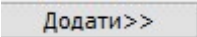
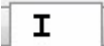


Закрийте вікно "Зв'язки у вузлах", клацнувши по кнопці .

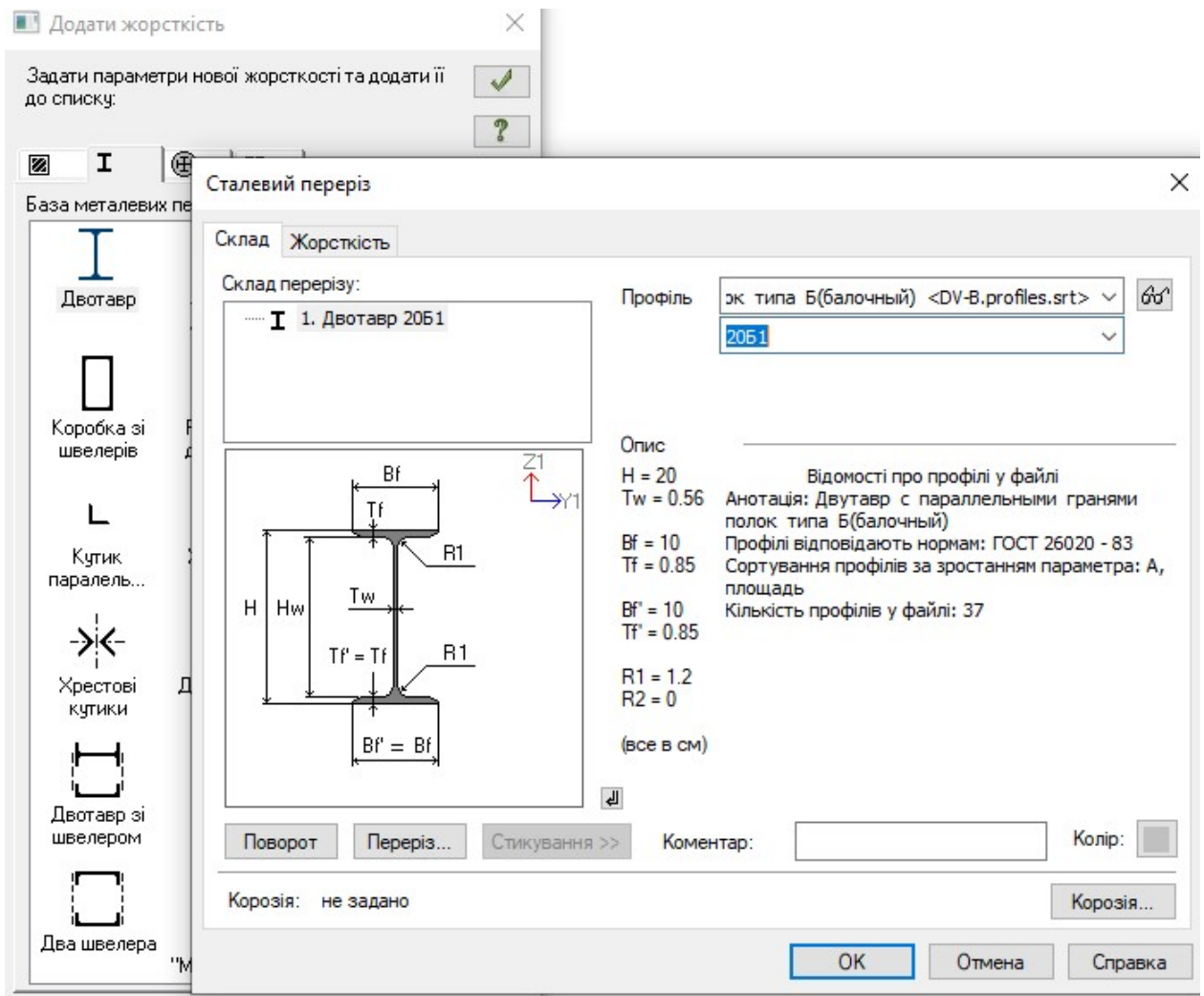
4. Призначення жорсткості елементів

Відкрийте діалогове вікно "Жорсткості елементів":





-
- 
- 
- 
Двугавр
-  заповнюємо вікна:

