

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання індивідуального завдання з дисципліни
«ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»
за темою
«ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРАХУНКУ НА СТІЙКІСТЬ
ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ»
(для здобувачів вищої освіти спеціальності
192 «Будівництво та цивільна інженерія»)
(Електронне видання)

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри
будівництва, урбаністики та
просторового планування
Протокол № від __.__.2025 р.

Київ, 2025 р

УДК 69.04

Методичні вказівки до виконання індивідуального завдання з дисципліни «Основи автоматизації розрахунку будівельних конструкцій» за темою «Технологія розрахунку на стійкість до прогресуючого обвалення» (для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія») (Електронне видання) / Уклад.: О.А. Черних, В. М. Соколенко, К. В. Соколенко. - Київ: СНУ ім. В. Даля, 2025. - 68 с.

Методичні вказівки мають ціль допомогти студентам денної та заочної форми навчання оволодіти технологією використання сучасного промислового програмного комплексу ПК «ЛІРА-САПР» на прикладі автоматизованого лінійного та нелінійного розрахунку залізобетонної рами на стійкість до прогресуючого обвалення з проведенням аналізу напружено-деформованого стану будівельних конструкцій: балок та колон.

Рецензент:

П.Є. Уваров, доц., к.т.н.

Укладачі:

О.А. Черних, доц., к.т.н.

В. М. Соколенко, доц., к.т.н.

К. В. Соколенко, ст. викл.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
МЕТА ЗАВДАННЯ	7
ВИХІДНІ ДАНІ	7
1 ПІДГОТОВКА МОДЕЛІ РАМИ	8
1.1 Створення нової задачі.....	8
1.2 Створення геометричної схеми рами.....	8
1.3 Завдання граничних умов	9
1.4 Корегування моделі	9
2 ЗАВДАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЖОРСТКОСТІ	11
2.1 Формування типів жорсткості	11
2.2 Призначення жорсткості елементам рами.....	13
3 ЗАВДАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ.....	15
3.1 Завдання розширеної інформації про завантаження	15
3.2 Формування завантаження № 1	17
3.3 Формування завантаження № 2	19
3.4 Формування завантаження № 3	20
3.5 Формування завантаження № 4	20
3.6 Формування завантаження № 5	21
3.7 Формування завантаження № 6	21
3.8 Моделювання стадій зведення	22
3.9 Завдання характеристик для розрахунку на пульсацію вітру.....	24
3.9.1 Формування таблиці параметрів динамічних впливів	24
3.9.2 Формування динамічних завантажень зі статичних	26
3.10 Генерація та коригування таблиці РСЗ.....	27
4 ЗАВДАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУЮВАННЯ	29
4.1 Завдання варіантів конструювання	29
4.2 Завдання матеріалів для залізобетонних конструкцій.....	30
4.3 Призначення матеріалів елементам рами	32

5 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РАМИ З ЛІНІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МАТЕРІАЛІВ	33
5.1 Повний розрахунок рами	33
5.2 Налаштування шкали армування колон	34
5.3 Формування типів заданого армування за результатами розрахунку колон.....	34
5.4 Формування типів заданого армування за результатами розрахунку балок.....	35
5.5 Формування типів заданого поперечного армування	38
5.6 Призначення типів заданого армування елементам	39
5.7 Перевірка заданого армування	42
6 НАЛАШТУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ РАМИ.....	44
6.1 Створення нелінійної розрахункової моделі на основі результатів лінійного розрахунку	44
6.2 Налаштування законів нелінійної роботи бетону	45
6.3 Налаштування законів нелінійної роботи арматури.....	46
7 СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ РАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ В КВАЗІСТАТИЧНІЙ ПОСТАНОВЦІ	49
7.1 Коригування списку завантажень	49
7.2 Призначення розрахунку на прогресуюче обвалення і коригування монтажних стадій.....	50
7.3 Моделювання локальної відмови.....	51
7.4 Завдання коефіцієнтів динамічності	52
7.5 Коригування таблиці РСЗ	54
8 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РАМИ З НЕЛІНІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МАТЕРІАЛІВ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ В КВАЗІСТАТИЧНІЙ ПОСТАНОВЦІ	55
8.1 Повний розрахунок рами	55
8.2 Аналіз результатів розрахунку	55

9 СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ РАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ У ДИНАМІЧНІЙ ПОСТАНОВЦІ	57
9.1 Коригування монтажних стадій	57
9.2 Коригування списку завантажень	58
9.3 Налаштування параметрів динаміки у часі	59
9.4 Формування динамічних завантажень зі статичних	61
9.5 Налаштування локального руйнування	62
9.6 Зміна типів КЕ для елементів рами	62
9.7 Коригування типів жорсткостей	63
10 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РАМИ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ У ДИНАМІЧНІЙ ПОСТАНОВЦІ..	64
10.1 Повний розрахунок рами	64
10.2 Аналіз результатів розрахунку	64
11 ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОГО ВИКОНАННЯ	66
11.1 Вихідні дані	66
11.2 Завдання	66
12 СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	67

ВСТУП

У даних методичних вказівках наведені приклади створення, розрахунку та аналізу роботу залізобетонної рами в умовах:

- лінійної та нелінійної постановці;
- прогресуючого обвалення в квазістатичній постановці;
- прогресуючого обвалення у динамічній постановці

з використанням унікальних можливостей ПК ЛІРА-САПР 2024 R2.3.

Серед них є система «ПРОГРЕСУЮЧЕ ОБВАЛЕННЯ» яка відповідає діючим рекомендаціям для моделювання поведінки конструкцій будівель та споруд у випадку аварійних впливів, які визивають локальні руйнування окремих несучих елементів.

Розрахунок на прогресуюче обвалення може бути здійснено:

- Квазістатичним методом у лінійній та нелінійній постановці з використанням системи «Монтаж» для отримання коректного напружено-деформованого стану конструкцій на момент часу перед відмовою елементу, і наступним автоматичним прикладанням обчислених реакцій від елементу, що видаляється (зі зворотнім знаком) з урахуванням заданого коефіцієнту динамічності;

- Динамічним методом прямого інтегрування рівнянь руху у часі в лінійній та нелінійній постановці. Розрахунок можливо здійснювати з урахуванням історії навантаження/зведення, завершальною стадією якого є автоматична генерація і прикладання імпульсного навантаження у вказаний проміжок часу. Даний метод дозволяє врахувати ефекти демпфування.

Для оволодіння програмним комплексом потрібно витратити певну кількість навчального часу. Для освоєння актуального функціоналу, як правило, необхідно ознайомитися з основними підходами та принципами роботи з програмним комплексом при формуванні розрахункових схем з урахуванням прийнятих вихідних даних: розрахункова схема конструкції та її закріплення, перерізи елементів, матеріали та навантаження.

Вирішення поставлених завдань студентами проводиться відповідно до вимог технічних дисциплін, а саме:

- визначення напружено-деформованого стану - опір матеріалів;
- конструювання рами - залізобетоні конструкції.

МЕТА ЗАВДАННЯ

Мета завдання полягає в ознайомленні студентів із:

- 1) технологію проведення розрахунку на стійкість конструкцій будівель до прогресуючого обвалення;
- 2) загальною послідовністю створення задач;
- 3) завданням динамічних завантажень та монтажних процесів;
- 4) створенням нелінійних жорсткостей;
- 5) призначенням заданого армування на елементи та його перевіркою.

ВИХІДНІ ДАНІ

У першу чергу потрібно виконати наступні три етапи:

Етап 1. Створення нової задачі;

Етап 2. Створення геометричної схеми рами;

Етап 3. Завдання граничних умов.

Отримана модель (рис. 0.1) використовується як вихідна задача для розрахунку на стійкість до прогресуючого обвалення.

Навантаження (характеристичні):

вага плит перекриття $6 \text{ м} \times 0.33 \text{ т/м}^2 = 1.98 \text{ т/м}$;
 перегородки $6 \text{ м} \times 0.092 \text{ т/м}^2 = 0.552 \text{ т/м}$;
 конструкція підлоги $6 \text{ м} \times 0.072 \text{ т/м}^2 = 0.432 \text{ т/м}$;
 корисне навантаження $6 \text{ м} \times 0.15 \text{ т/м}^2 = 0.9 \text{ т/м}$;
 вітер 0.023 т/м^2 .

Навантаження (граничні розрахункові):

вага плит перекриття $1.98 \text{ т/м} \times 1.1 = 2.18 \text{ т/м}$;
 перегородки $0.552 \text{ т/м} \times 1.2 = 0.662 \text{ т/м}$;
 конструкція підлоги $0.432 \text{ т/м} \times 1.3 = 0.562 \text{ т/м}$;
 корисне навантаження $0.9 \text{ т/м} \times 1.3 = 1.17 \text{ т/м}$;
 вітер $0.023 \text{ т/м}^2 \times 1.4 = 0.032 \text{ т/м}^2$.

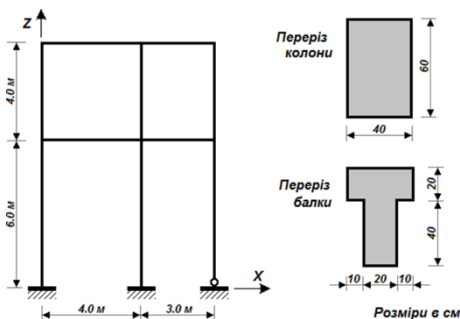



Рисунок 0.1 - Вихідні схема залізобетонної рами та граничні умови.

1 ПІДГОТОВКА МОДЕЛІ РАМИ


1.1 Створення нової задачі

Клацанням на кнопці -  **Новий** на панелі швидкого запуску (ця панель знаходиться на початку заголовка вікна програми) відкрийте діалогове вікно **Опис схеми**.


В цьому діалоговому вікні оберіть у списку **Ознаку схеми**

2 - Три ступеня вільності у вузлі (X, Z, Uy) та

задайте **Ім'я** задачі **16_ПО_ЗБр_старт**.


Для створення задачі та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці -  **Підтвердити**.

1.2 Створення геометричної схеми рами

Клацанням на кнопці -  **Генерація регулярних фрагментів та сітей** (панель **Створення** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Створення плоских фрагментів та сітей** на закладці **Генерація рами**.

В цьому діалоговому вікні (рис. 1.1) задайте параметри:

- кроки вздовж першої осі (X) - **4; 1 та 3; 1;**
- кроки вздовж другої осі (Z) - **6; 1 та 4; 1.**

Для генерації рами та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці -  **Підтвердити**.

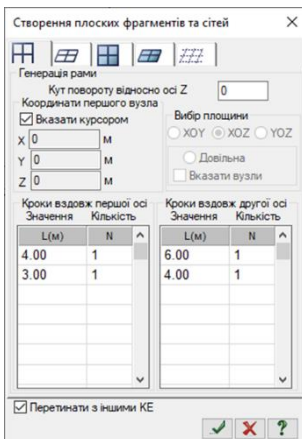





Рисунок 1.1 - Діалогове вікно **Створення плоских фрагментів та сітей**

1.3 Завдання граничних умов


Клацанням на кнопки -  **В'язі** (панель **Жорсткості та в'язі** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **В'язі у вузлах**.

Клацніть на кнопки -  **Відмітка вузлів** в розкритому списку **Відмітка вузлів** на панелі інструментів **Вибір**.

За допомогою курсору відмітьте на схемі перші два нижніх, опорних вузла рами (відмічені вузли розфарбовуються в червоний колір).

В діалоговому вікні встановіть прапорці **X**, **Z**, **UY** для завдання жорсткого затиснення та клацніть на кнопки -  **Додати в'язі у відмічених вузлах**.

За допомогою курсору відмітьте на схемі третій нижній вузол рами.

В діалоговому вікні встановіть прапорці **X**, **Z** для завдання шарнірно-нерухомої опори та клацніть на кнопки -  **Додати в'язі у відмічених вузлах**.

Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопки -  **Закрити**.


Збережіть файл **16_ПО_ЗБр_старт.lig**.

1.4 Корегування моделі


За замовчуванням стержень створюється з двома розрахунковими перерізами - на початку та в кінці стержня. Конструювання елементів (в нашому прикладі - це підбір армування та перевірка заданого армування) виконується за розрахунковими сполученнями зусиль, які обчислені саме в розрахункових перерізах. Тому для стержнів, особливо тих, які мають місцеві навантаження, потрібно задавати достатню кількість розрахункових перерізів. Зазвичай для балок пропонується задавати 5 перерізів.


Дроблення елементів рами буде використано на етапі призначення заданого армування для завдання різних ТЗА вздовж прогону балка (в програмі тип заданого армування призначається на елемент в цілому).


За допомогою курсору відмітьте на схемі всі горизонтальні стержні (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір).

Клацанням на кнопки -  **Розрахункові перерізи стержнів** (панель **Редагування стержнів** на контекстній вкладці **Стержні**) відкрийте діалогове вікно **Розрахункові перерізи**.

В діалоговому вікні введіть кількість перерізів **5**.

Клацніть на кнопки -  **Застосувати** (з відмічених горизонтальних стержнів скидається відмітка - цим елементам призначено п'ять розрахункових перерізів).

Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопки -  **Закрити**.

Клацанням на кнопці -  **Додати елемент** (панель **Створення** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Додати елемент**.

В цьому діалоговому вікні клацніть на закладці **Розділити на N рівних частин** (рис. 1.2).

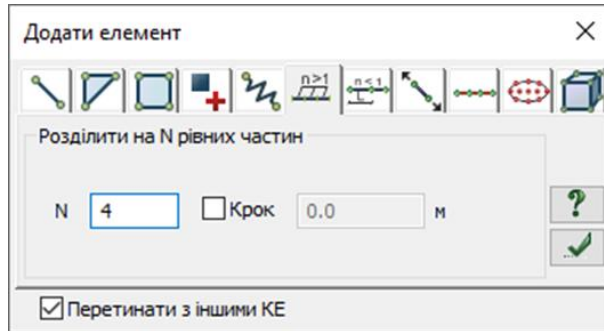




Рисунок 1.2 - Діалогове вікно **Додати елемент**


Клацніть на кнопці -  **Відмітка горизонтальних стержнів** на панелі інструментів **Вибір**.

За допомогою курсору відмітьте на схемі всі горизонтальні стержні (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір).

В діалоговому вікні введіть кількість частин **4**.

Клацніть на кнопці -  **Застосувати** (з відмічених горизонтальних стержнів скидається відмітка - з кожного елемента утворено чотири, зауважте, що всі створені стержні мають п'ять розрахункових перерізів).

Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопці -  **Закрити**.

Відкрийте діалогове вікно **Показати** клацанням на кнопці -  **Параметри відображення** на панелі інструментів **Параметри відображення**.

Клацніть на закладці -  **Елементи**.


Встановіть прапорець -  **Номери елементів** при встановленому прапорці **Перемальовувати автоматично** або додатково клацніть на кнопці **Перемальовати**, щоб номери елементів відобразилися на схемі (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 - Загальний вигляд рами після додавання елементів

2 ЗАВДАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЖОРСТКОСТІ

2.1 Формування типів жорсткості

Клацанням на кнопки - **Жорсткості та матеріали елементів** (панель **Жорсткості та в'язі** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Жорсткості та матеріали**.

В цьому діалоговому вікні на закладці **Жорсткості** клацанням на кнопки **Додати >>** відкрийте діалогове вікно **Додати жорсткість**.

В діалоговому вікні **Додати жорсткість** на закладці **Стандартні типи перерізів** (рис. 2.1) подвійним клацанням миші на елементі графічного списку **Брус** відкрийте діалогове вікно **Завдання стандартного перерізу**.

В цьому діалоговому вікні на закладці **Переріз** (рис. 2.2) задайте параметри перерізу **Брус**:

модуль пружності $E = 3e6 \text{ т/м}^2$ (з використанням англійської розкладки клавіатури);

коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.2$;

геометричні розміри $B = 60 \text{ см}$; $H = 40 \text{ см}$;

питому вагу матеріалу $R_0 = 2.5 \text{ т/м}^3$ (для прикладання навантаження від власної ваги).

Встановіть режим перегляду ескізу перерізу за заданими розмірами клацанням на кнопки - **Намалювати**.

Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопки - **Підтвердити**.

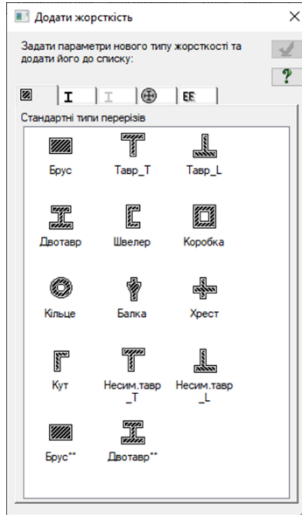


Рисунок 2.1 - Діалогове вікно **Додати жорсткість** на закладці **Стандартні типи перерізів**

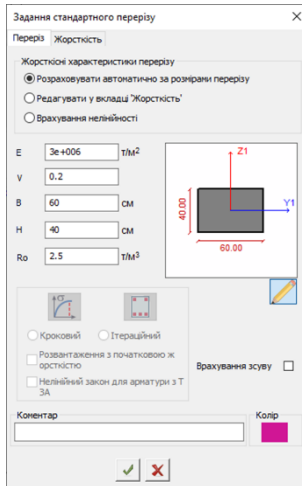


Рисунок 2.2 - Діалогове вікно **Задання стандартного перерізу**

В діалоговому вікні **Додати жорсткість** подвійним клацанням миші на елементі графічного списку **Тавр_Т**, відкрийте діалогове вікно

Завдання стандартного перерізу для створення наступного типу жорсткості.


В цьому діалоговому вікні задайте параметри перерізу **Тавр_Т** (деякі параметри запам'ятовуються з попереднього завдання):

модуль пружності $E = 3e6 \text{ т/м}^2$ (з використанням англійської розкладки клавіатури);

коефіцієнт Пуассона $\nu = 0.2$;

геометричні розміри $B = 20 \text{ см}$; $H = 60 \text{ см}$; $B1 = 40 \text{ см}$; $H1 = 20 \text{ см}$;

питому вагу матеріалу $R_o = 2.5 \text{ т/м}^3$ (для прикладання навантаження від власної ваги).

Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці -  **Підтвердити**.

Щоб приховати діалогове вікно **Додати жорсткість** з бібліотекою типів перерізів, в діалоговому вікні

Жорсткості та матеріали клацніть на кнопці **Додати <<**.

2.2 Призначення жорсткості елементам рами

В діалоговому вікні **Жорсткості та матеріали** на закладці **Жорсткості** (рис. 2.3) у списку типів жорсткостей виберіть рядок **1. Брус 60x40** та клацніть на кнопці **Призначити поточним** (призначити вибраний параметр поточним можна також подвійним клацанням миші на рядку у списку).

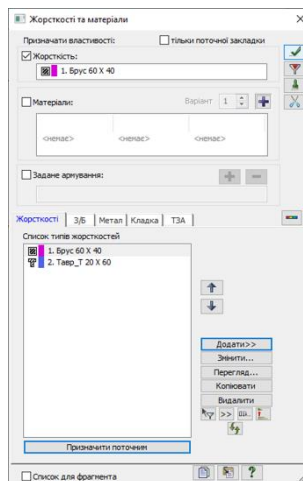




Рисунок 2.3 - Діалогове вікно **Жорсткості та матеріали** на закладці **Жорсткості**

Впевніться, що в групі **Призначити властивості** встановлений прапорець **Жорсткості** і в полі біля нього записаний рядок **1. Брус 60x40**.


Клацніть на кнопки -  **Відмітка вертикальних стержнів** на панелі інструментів **Вибір** та впевніться, що кнопка відмітки горизонтальних стержнів відтиснута (якщо ні, то клацанням на кнопки деактивуйте цей режим).

За допомогою курсору відмітьте на схемі всі вертикальні стержні (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір).


Відмітка елементів виконується за допомогою одиночного вказування курсором або вказуванням деякої області навколо потрібних елементів за допомогою прямокутної рамки.


В діалоговому вікні **Жорсткості та матеріали** клацніть на кнопки -  **Застосувати** (з відмічених вертикальних стержнів скидається відмітка - цим елементам призначена поточна жорсткість).


В діалоговому вікні **Жорсткості та матеріали** встановіть поточним тип жорсткості **2. Тавр_Т 20x60** (цей рядок з'явиться в полі біля прапорця **Жорсткість**).

Для зміни режиму відмітки клацніть на кнопки -  **Відмітка горизонтальних стержнів** на панелі інструментів **Вибір** та клацанням на кнопки **Відмітка вертикальних стержнів** деактивуйте попередній режим відмітки.

За допомогою курсору відмітьте на схемі всі горизонтальні стержні (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір).

В діалоговому вікні **Жорсткості та матеріали** клацніть на кнопки -  **Застосувати** (з відмічених горизонтальних стержнів скидається відмітка - цим елементам призначена поточна жорсткість).

В діалоговому вікні **Жорсткості та матеріали** на закладці **Жорсткості** клацніть на кнопки -  **Показати мозаїку властивостей поточної закладки**. На схемі буде зображена мозаїка призначених жорсткостей (рис. 2.4).

Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопки -  **Закрити**.

Скиньте режим перегляду мозаїки натисканням клавіші **ESC**.

Збережіть файл **16 ПО_ЗБр_старт.lir**.

У оновленому файлі буде збережена модель рами, елементам якої призначені жорсткості. Позначення в імені:

ПО - розрахунок на стійкість до прогресуючого обвалення;

ЗБр - залізобетонна рама.

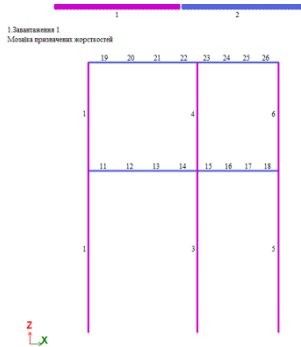



Рисунок 2.4 - Мозаїка призначених жорсткостей

3 ЗАВДАННЯ НАВАНТАЖЕНЬ


Розрахунок із підбором армування виконується на дію розрахункових навантажень і, обов'язково, за сполученнями завантажень.


Зважаючи на те, що під час розрахунку на стійкість до прогресуючого обвалення необхідно враховувати послідовність зведення конструкцій, сформуємо стадії монтажу. Змоделюємо процес, в якому навантаження від власної ваги конструкцій прикладатимуться окремо до елементів, змонтованих на кожній стадії. Для цього навантаження від власної ваги першого та другого поверхів рами рознесемо в різні завантаження.