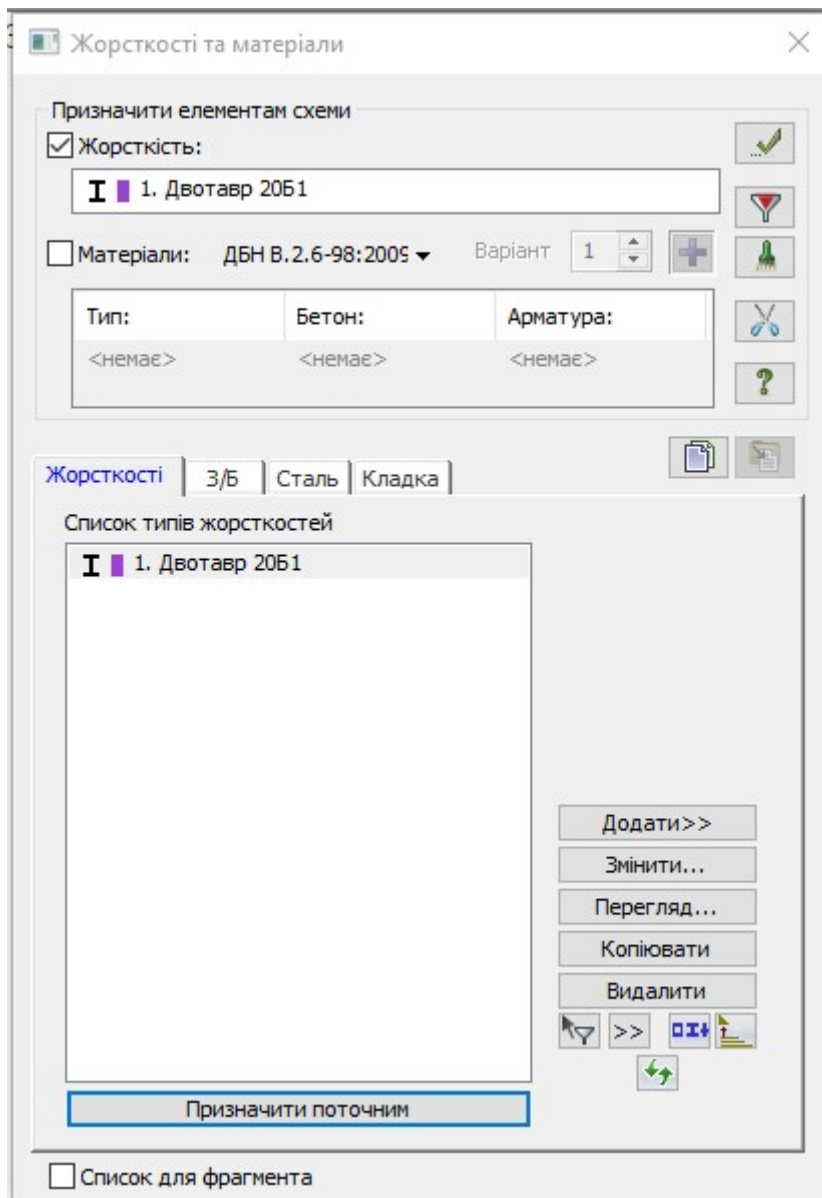


•

5. Призначення жорсткостей элементам

Виділіть жорсткість у вікні списку і клацніть по кнопці

«Призначити поточним»:

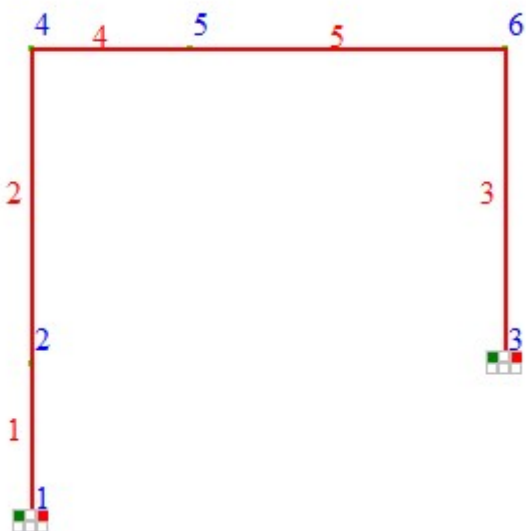


Активуйте режим позначки елементів:



Виділіть усі елементи рами, розтягнувши навколо схеми "гумове вікно" (інший варіант - одночасне натискання клавіш Ctrl + A).

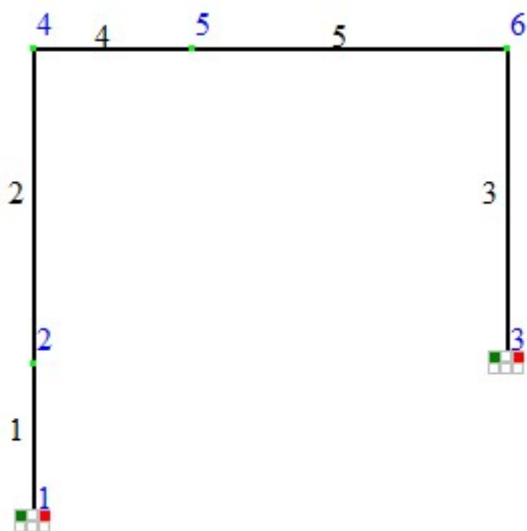
Виділені елементи забарвлюються в червоний колір:



У діалоговому вікні "Жорсткості і матеріали" клацніть по кнопці "Застосувати":



З елементів знімається виділення. Це свідчення того, що виділеним елементам присвоєно поточну жорсткість.