3.1 Завдання розширеної інформації про завантаження

Клацанням на кнопці -  Редактор завантажень (панель Навантаження на вкладці Створення та редагування) відкрийте діалогове вікно Редактор завантажень (рис. 3.1).

Впевніться, що обрані норми ДБН В.1.2-2:2006.

Для **Завантаження 1** в полі Редагування вибраного завантаження оберіть в розкритому списку Вид рядок Постійне(П), задайте ім'я **Поверх 1** і клацніть на кнопці -  Застосувати.

Щоб додати друге завантаження (2), в полі Список завантажень клацніть на кнопці -  Додати завантаження (в кінець).

Для **Завантаження 2** в полі Редагування вибраного завантаження оберіть в розкритому списку Вид рядок Постійне(П), задайте ім'я **Поверх 2** і клацніть на кнопці -  Застосувати.

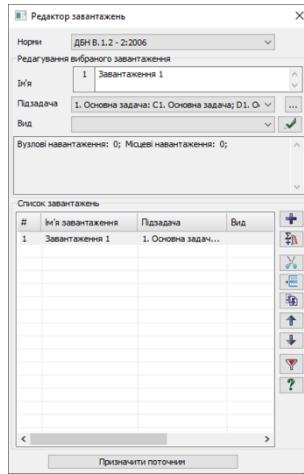


Рисунок 3.1 - Діалогове вікно Редактор завантажень

Щоб додати **третє завантаження (3)**, в полі **Список завантажень** клацніть на кнопці - **+** **Додати завантаження (в кінець)**.

Для **Завантаження 3** в полі **Редагування вибраного завантаження** оберіть в розкритому списку **Вид** рядок **Постійне(П)**, задайте ім'я **Перегородки** і клацніть на кнопці - **✓ Застосувати**.

Щоб додати **четверте завантаження (4)**, в полі **Список завантажень** клацніть на кнопці - **+** **Додати завантаження (в кінець)**.

Для **Завантаження 4** в полі **Редагування вибраного завантаження** оберіть в розкритому списку **Вид** рядок **Постійне(П)**, задайте ім'я **Підлога** і клацніть на кнопці - **✓ Застосувати**.

Щоб додати **п'яте завантаження (5)**, в полі **Список завантажень** клацніть на кнопці - **+** **Додати завантаження (в кінець)**.

Для **Завантаження 5** в полі **Редагування вибраного завантаження** оберіть в розкритому списку **Вид** рядок **Короткочасне(К)**, задайте ім'я **Корисне навантаження** і клацніть на кнопці - **✓ Застосувати**.

Щоб додати **шосте завантаження (6)**, в полі **Список завантажень** клацніть на кнопці - **+** **Додати завантаження (в кінець)**.

Для **Завантаження 6** в полі **Редагування вибраного завантаження** оберіть в розкритому списку **Вид** рядок **Неактивне(Н/а)**, задайте ім'я **Вітер (статика)** і клацніть на кнопці - **✓ Застосувати**.

Щоб додати **сьоме завантаження (7)**, в полі **Список завантажень** клацніть на кнопці - **+** **Додати завантаження (в кінець)**.

Для **Завантаження 7** в полі **Редагування вибраного завантаження** оберіть в розкритому списку **Вид** рядок **Миттєве(М)**, задайте ім'я **Вітер (пульсація)** і клацніть на кнопці - **✓** **Застосувати**.

Щоб перейти до формування першого завантаження, в полі **Список завантажень** виділіть перший рядок **1. Поверх 1** і клацніть на кнопці **Призначити поточним** (можна призначити поточне завантаження подвійним клацанням на рядку списку).

Назва поточного завантаження вказується в блоці інформації про вид у вікні документа та в списку завантажень в рядку стану (цей рядок знаходиться в нижній області робочого вікна програми).

Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопці - **✖** **Закрити**.

3.2 Формування завантаження № 1

Клацніть на кнопці - **⊖** **Відмітка елементів** в розкритому списку **Відмітка елементів** на панелі інструментів **Вибір**.

За допомогою курсору відмітьте на схемі елементи першого поверху (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір).

Клацанням на кнопці - **⚖** **Додати власну вагу** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Додати власну вагу** (рис. 3.2) для завдання навантаження від власної ваги елементів першого поверху рами.

В цьому діалоговому вікні, при увімкненій радіокнопці **відмічені елементи** і заданому **Коеф. для збору навантаження від в.в. рівному 1.1**, клацніть на кнопці - **✓** **Застосувати** (відповідно до заданої питомої ваги **R₀** до елементів прикладається навантаження від власної ваги).

Клацніть на кнопці - **⊖** **Відмітка горизонтальних стержнів** на панелі інструментів **Вибір**. За допомогою курсору відмітьте на схемі горизонтальні стержні першого поверху.

Клацанням кнопки - **↓** **Навантаження на стержні** в розкритому списку **Навантаження на вузли і елементи** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Завдання навантажень** на закладці **Навантаження на стержні** (рис. 3.3) для завдання навантаження від ваги перекриття першого поверху.

В цьому діалоговому вікні за замовчуванням вказана система координат **Глобальна**, напрямок - вздовж осі **Z**.

Клацанням на кнопці - **▢** **Рівномірно розподілене навантаження на стержні** відкрийте діалогове вікно **Параметри** (рис. 3.4).

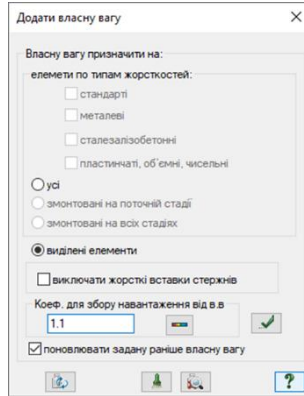


Рисунок 3.2 - Діалогове вікно Додати власну вагу

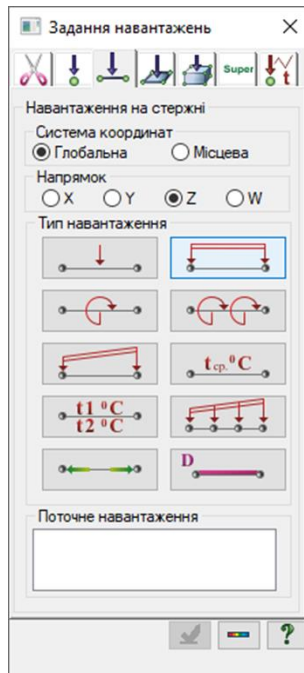



Рисунок 3.3 - Діалогове вікно Завдання навантажень

В діалоговому вікні **Параметри** задайте інтенсивність навантаження $p = 2.18$ т/м.

Для призначення навантаження на відмічені елементи клацніть на кнопці -  **Підтвердити**.

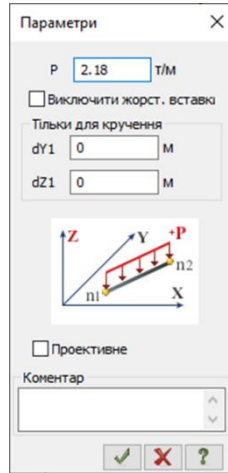





Рисунок 3.4 - Діалогове вікно **Параметри**


3.3 Формування завантаження № 2


Змініть номер поточного завантаження клацанням на кнопці -  **Наступне завантаження** в рядку стану (цей рядок знаходиться в нижній області робочого вікна програми).

За допомогою курсору відмітьте на схемі елементи другого поверху (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір).


Клацанням на кнопці -  **Додати власну вагу** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Додати власну вагу** для завдання навантаження від власної ваги елементів другого поверху рами.


В цьому діалоговому вікні, при увімкненій радіокнопці **відмічені елементи** і заданому **Коеф. для збору навантаження від в.в.** рівному **1.1**, клацніть на кнопці -  **Застосувати** (відповідно до заданої питомої ваги **R₀** до елементів прикладається навантаження від власної ваги).

Клацніть на кнопці -  **Відмітка горизонтальних стержнів** на панелі інструментів **Вибір**. За допомогою курсору відмітьте на схемі горизонтальні стержні другого поверху.


Клацанням кнопки -  **Навантаження на стержні** в розкритому списку **Навантаження на вузли і елементи** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Завдання навантажень** на закладці **Навантаження на стержні** для завдання навантаження від ваги перекриття другого поверху.


В цьому діалоговому вікні за замовчуванням вказана система координат **Глобальна**, напрямок - вздовж осі **Z**.

Клацанням на кнопці -  **Рівномірно розподілене навантаження на стержні** відкрийте діалогове вікно **Параметри**. В цьому діалоговому вікні задайте інтенсивність навантаження $p = 2.18$ т/м.


Для призначення навантаження на відмічені елементи клацніть на кнопці -  **Підтвердити**.

3.4 Формування завантаження № 3


Змініть номер поточного завантаження клацанням на кнопці -  **Наступне завантаження** в рядку стану (знаходиться в нижній області робочого вікна).


Клацніть на кнопці -  **Відмітка горизонтальних стержнів** (якщо вона відтиснута) на панелі інструментів **Вибір**.

За допомогою курсору відмітьте на схемі всі горизонтальні стержні.


Клацанням кнопки -  **Навантаження на стержні** в розкритому списку **Навантаження на вузли і елементи** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Завдання навантажень** на закладці **Навантаження на стержні** для завдання навантаження від ваги перегородок.


В цьому діалоговому вікні за замовчуванням вказана система координат **Глобальна**, напрямок – вздовж осі **Z**.

Клацанням на кнопці -  **Рівномірно розподілене навантаження на стержні** відкрийте діалогове вікно **Параметри**. В цьому діалоговому вікні задайте інтенсивність навантаження $p = 0.66$ т/м.


Для призначення навантаження на відмічені елементи клацніть на кнопці -  **Підтвердити**.

3.5 Формування завантаження № 4


Змініть номер поточного завантаження клацанням на кнопці -  **Наступне завантаження** в рядку стану (знаходиться в нижній області робочого вікна).


Клацніть на кнопці -  **Відмітка горизонтальних стержнів** (якщо вона відтиснута) на панелі інструментів **Вибір**.

За допомогою курсору відмітьте на схемі всі горизонтальні стержні.


Клацанням кнопки -  **Навантаження на стержні** в розкритому списку **Навантаження на вузли і елементи** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Завдання навантажень** на закладці **Навантаження на стержні** для завдання навантаження від ваги конструкції підлоги.


В цьому діалоговому вікні за замовчуванням вказана система координат **Глобальна**, напрямок - вздовж осі **Z**.

Клацанням на кнопці -  **Рівномірно розподілене навантаження на стержні** відкрийте діалогове вікно **Параметри**. В цьому діалоговому вікні задайте інтенсивність навантаження $p = 0.56$ т/м.


Для призначення навантаження на відмічені елементи клацніть на кнопці -  **Підтвердити**.

3.6 Формування завантаження № 5


Змініть номер поточного завантаження клацанням на кнопці -  **Наступне завантаження** в рядку стану (знаходиться в нижній області робочого вікна).


Клацніть на кнопці -  **Відмітка горизонтальних стержнів** (якщо вона відтиснута) на панелі інструментів **Вибір**.

За допомогою курсору відмітьте на схемі всі горизонтальні стержні.


Клацанням кнопки -  **Навантаження на стержні** в розкритому списку **Навантаження на вузли і елементи** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Завдання навантажень** на закладці **Навантаження на стержні** для завдання корисного навантаження.


В цьому діалоговому вікні за замовчуванням вказана система координат **Глобальна**, напрямок - вздовж осі **Z**.



Клацанням на кнопці -  **Рівномірно розподілене навантаження на стержні** відкрийте діалогове вікно **Параметри**. В цьому діалоговому вікні задайте інтенсивність навантаження $p = 1.17$ т/м.


Для призначення навантаження на відмічені елементи клацніть на кнопці -  **Підтвердити**.

3.7 Формування завантаження № 6

Змініть номер поточного завантаження клацанням на кнопці -  **Наступне завантаження** в рядку стану або за допомогою діалогового вікна **Редактор завантажень**.


Відкрийте діалогове вікно **Показати** клацанням на кнопці -  **Параметри відображення** на панелі інструментів **Параметри відображення**.


Клацніть на закладці -  **Вузли**. Встановіть прапорець -  **Номери вузлів** при встановленому прапорці **Перемальовувати автоматично** (номери вузлів відображаються на схемі).

Клацніть на кнопці -  **Відмітка вузлів** в розкритому списку **Відмітка вузлів** на панелі інструментів **Вибір**.

За допомогою курсору відмітьте на схемі **вузол № 4**.


В діалоговому вікні **Завдання навантажень** перейдіть на закладку **Навантаження у вузлах**. За допомогою радіокнопок вкажіть систему координат **Глобальна**, напрямок - **вздовж осі X**.


Клацанням на кнопці -  **Зосереджена сила у вузлах** відкрийте діалогове вікно **Параметри навантаження**. В цьому діалоговому вікні введіть значення $P = -1.14$ т.

Для призначення навантаження на відмічений вузол клацніть на кнопці -  **Підтвердити**.

За допомогою курсору відмітьте на схемі **вузол № 7**.


В діалоговому вікні **Завдання навантажень** перейдіть на закладку **Навантаження у вузлах**. За допомогою радіокнопок вкажіть систему координат **Глобальна**, напрямок – **вздовж осі X**.


Клацанням на кнопці -  **Зосереджена сила у вузлах** відкрийте діалогове вікно **Параметри навантаження**. В цьому діалоговому вікні введіть значення $P = -0.46$ т.


Для призначення навантаження на відмічений вузол клацніть на кнопці -  **Підтвердити**.

В діалоговому вікні **Показати** скиньте прапорець **Номери вузлів** при встановленому прапорці **Перемальовувати автоматично**.


3.8 Моделювання стадій зведення

Клацанням на кнопці -  **Монтаж** (панель **Нелінійність** на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно **Моделювання нелінійних завантажень конструкції**.

В цьому діалоговому вікні для створення **першої стадії** монтажу перейдіть на третю закладку **Стадії** і клацніть на кнопці -  **Додати**, що знаходиться в лівій частині діалогового вікна знизу (в полі **Історія** додається **перша історія** навантажень << 1 >> і **перша стадія** монтажу, **Завантаження 1**, а саме - <1.Поверх 1>, **перша стадія** монтажу стає поточною).

Клацніть на кнопці -  **Відмітка елементів** в розкритому списку **Відмітка елементів** на панелі інструментів **Вибір**.

За допомогою курсору відмітьте на схемі елементи **першого поверху** (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір).

В діалоговому вікні в полі введення **Елементи, що монтуються** клацніть на кнопці -  **Додати в список відмічені на схемі** (в списку з'являються номери відмічених на схемі елементів, рис. 3.5).

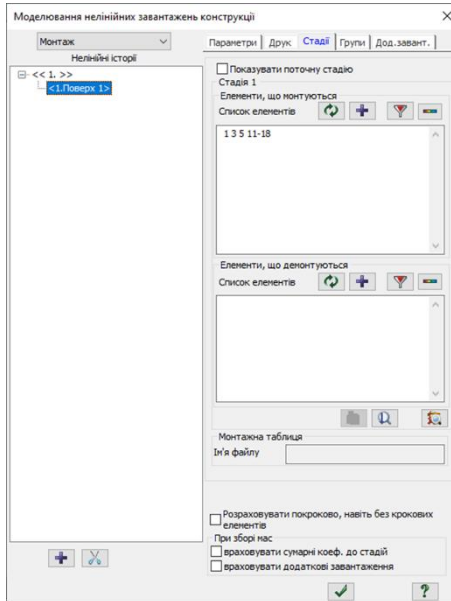




Рисунок 3.5 - Діалогове вікно
Моделювання нелінійних завантажень конструкції

Зніміть відмітку з елементів клацанням на кнопці -  **Скасування вибору** на панелі інструментів **Вибір**.

В діалоговому вікні **Моделювання нелінійних завантажень конструкції** для створення **другої стадії** монтажу клацніть на кнопці -  **Додати** (в полі **Історія** до **першої історії** навантажень << 1 >> додається **друга стадія** монтажу, **Завантаження 2**, а саме - <2.Поверх 2>, друга стадія монтажу стає поточною).

За допомогою курсору відмітьте елементи **другого поверху** (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір).

В діалоговому вікні в полі введення **Елементи, що монтуються** клацніть на кнопки - **+** **Додати в список відмічені на схемі** (в списку з'являються номери відмічених на схемі елементів).

В діалоговому вікні **Моделювання нелінійних завантажень конструкції** для створення **третьої стадії** монтажу <3.Перегородки> клацніть на кнопки - **+** **Додати**.

В діалоговому вікні **Моделювання нелінійних завантажень конструкції** для створення **четвертої стадії** монтажу <4.Підлога> клацніть на кнопки - **+** **Додати**.

Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопки - **✓ Підтвердити**.

На **третьій** та **четвертій** стадіях нові елементи не монтуються, додаються лише навантаження на елементи.

Монтажна задача надає змогу змоделювати напружено-деформований стан конструкції, при якому відбувається накопичення внутрішніх зусиль на кожному етапі монтажу або прикладанні навантаження.

3.9 Завдання характеристик для розрахунку на пульсацію вітру

Розрахунок на вітровий вплив з врахуванням пульсації виконаємо за СНиП 2.01.07-85*.

3.9.1 Формування таблиці параметрів динамічних впливів

Клацанням на кнопки - **Т** **Таблиця динамічних завантажень** (панель **Динаміка** на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно **Завдання характеристик для розрахунку на динамічні впливи** (рис. 3.6).

В цьому діалоговому вікні задайте наступні параметри:

№ завантаження - **7**;

в розкритому списку **Назва впливу** оберіть рядок **Пульсаційний (21)**;

Кількість форм коливань, що враховуються - **5**;

№ відповідного статичного завантаження - **6**;

Для матриці мас встановіть радіокнопку **Діагональна**.

Клацніть на кнопки **Параметри** для відкриття діалогового вікна **Параметри розрахунку на вітровий вплив з врахуванням пульсації**.


В цьому діалоговому вікні (рис. 3.7) для норм СНиП 2.01.07-85* задайте в розкритому списку наступні параметри:

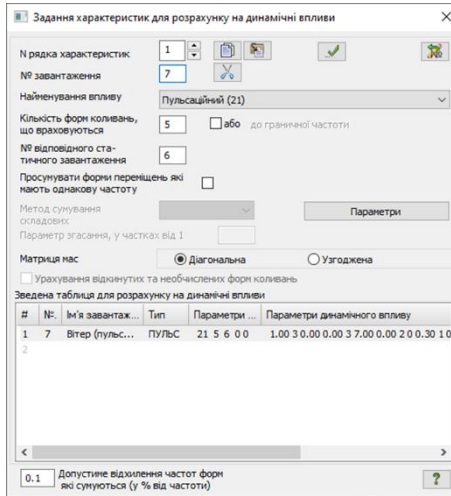
Вітровий район будівництва оберіть рядок **Район 3**;

довжина будівлі вздовж **осі X** - **7 м**;

довжина будівлі вздовж **осі Y** - **0 м**;

тип місцевості **Тип В**;

логарифмічний декремент коливань - **0.3 (з/б споруди)**;
 всі інші параметри залишаються заданими за замовчуванням.
 Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна
 клацніть на кнопки -  **Підтвердити**.



#	№:	Ім'я завантаж...	Тип	Параметри ...	Параметри динамічного впливу
1	7	Вітер (пульс...	ПульС	21 5 6 0 0	1.00 3 0.00 0.00 3 7.00 0.00 2 0 0.30 1 0

Рисунок 3.6 - Діалогове вікно
Задання характеристик для розрахунку на динамічні впливи

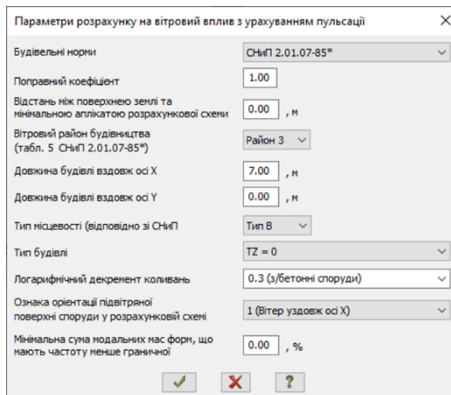


Рисунок 3.7 - Діалогове вікно
Параметри розрахунку на вітровий вплив з врахуванням пульсації

3.9.2 Формування динамічних завантажень зі статичних
 Клацанням на кнопці - **Врахування статичних завантажень**
 (панель **Динаміка** на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно
Формування динамічних завантажень зі статичних (рис. 3.8).

Формування динамічних завантажень зі статич...

Сформувати матрицю мас на підставі:

- завантаження/РСН (код 1) - щільності елементів (код 2)

№ динамічного завантаження: 7

№ статичного завантаження: 5

Коеф. перетворення: 1

Завантаження із комбінації РСН

Ім'я таблиці: [dropdown]

№ РСН: 1

Зведена таблиця:

№ дин. з...	№ стат. ...	Коеф.	Код
7	4	1	1
7	5	1	1

Рисунок 3.8 - Діалогове вікно
Формування динамічних завантажень зі статичних

Для формування **першого рядка** зведеної таблиці при увімкненій радіокнопці **завантаження / РСН (код 1)** задайте наступні параметри:

№ динамічного завантаження - **7**;

№ статичного завантаження - **4**;

коефіцієнт перетворення - **1**.

Для додавання сформованого рядка в таблицю клацніть на кнопці - **+**
Додати.

Для формування **другого рядка** зведеної таблиці (радіокнопка **завантаження / РСН (код 1)** досі увімкнена) задайте наступні параметри:

№ динамічного завантаження - **7**;

№ статичного завантаження - **5**;

коефіцієнт перетворення - **1**.

Для додавання сформованого рядка в таблицю клацніть на кнопці - **+**
Додати.

Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопці - **✖ Закрити.**

Якщо в розрахунковій моделі враховується послідовність зведення будівлі, то в таблиці формування динамічних завантажень із статичних потрібно вказати лише останню стадію монтажу (4), в якій автоматично враховуються всі попередні завантаження.