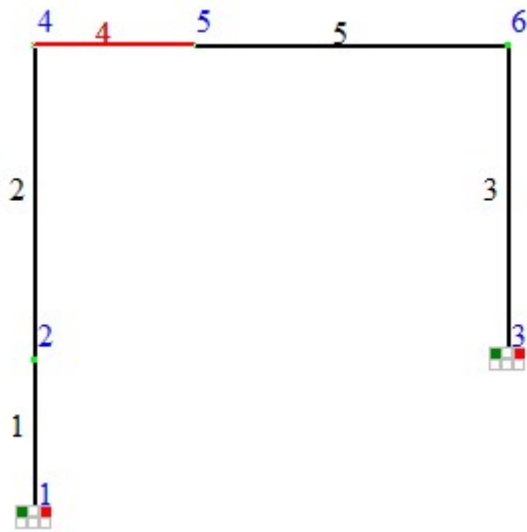


У діалоговому вікні "Жорсткості елементів" клацніть по кнопці «Закрити».

3. Встановлення шарнірів

Шарнір знаходиться у вузлі 5

Відзначаємо елемент 4, що розташований *ліворуч від виділеного вузла*:



Жорсткості



Шарніри, ставимо «галочку»: «UY», 2-й вузол

Шарніри

Призначити шарнір

1-й вузол		2-й вузол	
<input type="checkbox"/> X1	0. кН/м	<input type="checkbox"/> X1	0. кН/м
<input type="checkbox"/> Y1	0. кН/м	<input type="checkbox"/> Y1	0. кН/м
<input type="checkbox"/> Z1	0. кН/м	<input type="checkbox"/> Z1	0. кН/м
<input type="checkbox"/> UX	0. кН*м	<input type="checkbox"/> UX	0. кН*м
<input type="checkbox"/> UY	0. кН*м	<input checked="" type="checkbox"/> UY	0. кН*м
<input type="checkbox"/> UZ	0. кН*м	<input type="checkbox"/> UZ	0. кН*м
<input type="checkbox"/> Все		<input type="checkbox"/> Все	

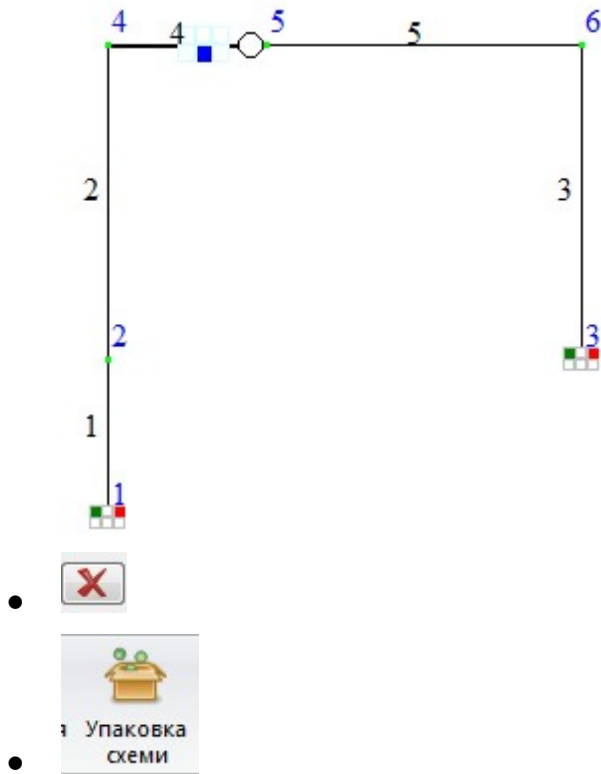
Візуалізація шарнірів

У.п. <<< [] >>>

Колір <<< [] >>>

...✓ X ?