3.10 Генерація та коригування таблиці РСЗ

Згідно з будівельними нормами розрахунок армування залізобетонних перерізів, підбір та перевірка металевих перерізів чи перевірка армокам'яної кладки повинні виконуватися за найбільш небезпечними сполученнями зусиль. Тому для подальшої роботи в режимі конструювання, крім розрахунку за зусиллями, потрібно виконувати розрахунок за **РСЗ або РСН**.

Обчислення розрахункових сполучень зусиль виконується за критеріями екстремальних значень напружень в характерних точках перерізів елементів згідно правил, встановлених нормативними документами (на відміну від **РСН**, де обчислення здійснюються безпосереднім підсумовуванням відповідних значень переміщень вузлів та зусиль за заданими формулами).

Клацанням на кнопці - **☒ Таблиця РСЗ** (панель **РСЗ** на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно **Розрахункові сполучення зусиль** (рис. 3.9).

Прочитайте текст у вікні **Попередження** та натисніть кнопку **ОК** для генерації таблиці в діалоговому вікні **Розрахункові сполучення зусиль** (згідно з обраними будівельними нормами **ДБН В.1.2-2:2006** створена таблиця **ДБН_1**, яка автоматично заповнена даними прийнятими за замовчуванням відповідно до заданих раніше видів завантажень та стадій монтажу).

Розрахункові Сполучення Зусиль

Номер таблиці РСЗ: 1

Ім'я таблиці РСЗ: ДЕН_1

Будівельні норми: ДЕН В.1.2 - 2:2006

К надійності за відповідальністю:
 для I-го ГС: 1.00
 для II-го ГС: 1.00
 для аварійних сполучень: 1.00

Номер завантаження: 1 Поверх 1

Вид завантаження: Постійне(0) За унормуванням

N групи об'єднаних тимчасових завантажень: 0

Врахувати знакозміненість:

N групи взаємовиключаючих завантажень: 1

NI супутніх завантажень: 0 0

Відношення коефіцієнтів: $\gamma_{fm} / \gamma_{fe}$ 1.10

Відношення R_q / R_{ch} : 1.00

Не враховувати для II-го гран. стану:

Обмеження для країв та гальм: Кран Гальмо


Зведена таблиця для обчислення РСЗ:


№	Ім'я завантаж.	Вид	Параметри РСЗ							Коефіцієнти РСЗ						
			0	0	1	0	0	1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	
1	Поверх 1	Постійне(0)	0	0	1	0	0	1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	
2	Поверх 2	Постійне(0)	0	0	1	0	0	1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	1.00	
3	Перегородки	Постійне(0)	0	0	1	0	0	1.20	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	1.00	
4	Підлога	Постійне(0)	0	0	1	0	0	1.30	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	1.00	
5	Корисне навант...	Короткочасн...	2	0	0	0	0	1.30	0.35	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	0.00	
6	Втер (статика)	Неактивне (9)	9	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
7	Втер (пульс...	Миттєве(7)	7	0	1	0	0	0	4.7%	0.00	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	


Рисунок 3.9 - Діалогове вікно **Розрахункові сполучення зусиль**

Норми та види завантажень, за якими автоматично створилася таблиця РСЗ при першому до неї зверненні, були задані в діалоговому вікні **Редактор завантажень**. Для кожного завантаження відповідно до його виду в таблиці РСЗ призначені (за замовчуванням) значення параметрів та коефіцієнтів РСЗ. Стадії монтажу були сформовані в діалоговому вікні **Моделювання нелінійних завантажень конструкції**. Завантаженням 1...4, які увійшли в монтажну історію як стадії, в таблиці РСЗ автоматично призначений номер групи **взаємовиключення 1**.

Необхідно відкоригувати параметри для 3, 4, 5 та 7 завантажень. Змініть наступні параметри:

клацніть на **рядку № 3** з завантаженням **Перегородки** в зведеній таблиці для обчислення РСЗ, задайте відношення коефіцієнтів $\gamma_{fm} / \gamma_{fe}$ - **1.2** і клацніть на кнопці -  **Застосувати**;

клацніть на **рядку № 4** з завантаженням **Підлога**, задайте відношення коефіцієнтів $\gamma_{fm} / \gamma_{fe}$ - **1.3** і клацніть на кнопці -  **Застосувати**;

клацніть на **рядку № 5** з завантаженням **Корисне навантаження**, задайте відношення коефіцієнтів $\gamma_{fm} / \gamma_{fe}$ - **1.3** і клацніть на кнопці -  **Застосувати**;

клацніть на **рядку № 7** з завантаженням **Вітер (пульсація)**, встановіть прапорець **Врахувати знакозмінність** і клацніть на кнопки - **Застосувати**.

Для збереження згенерованої таблиці РСЗ і закриття діалогового вікна клацніть на кнопки - **Застосувати**.

4 ЗАВДАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУЮВАННЯ

4.1 Завдання варіантів конструювання

Клацанням на кнопки - **Варіанти конструювання схеми** (панель **Конструювання** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Варіанти конструювання** (рис. 4.1).

Варіанти конструювання

Список варіантів конструювання схеми

1. Варіант 1

Призначити поточним

Редагування варіанта

Номер: 1 ID:

Ім'я: Варіант 1

Розрахунок перерізів по:

РСЗ ДБН_1

РСН

Зусилля

Залізобетонний розрахунок

Норми ДБН В.2.6-98:2009

Підбір армування Перевірка заданого армування

Основний режим

Металевий розрахунок

Норми ДБН В.2.6-198:2014

Підбір перерізів Перевірка заданих перерізів

Розрахунок армокамі'яних конструкцій


Норми ДБН В.2.6-162

Рисунок 4.1 - Діалогове вікно **Варіанти конструювання**

В діалоговому вікні **Варіанти конструювання** задайте параметри для **першого варіанта конструювання**:

в списку **Розрахунок перерізів по:** увімкніть радіокнопку **РСЗ**;

впевніться, що в списку **РСЗ** обрана згенерована на попередньому етапі таблиця **ДБН_1** за нормами **ДБН В.1.2-2:2006** (якщо цей етап був пропущений і в списку потрібної таблиці немає,


клацніть на кнопці -  **Додати/Редагувати таблицю РСЗ** для додавання таблиці **РСЗ**, натисніть **ОК** у вікні **Попередження** для автоматичного створення таблиці **РСЗ** відповідно до заданих завантажень та стадій монтажу, а після коригування коефіцієнтів γ_{fm} / γ_{fe} та підтвердження доданої таблиці **ДБН_1** в діалоговому вікні **Розрахункові сполучення зусиль** поверніться до діалогового вікна **Варіанти конструювання**);


впевніться, що в списку **Залізобетонний розрахунок** обрані норми **ДБН В.2.6-98:2009**;

впевніться, що в списку **Металевий розрахунок** обрані норми **ДБН В.2.6-198:2014**;


впевніться, що в списку **Розрахунок армокам'яних конструкцій** обрані норми **ДБН В.2.6- 162:2010**;

всі інші параметри залишаються заданими за замовчуванням.

Для збереження параметрів, заданих для першого варіанта конструювання, клацніть на кнопці -  **Застосувати**.

Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопці -  **Закрити**.

4.2 Завдання матеріалів для залізобетонних конструкцій

Клацанням на кнопці -  **Жорсткості та матеріали З/Б** (панель **Конструювання** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Жорсткості та матеріали** на закладці **З/Б**.

При увімкненій радіокнопці **Тип** клацніть на кнопці **Редагувати** для відкриття діалогового вікна **Матеріали для розрахунку З/Б конструкцій** з встановленою радіокнопкою **ТИП: СТЕРЖЕНЬ** (рис. 4.2).

В цьому діалоговому вікні клацніть на **першому рядку** в списку **ТИП: СТЕРЖЕНЬ** і в **правій частині** діалогового вікна задайте наступні параметри для **КОЛОН**:

в розкритому списку **Вид розрахунку** оберіть рядок **Колона**;

в розкритому списку **Армування** оберіть тип армування **Симетричне**;

встановіть прапорець **Ураховувати конструктивні вимоги**;

впевніться, що встановлений прапорець **Виділяти кутові арматурні стержні**;

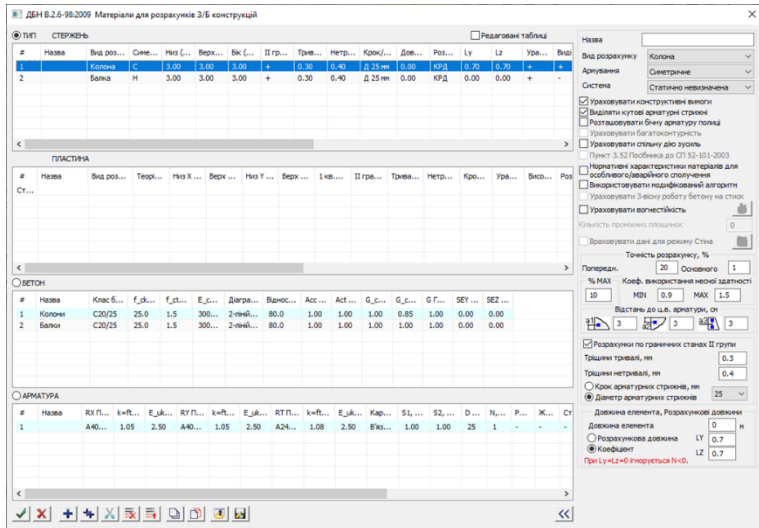


Рисунок 4.2 - Діалогове вікно
Матеріали для розрахунку З/Б конструкцій

при встановленому прапорці **Розрахунок за граничними станами II-ї групи** увімкніть радіокнопку **Діаметр арматурних стержнів** і в розкривному списку оберіть **діаметр арматури 25 мм**;

в полі **Довжина елемента, Розрахункові довжини** увімкніть радіокнопку **Коефіцієнт** і задайте параметри **LY = 0.7, LZ = 0.7**;
всі інші параметри залишаються заданими за замовчуванням.

Для додавання **нового рядка** (радіокнопка **ТИП: СТЕРЖЕНЬ** досі встановлена) клацніть на кнопці - **+** **Додати** і в правій частині діалогового вікна задайте наступні параметри для **БАЛОК**:

в розкривному списку **Вид розрахунку** оберіть рядок **Балка**;

в розкривному списку **Армування** оберіть тип армування **Несиметричне**;

встановіть прапорець **Ураховувати конструктивні вимоги**;

при встановленому прапорці **Розрахунок за граничними станами II-ї групи** увімкніть радіокнопку **Діаметр арматурних стержнів** і в розкривному списку оберіть **діаметр арматури 25 мм**;

в полі **Довжина елемента, Розрахункові довжини** задайте параметри **LY = 0, LZ = 0**;

всі інші параметри залишаються заданими за замовчуванням (прапорець **Виділяти кутові арматурні стержні** скинути).

Клацніть на першому рядку в списку **БЕТОН** і в правій частині вікна задайте наступні параметри для колон:

задайте назву **Колони**;

впевніться, що в розкритому списку **Клас бетону** обраний рядок **C20/25**;

в полі $\gamma_{сз}$ задайте коефіцієнт **0.85**;

всі інші параметри залишаються заданими за замовчуванням.

Для додавання **нового рядка** (радіокнопка **БЕТОН** досі встановлена) клацніть на кнопці - **+** **Додати** і в правій частині діалогового вікна задайте наступні параметри для **БАЛОК**:

задайте назву **Балки**;

впевніться, що в розкритому списку **Клас бетону** обраний рядок **C20/25**;

всі інші параметри залишаються заданими за замовчуванням.

Клацніть на **першому рядку** в списку **АРМАТУРА** і в правій частині вікна задайте наступні параметри:

впевніться, що в обох розкритих списках **Поздовжня арматура** обрані рядки **A400C**, а в розкритому списку **Поперечна арматура** - рядок **A240C**;

в розкритому списку **Максимальний діаметр поздовжньої арматури, мм** оберіть рядок **16**;

всі інші параметри залишаються заданими за замовчуванням.

Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці - **✓ Підтвердити**.


4.3 Призначення матеріалів елементам рами


В діалоговому вікні **Жорсткості та матеріали** (яке досі відкрите на закладці **З/Б**) в полі **Призначити властивості** встановіть прапорець **Матеріали** та впевніться, що прапорець **Жорсткості** скинутий.

При встановлених одночасно прапорцях **Жорсткості та Матеріали** поточні жорсткості та матеріали будуть одночасно призначатися на відмічені елементи, зауважимо, що жорсткості елементів у нас вже задані, тому цей прапорець не встановлюємо.



Для формування комбінації складових матеріалу (**ТИП - БЕТОН - АРМАТУРА**) для **КОЛОН** (відповідний тип жорсткості **1. Брус 60x40**) в списку **З/Б**, послідовно вмикаючи радіокнопки **ТИП, БЕТОН, АРМАТУРА**, встановіть поточними: **ТИП - 1. Колона, БЕТОН - 1. C20/25. Колони, АРМАТУРА - 1. A400C.A400C.A240C** (призначити вибраний параметр поточним можна за допомогою клацання на кнопці

Призначити поточним або подвійним клацанням на рядку у списку; поточні параметри відобразатимуться в полі біля прапорця **Матеріали**).

Клацніть на кнопці -  **Відмітка вертикальних стержнів** на панелі інструментів **Вибір**. За допомогою курсору відмітьте на схемі всі вертикальні стержні (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір). Відмітка елементів виконується за допомогою одиночного вказування курсором або вказуванням деякої області навколо потрібних елементів за допомогою прямокутної рамки.

В діалоговому вікні клацніть на кнопці -  **Застосувати** (з вертикальних стержнів скидається відмітка - відміченим елементам призначений поточний матеріал).


Для формування комбінації складових матеріалу (**ТИП - БЕТОН - АРМАТУРА**) для **БАЛОК** (відповідний тип жорсткості **2. Тавр_Т 20x60**) в списку **З/Б**, послідовно вмикаючи радіокнопки **ТИП, БЕТОН, АРМАТУРА**, встановіть поточними: **ТИП - 2. Балка, БЕТОН - 2. С20/25. Балки, АРМАТУРА - 1. А400С.А400С.А240С** (призначити вибраний параметр поточним можна за допомогою клацання на кнопці **Призначити поточним** або подвійним клацанням на рядку у списку; поточні параметри відобразатимуться в полі біля прапорця **Матеріали**).

Клацніть на кнопці -  **Відмітка горизонтальних стержнів** на панелі інструментів **Вибір** та впевніться, що кнопка відмітки вертикальних стержнів відтиснута. За допомогою курсору відмітьте на схемі всі горизонтальні стержні (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір). В діалоговому вікні клацніть на кнопці -  **Застосувати** (з горизонтальних стержнів скидається відмітка - відміченим елементам призначений поточний матеріал).

Збережіть файл **16_ПО_ЗБр_старт.lir** зі змінами.

5 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РАМИ З ЛІНІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МАТЕРІАЛІВ


5.1 Повний розрахунок рами


Клацанням на кнопці -  **Виконати повний розрахунок** (панель **Розрахунок** на вкладці **Розрахунок**) запустить задачу на розрахунок.


Після розрахунку задачі перегляд та аналіз результатів розрахунку здійснюється на вкладці **Аналіз** стрічкового інтерфейсу. Аналізується деформована схема і отримані переміщення (для монтажних задач - за монтажними стадіями; для вітрової пульсації - за формами коливаний), аналізуються зусилля (за монтажними стадіями; окремими завантаженнями, що не увійшли в монтажні стадії; за **РС3**) тощо.


Перегляд та аналіз результатів підбору армування залізобетонних конструкцій, перевірки заданого армування здійснюється на вкладці **Залізобетон** стрічкового інтерфейсу: підбір армування для розрахункових перерізів стержнів виконувався за заданими РСЗ.


5.2 Налаштування шкали армування колон

Клацніть на кнопці -  **Симетричне армування** в розкритому списку **Армування** (панель **Армування стержнів** на вкладці **Залізобетон**) для встановлення режиму відображення симетричного армування, що дозволить переглянути підібране армування в перерізах стержнів колон.


Клацніть на кнопці -  **Кутова арматура АУ1** (панель **Армування стержнів** на вкладці **Залізобетон**) для перегляду мозаїки площі поздовжньої арматури в нижньому лівому куті перерізу стержня АУ1.

Клацніть на кнопці -  **Параметри шкали** в розкритому списку **Шкала** (панель **Інструменти** на вкладці **Залізобетон**) для відкриття діалогового вікна **Параметри шкали** і внесення змін в початкову шкалу армування.



В цьому діалоговому вікні за допомогою клавіші **DEL** видаліть усі рядки в таблиці, крім першого з нульовим значенням, а в другому рядку введіть новий параметр **1d25**, і клацніть на кнопці -  **Застосувати** (діапазони шкали армування перебудуються в один діапазон [**1d25**]).


Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопці -  **Закрити**.


5.3 Формування типів заданого армування за результатами розрахунку колон

Клацанням на кнопці -  **Задане армування** (панель **Конструювання** на вкладці **Залізобетон**) відкрийте діалогове вікно **Жорсткості та матеріали** з активною закладкою **ТЗА**.

В цьому діалоговому вікні (рис. 5.1) клацніть на кнопці **Редагувати** для відкриття діалогового вікна **Завдання й корегування типів ЗА**.

У діалоговому вікні **Завдання й корегування типів ЗА** на закладці -  **Стержень прямокутного перерізу** клацніть на кнопці -  **Формувати ТЗА за шкалою армування**.

Впевніться, що в таблиці, в правій частині діалогового вікна натиснута кнопка -  **Всі кутові** та для першого рядка з діаметром **25 мм** встановлені прапорці в стовпчиках **+** та **V**.

Для створення нового типу заданого армування клацніть на кнопці -  **Створити** (створений **ТЗА №1 Брус АУ 4d25 m** буде доданий в таблицю і, завдяки встановленій відмітці **V**, призначений вертикальним стержням схеми, які на мозаїці **АУ1** розфарбовані у колір діапазону [**1d25**]).

Клацанням на рядку зведеної таблиці **ТЗА** виберіть створений тип заданого армування **AU** (в правій частині діалогового вікна наведені параметри поточного **ТЗА**).

Додайте для поточного **ТЗА** коментар **Колона** і клацніть на кнопки - **✓ Застосувати** (до назви **ТЗА** буде доданий коментар **№ 1 Брус (Колона) AU 4d25 m**).

Під час формування типів заданого армування можна не закривати діалогові вікна **Жорсткості та матеріали** і **Завдання та коригування типів ЗА**.

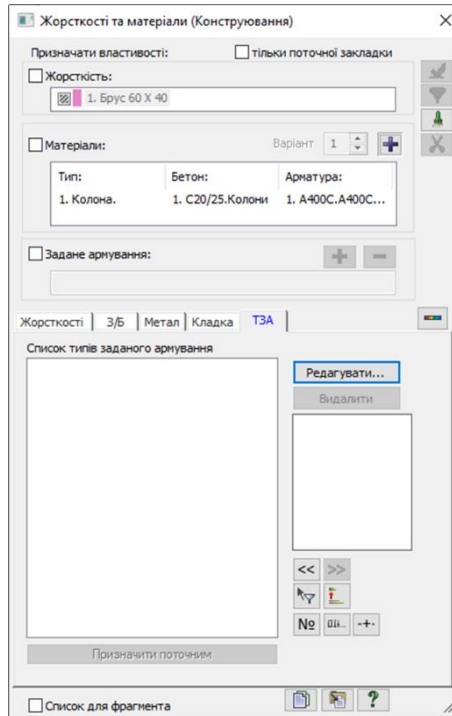





Рисунок 5.1 - Діалогове вікно **Жорсткості та матеріали**

5.4 Формування типів заданого армування за результатами розрахунку балок


Клацніть на кнопки - **І Несиметричне армування** в розкритому списку **Армування** (панель **Армування стержнів** на вкладці **Залізобетон**) для встановлення режиму відображення несиметричного армування, що дозволить переглянути підібране армування в перерізах стержнів балок.



Клацніть на кнопки -  **Розподілена арматура AS1** (панель **Армування стержнів** на вкладці **Залізобетон**) для перегляду мозаїки площі поздовжньої арматури біля нижньої грані перерізу стержня **AS1**.


Клацніть на кнопки -  **Параметри шкали** в розкритому списку **Шкала** (панель **Інструменти** на вкладці **Залізобетон**) для відкриття діалогового вікна **Параметри шкали**. Впевніться, що у розкритому списку обрана опція **стінка**.


В цьому діалоговому вікні за допомогою клавіші **DEL** видалить усі рядки в таблиці, крім першого з нульовим значенням, а в другому рядку введіть новий параметр **2d16**, і клацніть на кнопки -  **Застосувати** (діапазони шкали армування перебудуються в два діапазони **[0]** та **[2d16]**).

Клацніть на діапазоні **[2d16]** шкали для відмітки на схемі стержнів, які мають значення **AS1** в цьому діапазоні хоча б в одному з п'яти розрахункових перерізів (всі горизонтальні стержні будуть відмічені); повторним клацанням на діапазоні шкали зніміть відмітку.

В діалоговому вікні **Завдання й корегування типів ЗА** клацніть на закладці -  **Стінка, полка стержня таврового, двотаврового перерізу**.

На цій закладці клацніть на кнопки -  **Формувати ТЗА на основі шкали армування**. Впевніться, що в таблиці (в правій частині діалогового вікна) натиснута кнопка -  **Проміжні знизу** та для другого рядка з діаметром **16 мм** встановлені прапорці в стовпчиках + та **V**. Для першого рядка прапорець в стовпчику + потрібно скинути (рис. 5.2). Встановіть додатково прапорці **Рівномірно вздовж грані** та **Встановлювати симетрично**.

Для створення нового типу заданого армування клацніть на кнопки -  **Створити** (створений **ТЗА № 2 Стінка AUAS.B 2d16 m** буде доданий в таблицю і, завдяки встановленій відмітці **V**, призначений горизонтальним стержням, які на мозаїці **AS1** мають ділянки розфарбовані у колір діапазону **[2d16]**, в нашому випадку - всім горизонтальним стержням).

Клацанням на рядку зведеної таблиці **ТЗА** виберіть створений тип заданого армування **AUAS.B**. Додайте для поточного **ТЗА** коментар **Балки, сим.** і клацніть на кнопки -  **Застосувати** (до назви **ТЗА** буде доданий коментар **№ 2 Стінка (Балки, сим.) AUAS.B 2d16 m**).