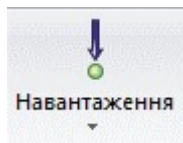
4. Завдання навантажень

7.1 Завдання вузлового навантаження

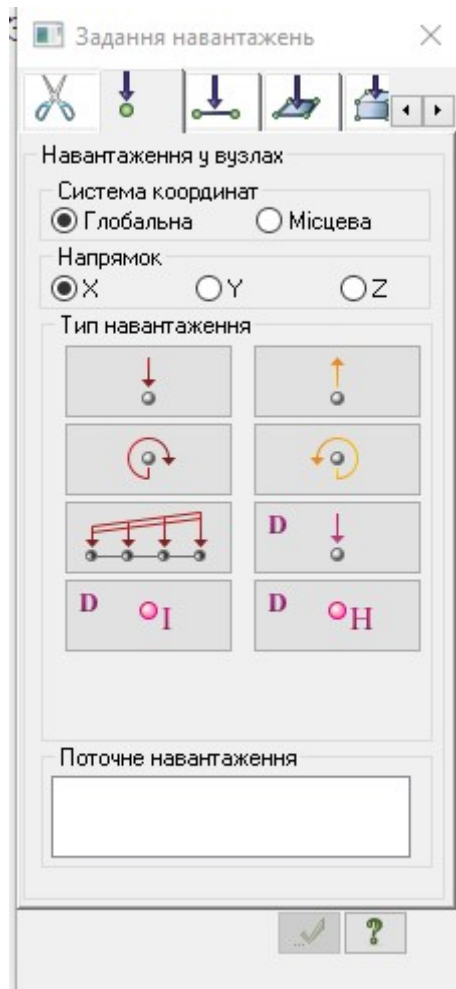
Активуйте режим позначки вузлів:



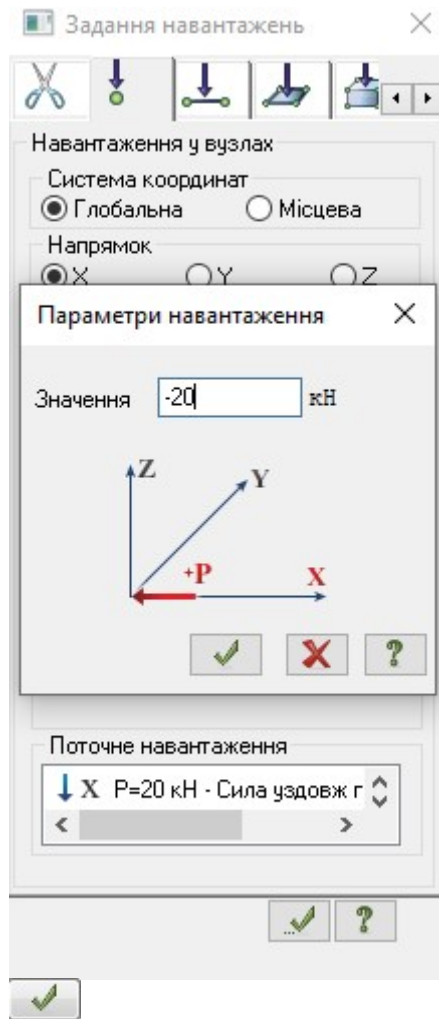
Виділіть вузол 2



Натисніть **Навантаження**, «Навантаження на вузли» в напрямку **X**:



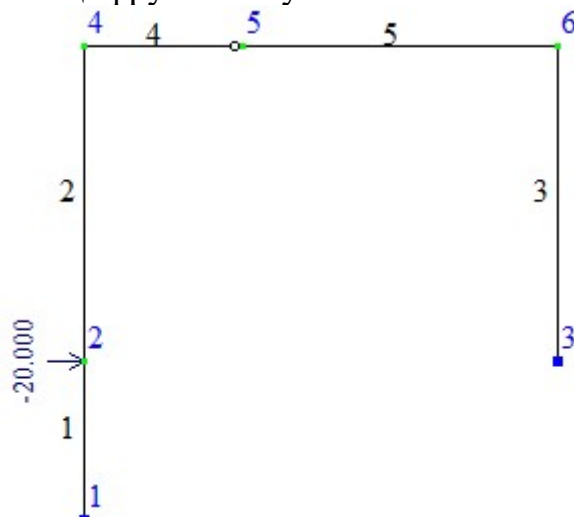
- Заповнюємо «-20»



- **За відповідних налаштуваннях Параметрів відображення**



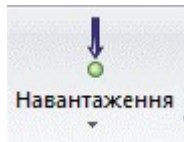
Отримаємо оцифрування зусиль:



7.2 Завдання розподіленого навантаження

Активізуйте режим позначки елементів:



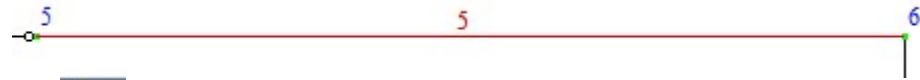


-

Виділіть елемент №5:



-



-



Задання навантажень

Навантаження на стержні

Система координат
 Глобальна Місцева

Напрямок
 X Y Z

Тип навантаження

Поточне навантаження

✓ ?

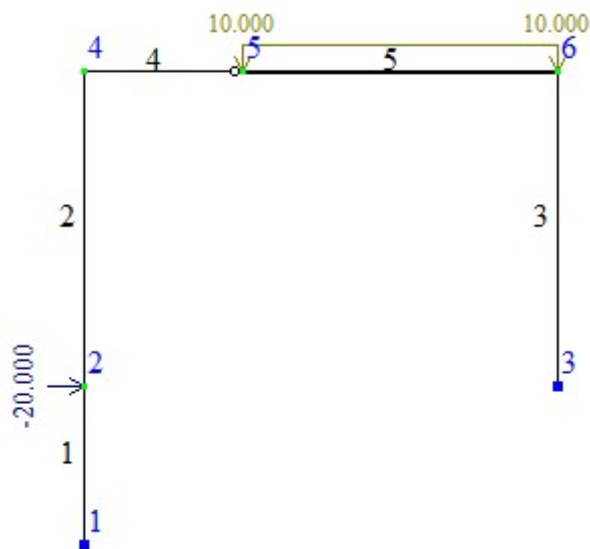
-



Заповнюємо :



Після виконання команд із завдання навантаження на робочому екрані відобразиться навантаження:

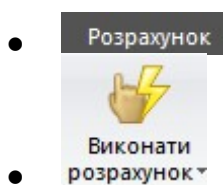


Закрийте діалогове вікно "Завдання навантажень".



8. Розрахунок

Запуск завдання на розрахунок:

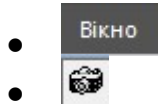


Якщо в процесі формування розрахункової моделі допущено помилки, наприкінці розрахунку з'явиться повідомлення **ЗАВДАННЯ НЕ ВИКОНАНО**.
У цьому разі необхідно закрити поточне вікно і виправити допущені помилки.

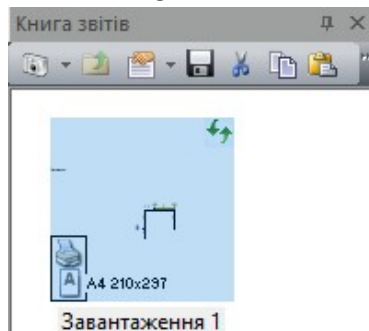
9. Виведення результатів розрахунку

9.1 Виведення графічного зображення розрахункової схеми балки

Введіть команди меню **Вікно** ► **Панель інструментів** ► **Книга звітів** ► **Копія вікна**

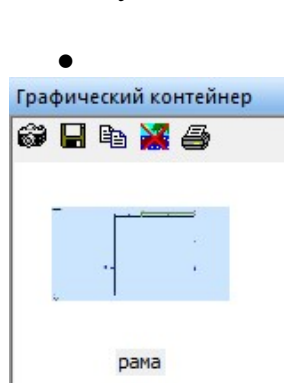


У вікні **Книги звітів** з'явиться рисунок розрахункової схеми



9.1.1 Перенесення зображення недеформованої розрахункової схеми в буфер обміну

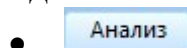
Зробіть зображення розрахункової схеми у вікні книги звітів активним, клацнувши по ньому лівою кнопкою миші. Далі клацніть по кнопці копіювати в цьому ж вікні:



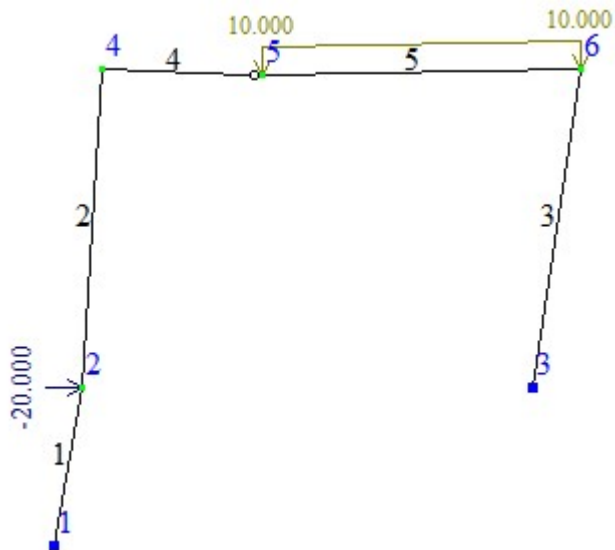
Зображення розрахункової схеми завантаження 1 перенесеться в буфер обміну, звідки його можна вставити в програму обробки результатів розрахунку

9.1.2 Перегляд та аналіз результатів статичного розрахунку

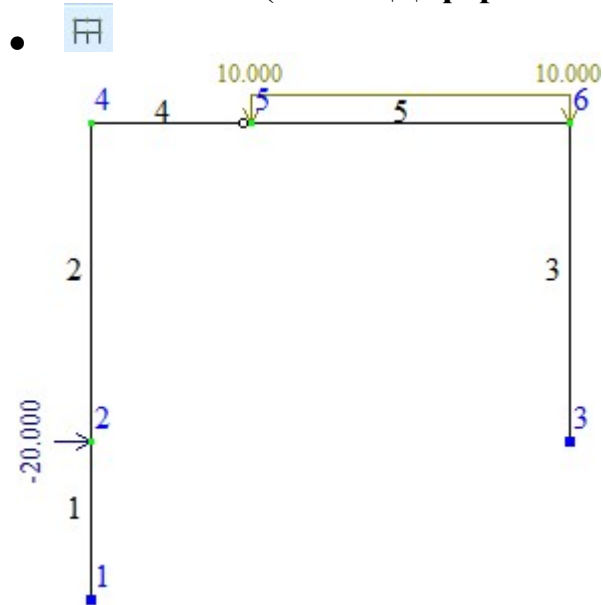
Після розрахунку задачі, перегляд та аналіз результатів статичного розрахунку здійснюється на вкладці **Аналіз**.