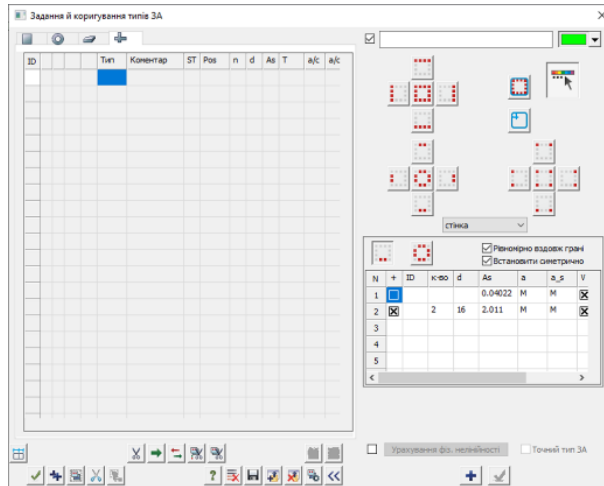







Рисунок 5.2 - Діалогове вікно
Завдання та корегування типів ЗА

Клацніть на кнопці -  **Розподілена арматура AS2** (панель **Армування стержнів** на вкладці **Залізобетон**) для перегляду мозаїки площі поздовжньої арматури біля верхньої грані перерізу стержня **AS2**.

Клацніть на кнопці -  **Параметри шкали** в розкритому списку **Шкала** (панель **Інструменти** на вкладці **Залізобетон**) для відкриття діалогового вікна **Параметри шкали**. В цьому діалоговому вікні видаліть усі рядки в таблиці, крім першого з нульовим значенням і двох останніх рядків з параметрами **2d16** та **2d18**; змініть значення діапазону **2d18** на **3d16** і клацніть на кнопці -  **Застосувати** (діапазони шкали армування перебудуються в три діапазони **[0]**, **[2d16]** та **[3d16]**).

Під час аналізу розподіленої арматури **AS1** ми встановили задане армування **2d16** симетрично. Враховуючи це, для розподіленої арматури **AS2** лишилося додати **1d16** на ділянках, які цього потребують. Створимо цей **ТЗА** для подальшого призначення на опорних ділянках балок.

В діалоговому вікні **Завдання й корегування типів ЗА** на закладці -  **Стінка**, полка стержня таврового, двотаврового перерізу перейдіть на другий рядок таблиці і клацніть на кнопці -  **AS.T проміжні поздовжні стержні зверху** та задайте наступні параметри (рис. 5.3): впевніться, що у розкритому списку обрана опція **стінка**; оберіть діаметр **16**; задайте кількість **1**; встановіть радіокнопку **3 матеріалів - M**; впевніться, що прапорець **Встановити симетрично** скинутий; додайте коментар **Балки, опори - дод.**

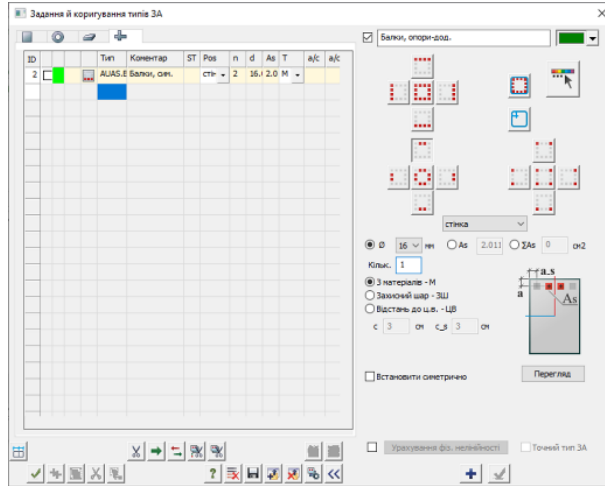


Рисунок 5.3 - Діалогове вікно
Завдання та корегування типів ЗА

Для створення нового типу заданого армування клацніть на кнопці - **+** Створити (створений ТЗА № 3 Стінка (Балки, опори - дод.) AS.T 1d16 m буде доданий в таблицю, але поки що не призначений елементом).

На закладці - **+** Стінка, полка стержня таврового, двотаврового перерізу перейдіть на третій рядок таблиці і клацніть на кнопці - **+** AU кутові поздовжні, кількість стержнів 4. Задайте наступні параметри: додайте коментар Балки; у розкритому списку оберіть опцію полиця; оберіть діаметр 16; встановіть радіокнопку 3 матеріалів - М.


Для створення нового типу заданого армування клацніть на кнопці - **+** Створити (створений ТЗА № 4 Полиця (Балки) AU 4d16 m буде доданий в таблицю, але поки що не призначений елементом).

5.5 Формування типів заданого поперечного армування



Перед призначенням ТЗА № 5, 6 на елементи створимо типи заданого армування для поперечної арматури. Це армування не буде враховуватися в нелінійних моделях при нелінійних розрахунках, задаємо його для перевірки заданого армування на поперечну силу.



Клацніть на кнопці - **+** Поперечна арматура ASW1 (панель Армування стержнів на вкладці Залізобетон) для перегляду мозаїки площі поперечної арматури ASW1 в перерізах стержнів балок.

В діалоговому вікні Завдання та корегування типів ЗА на закладці - **+** Стінка, полка стержня таврового, двотаврового перерізу клацніть на


кнопці -  **ASW стержні поперечної арматури** і задайте наступні параметри: в полі **Sv = 100** мм; в списку діаметрів **Øv - 10** мм; в списку діаметрів **ØI - 10** мм; в полі **SI = 100** мм; додайте коментар **Балки**.

Для створення нового типу заданого армування клацніть на кнопці - **+** **Створити** (створений **ТЗА № 5 Стінка (Балки) ASW** буде доданий в таблицю).


Щоб переглянути мозаїку площі поперечної арматури **ASW1** для колон, не скидаючи режиму перегляду -  **Поперечна арматура ASW1**, поверніться до режиму відображення симетричного армування в перерізах стержнів, а саме, оберіть команду -  **Симетричне армування** в розкривному списку **Армування** (панель **Армування стержнів** на вкладці **Залізобетон**).

В діалоговому вікні **Завдання та корегування типів ЗА** поверніться на закладку -  **Стержень прямокутного перерізу**, клацніть на кнопці -  **ASW стержні поперечної арматури** і задайте наступні параметри: в полі **Sv = 200** мм; в списку діаметрів **Øv - 8** мм; в списку діаметрів **ØI - 8** мм; в полі **SI = 200** мм; додайте коментар **Колони**.

Для створення нового типу заданого армування клацніть на кнопці - **+** **Створити** (створений **ТЗА № 6 Брус (Колони) ASW** буде доданий в таблицю).

Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопці -  **Застосувати**.

5.6 Призначення типів заданого армування елементам

В діалоговому вікні **Жорсткості та матеріали** на закладці **ТЗА** клацніть на кнопці -  **Показати мозаїку властивостей поточної закладки**. На схемі буде зображена мозаїка заданого армування (на даному етапі призначені **ТЗА № 1, 2**).

ТЗА призначається на елемент в цілому. Згадаймо, що стержні балок автоматично створеної рами були заздалегідь поділені на 4 елемента (див. рис. 1.3). Такий поділ використовується для завдання перемінного армування вздовж прогонів балок.

Додатково призначимо, як і планували, задане армування біля верхньої грані перерізу балок на опорних ділянках: **на елементах 11, 14, 15, 18, 19, 22, 23, 26** додамо **ТЗА № 3**.

Призначити задане армування на елементи можна як з діалогового вікна **Жорсткості та матеріали** на закладці **ТЗА**, так і з діалогового вікна **Завдання та корегування типів ЗА**. Розглянемо обидва варіанти.

На закладці **ТЗА** подвійним клацанням на рядку в списку встановіть поточним тип заданого армування **3. Стінка (Балки, опори - дод.) AS.T 1d16 m** (назва **ТЗА** з'явиться в полі **Призначити властивості** біля встановленого прапорця **Задане армування**, рис. 5.4).

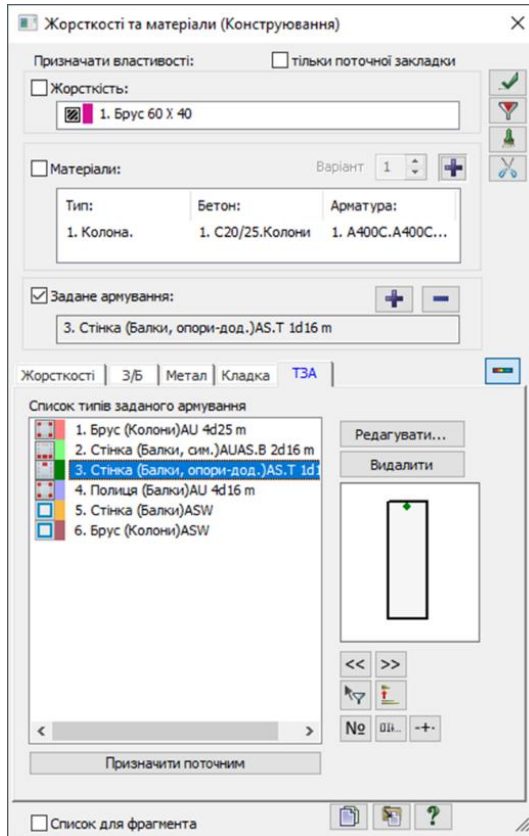


Рисунок 5.4 - Діалогове вікно **Жорсткості та матеріали**

Впевніться, що прапорці **Жорсткість** та **Матеріали** скинуті.

Клацніть на кнопці - **Відмітка елементів** в розкритому списку **Відмітка елементів** на панелі інструментів **Вибір**. За допомогою курсору відмітьте на схемі **елементи № 11, 14-15, 18, 19, 22-23, 26** (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір).

В діалоговому вікні при встановленому прапорці **Задане армування** клацніть на кнопці - **+ Додати поточні ТЗА на відмічені елементи** (з відмічених горизонтальних стержнів скидається відмітка - цим елементам призначений поточний **ТЗА № 3**, рис. 5.5).

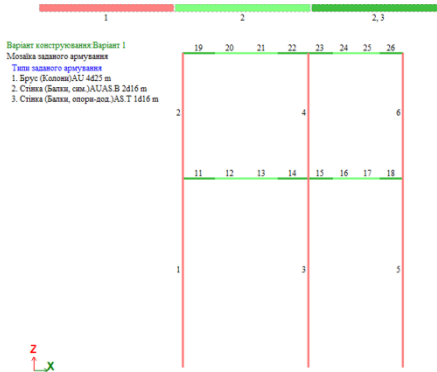


Рисунок 5.5 - Мозаїка повздовжнього заданого армування

В діалоговому вікні **Жорсткості та матеріали** на закладці **ТЗА** подвійним клацанням на рядку в списку призначте поточним тип заданого армування **4. Полиця (Балки) AU 4d16 m**.

Клацніть на кнопці - **Відмітка горизонтальних стержнів** на панелі інструментів **Вибір** та впевніться, що кнопка відмітки вертикальних стержнів відтиснута. За допомогою курсору відмітьте на схемі всі горизонтальні стержні (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір). В діалоговому вікні при встановленому прапорці **Задане армування** клацніть на кнопці - **Додати поточні ТЗА на відмічені елементи** (з відмічених горизонтальних стержнів скидається відмітка - цим елементам призначений поточний **ТЗА № 4**).