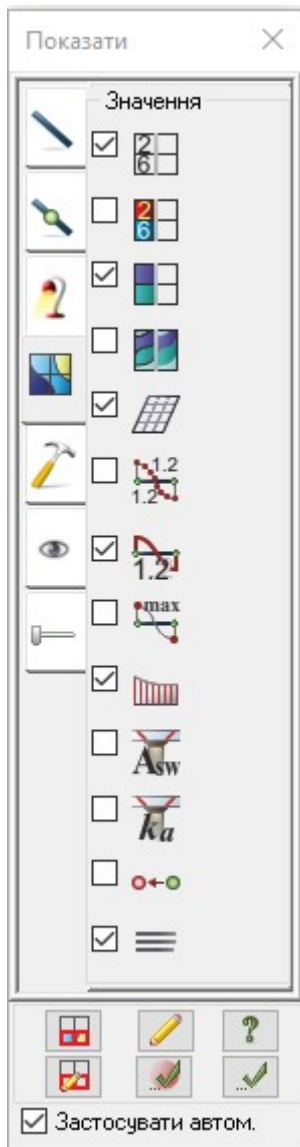
У режимі перегляду результатів розрахунку за замовчуванням розрахункова схема відображається з урахуванням переміщень вузлів.



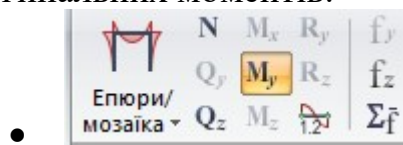
Для відображення схеми без урахування переміщень вузлів клацніть по кнопці - Початкова схема (панель Деформації на вкладці Аналіз).

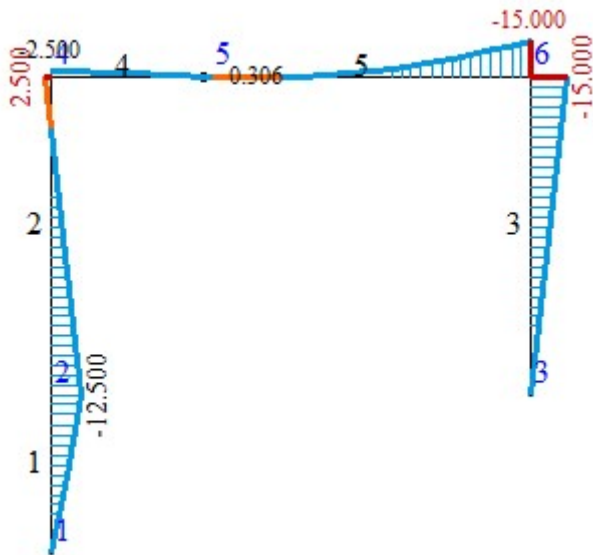


8.2 Виведення на екран епор внутрішніх зусиль

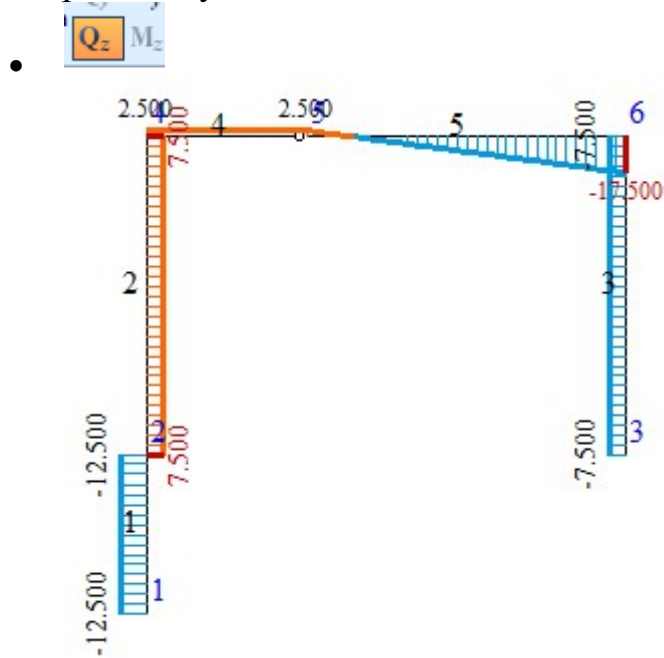


Для епюр згинальних моментів:

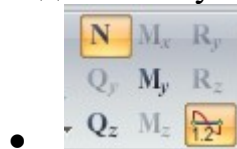


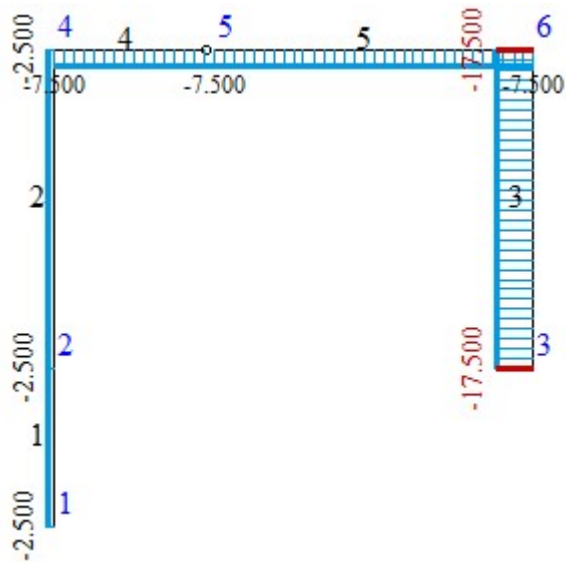


Для епюр поперечних зусиль:



Для епюр поздовжніх зусиль



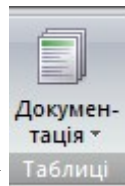


Для завантаження епюр у звіт виконати дії п. 9.1.

9.3 Формування результатів розрахунку в табличному вигляді

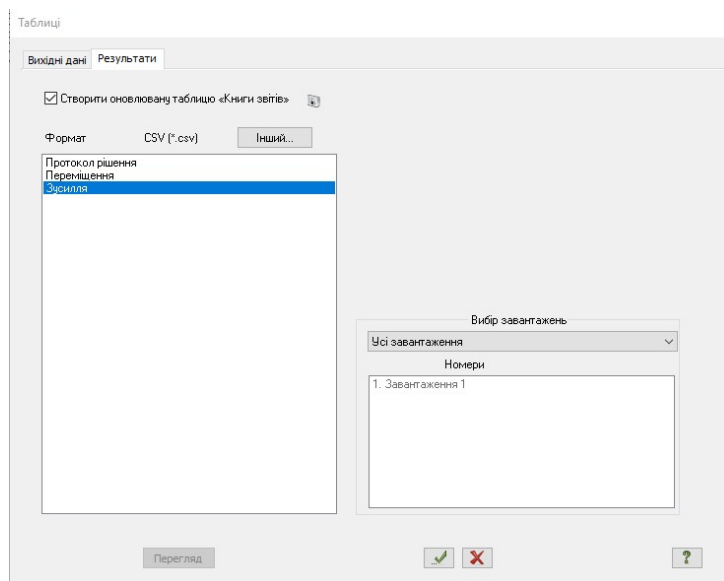
9.3.1 Виведення на екран таблиці зусиль для елементів рами

Для виведення на екран таблиці зі значеннями зусиль в елементах схеми,



виберіть команду **Таблиці** – **Стандартні таблиці** у випадаючому списку

Документація



ЗА...	Тип ЕЛЕМ	ЕЛЕМ	ПЕР	N, кН	MY, кН*м	QZ, кН
1 - ЗАВАНТАЖЕННЯ 1						
1	10	1	1	-2.50003	0	-12.4999
1	10	1	2	-2.50003	-12.4999	-12.4999
1	10	2	1	-2.50003	-12.4999	7.50000
1	10	2	2	-2.50003	2.50003	7.50000
1	10	3	1	-17.5000	0	-7.50000
1	10	3	2	-17.5000	-15.0000	-7.50000
1	10	4	1	-7.50000	-2.50003	2.50003
1	10	4	2	-7.50000	0	2.50003
1	10	5	1	-7.50000	0	2.50003
1	10	5	2	-7.50000	-15.0000	-17.5000

Зберігаємо таблицю у файл для подальшого використання в розрахунку

- 

9.3.2 Виведення на екран інформаційного вікна для елемента №3.

Клацніть спочатку по кнопці "Інформація про вузли та елементи", а потім по елементу №3.

- 

На екрані відобразиться вікно інформації для зазначеного елемента.

Елемент 3

Номера вузлів: 3, 6

№: 3 Блок N: 1 Відмічений

Тип жорсткості: 1. Двотавр 20Б1

Тип КЕ: 10 К-ть перерізів: 2 Ортоголія:

Довжина, координати центра ваги: L=2м, Xc=3м, Yc=0м, Zc=2м

Завантаженн: № заван.: 1

N	-17.5	кН
Mx	0	кН*м
My	0	кН*м
Qz	-7.5	кН
Mz	0	кН*м
Qy	0	кН
Ry	0	кН/м
Rz	0	кН/м

Показати пер.: 1 Епюри Експорт зусиль

Епюри зусиль

Таблиця вибору: **N_x** M_x Q_z M_y Q_y M_z R_y R_z P_z P_y

Епюра N:

Епюра Mx:

Епюра My:

Епюра Qz:

Епюра Mz:

Епюра Qy:

Епюра Ry:

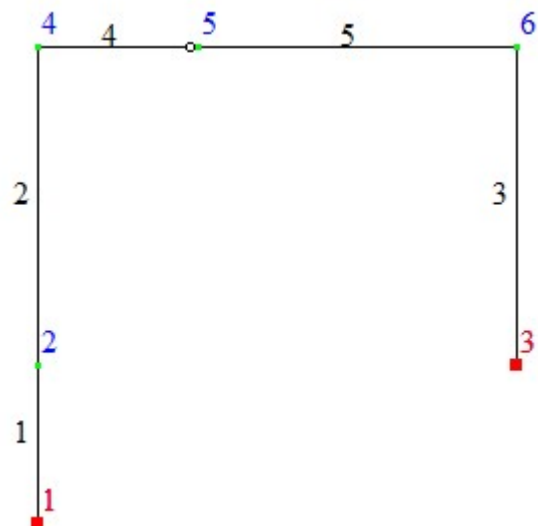
Епюра Rz:

Епюра переміщень Z1:

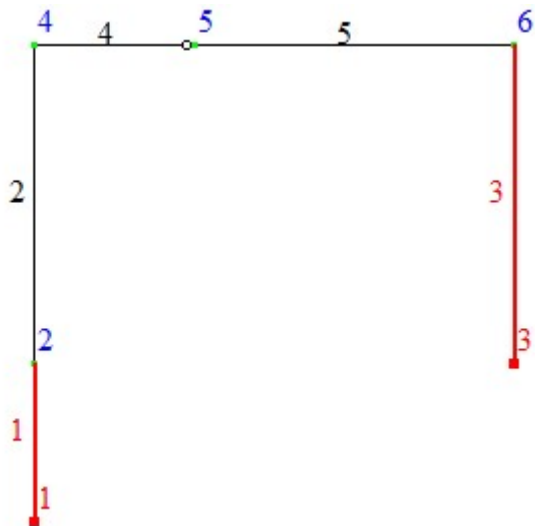
Епюра переміщень Y1:

9.3.3 Визначення реакцій опор

- **Розрахунок**
- Виділяємо опорні вузли:
-



-
- **Відмітити елементи, що примикають до відзначених вузлів**



- **Дані для розрахунку на фрагмент** 

Розрахунок навантажень на фрагмент

Список елементів

1 3

Вузли примикання фрагменту

Номер групи вузлів

Кут повороту навколо осі Z , град

Список вузлів

1 3



Расчет нагрузок на фрагмент

Список элементов

1 3

Узлы примыкания фрагмента



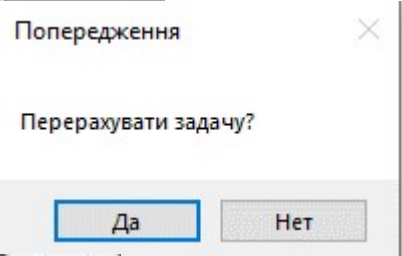
Номер группы узлов

Угол поворота вокруг оси Z , град

Список узлов

1 3




- 
- 
Виконати розрахунок ▾
- 

Попередження


Перерахувати задачу?

Да Нет

- Аналіз
- 
Докумен-тація ▾
- Таблиці

Таблиці

Вихідні дані Результати

Створити оновлену таблицю «Книги звітів» 

Формат CSV (*.csv) Інший...

Протокол рішення
Переміщення
Зусилля
Навантаження на фрагмент

Перегляд

- 

рама: Навантаження на фрагмент (02)

Відкрити				Зберегти				Зверстати				Попер			
Одиниці виміру зусиль: кН															
Одиниці виміру напружень: МПа															
Одиниці виміру моментів: кН*м															
Одиниці виміру розподілених моментів: (кН*м)/м															
ЗА...				ВУЗОЛ				RX, кН				RZ, кН			
1 - ЗАВАНТАЖЕННЯ 1															
1				1				-12.4999				2.50003			
1				3				-7.50000				17.5000			



Графічний контейнер **Книги звітів** дає змогу збирати копії екрана з різних вікон додатка для їх подальшого опрацювання; дає змогу копіювати зображення в інші додатки через буфер обміну, зберігати їх як графічні файли, а також роздруковувати.