Для виконання повних перевірок заданого армування призначимо **ТЗА** поперечного армування на елементи схеми. Для нелінійних розрахунків необхідно і достатньо завдання інформації про поздовжнє армування. Якщо в цьому прикладі не призначати задане поперечне армування, то слід відмовитися від перевірок **ЗА** на **Q**.

Задане поперечне армування призначимо з діалогового вікна **Завдання й корегування типів ЗА**. В діалоговому вікні **Завдання та корегування типів ЗА** на закладці - **Стержень прямокутного перерізу** встановить прапорець в рядку списку для вибору типу заданого армування **6. Брус (Колони) ASW**.

Клацніть на кнопці - **Відмітка вертикальних стержнів** на панелі інструментів **Вибір**. За допомогою курсору відмітьте на схемі всі вертикальні стержні (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір). В діалоговому вікні клацніть на кнопці - **Додати обрані ТЗА на**

відмічені елементи схеми (обраний тип поперечного заданого армування буде призначений на елементи колон).

В діалоговому вікні **Завдання та корегування типів ЗА** на закладці - **+** **Стінка, полка стержня таврового, двотаврового перерізу** встановить прапорець в рядку списку для вибору типу заданого армування **5.Стінка (Балки) ASW**. Клацніть на кнопці - **⊖ Відмітка горизонтальних стержнів** на панелі інструментів **Вибір** та впевніться, що кнопка відмітки вертикальних стержнів відтиснута. За допомогою курсору відмітьте на схемі всі горизонтальні стержні (відмічені елементи розфарбовуються в червоний колір).

В діалоговому вікні клацніть на кнопці - **➔ Додати обрані ТЗА на відмічені елементи схеми** (обраний тип поперечного заданого армування буде призначений на елементи балок; на мозаїці заданого армування будуть відображені нові призначення, рис. 5.6).

Закрийте обидва діалогових вікна клацанням на кнопці - **✖ Закрити**.

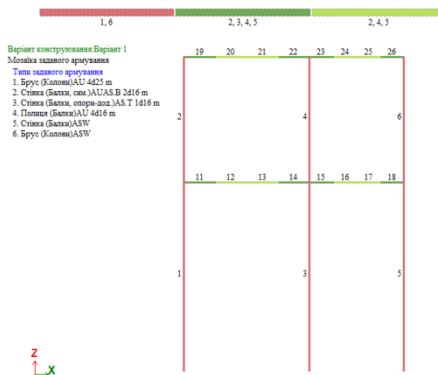


Рисунок 5.6 - Мозаїка поперечного заданого армування

5.7 Перевірка заданого армування

Клацанням на кнопці - **🔍 Розрахунок** (панель **Розрахунок** на вкладці **Залізобетон**) відкрийте діалогове вікно **Розрахунок і конструювання залізобетонних елементів** (рис. 5.7).

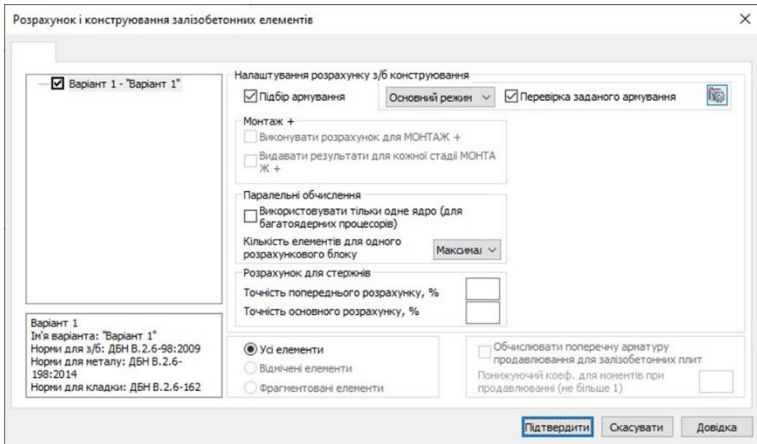







Рисунок 5.7 - Діалогове вікно
Розрахунок і конструювання залізобетонних елементів

Встановіть прапорець **Перевірка заданого армування**.

Клацніть на кнопці -  **Призначити перевірки заданого армування** для відкриття діалогового вікна **Перевірки заданого армування**.

В цьому діалоговому вікні встановіть прапорці для всіх доступних перевірок, крім перевірки на дію крутного моменту (у нас плоска задача), і клацніть на кнопці -  **Застосувати**. Для запуску розрахунку залізобетонних елементів клацніть на кнопці **Підтвердити**.

Після закінчення розрахунку клацніть на кнопці - **К^σ Перевірка за міцністю** (а потім інших) в розкриттій списку **Коефіцієнти запасу для стержнів** (панель **Армування стержнів** на вкладці **Залізобетон**) та перегляньте мозаїки отриманих коефіцієнтів запасу.


В розкриттій списку **Армування** (панель **Армування стержнів** на вкладці **Залізобетон**) для перегляду мозаїки коефіцієнтів запасу балок чи колон встановлюйте по черзі режими -  **Несиметричне армування** та -  **Симетричне армування**. Для збереження задачі клацніть на кнопці -  **Зберегти**.


Після призначення типів заданого армування файл **16_ПО_ЗБр_старт.lir** необхідно зберегти в окрему директорію. На основі цієї розрахункової моделі будуть створюватися схеми для розрахунку на стійкість до прогресуючого обвалювання.

6 НАЛАШТУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ РАМИ

6.1 Створення нелінійної розрахункової моделі на основі результатів лінійного розрахунку

При створенні розрахункової моделі для розрахунку на стійкість до прогресуючого обвалення виконуються наступні операції: створення жорсткостей з урахуванням нелінійної роботи матеріалу, зміна типів КЕ елементів схеми, моделювання локального руйнування та роботи моделі після видалення елемента. Створення нової моделі починається з відкриття файлу **16_ПО_ЗБр_старт.lir** основної схеми, яка була збережена на дію експлуатаційних навантажень.

Клацанням на кнопку -  **Жорсткості та матеріали елементів** (панель **Конструювання** на вкладці **Залізобетон**) відкрийте діалогове вікно **Жорсткості та матеріали** на закладці **Жорсткості**.

В цьому діалоговому вікні клацніть на кнопку -  **Замінити жорсткості за даними конструювання або статичного та динамічного розрахунків** для відкриття діалогового вікна **Заміна жорсткостей**.

В діалоговому вікні **Заміна жорсткостей** (рис. 6.1) задайте наступні параметри:


в списку **Імпортувати жорсткості з результатів** увімкніть радіокнопку **розрахунку З/Б конструкцій**;

в групі **Закон нелін. деформ.** для поточних норм доступна лише радіокнопка з номерами законів **15/11** (потрібні для розрахунку закони з номером 14 можна згодом задати вручну).

Параметри **Симетрія / Несиметрія** у списку **Вид результату** мають значення тільки у випадку, якщо при налаштуваннях матеріалів для розрахунку з/б стержня замовлений симетричний та несиметричний розрахунок (вибирається один з результатів), в інших випадках параметр не використовується.

За замовчуванням до імені файлу приписується закінчення **_N**, рекомендується залишати його без змін:

в полі **Ім'я файлу** перевірте місце збереження та ім'я нового файлу; всі інші параметри залишаються заданими за замовчуванням.

Для створення нової задачі **16_ПО_ЗБр_старт_N.lir** із заміненіми жорсткостями та закриття діалогового вікна клацніть на кнопку -  **Підтвердити**.

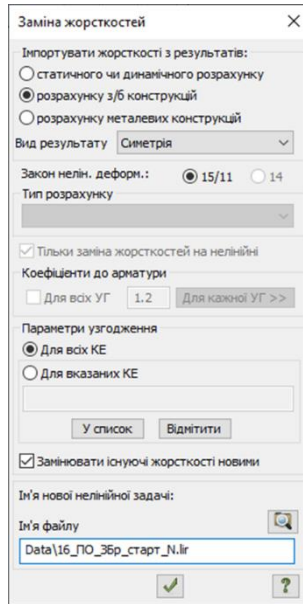




Рисунок 6.1 - Діалогове вікно **Заміна жорсткостей**

6.2 Налаштування законів нелінійної роботи бетону

Клацанням на кнопці -  **Жорсткості та матеріали елементів** (панель **Жорсткості та в'язі** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Жорсткості та матеріали** на закладці **Жорсткості**. В списку типів жорсткостей виберіть **перший рядок 1***. **Брус 60 X 40**. Клацніть на кнопці **Змінити** для відкриття діалогового вікна **Завдання стандартного перерізу**.

В цьому діалоговому вікні клацніть на кнопці -  **Параметри матеріалу** для відкриття діалогового вікна **Закони нелінійного деформування матеріалів**. В діалоговому вікні **Закони нелінійного деформування матеріалів** на закладці **Основний матеріал** (рис. 6.2) задайте наступні параметри: в списку законів оберіть **14 - кусочно-лінійний закон нелінійного деформування**; задайте параметри закону запозичені з закону за іншими нормами **B25; Група E1** - три пари значень **Деформація/Напруження -0.0035 та -2120.63; -0.0015 та -2120.63; 0 та 0**; додайте коментар **N14_B25_E1**. Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці **Підтвердити**.

В списку типів жорсткостей виберіть **другий рядок 2***. **Тавр_Т 20 X 60** та зробіть **Заміну** по аналогії з **першим рядком 1***. **Брус 60 X 40**.

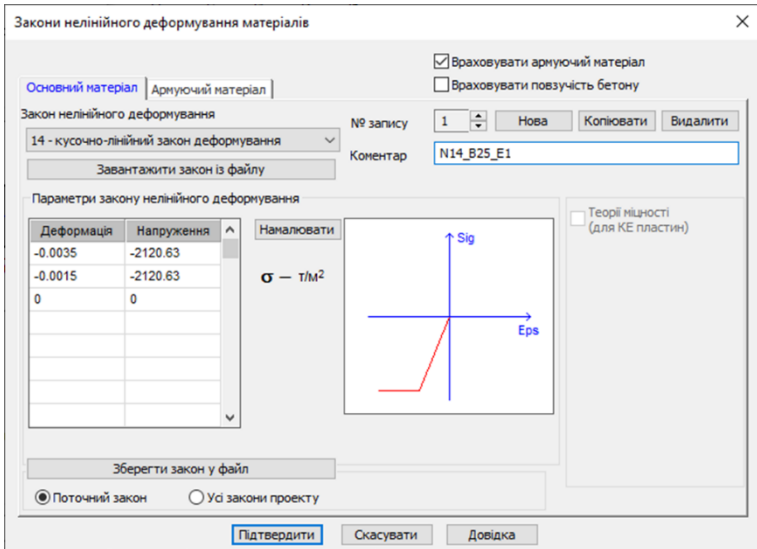


Рисунок 6.2 - Діалогове вікно
Закони нелінійного деформування матеріалів: бетон

6.3 Налаштування законів нелінійної роботи арматури

Впевніться, що в діалоговому вікні **Завдання стандартного перерізу** встановлений прапорець **Нелінійний закон для арматури з ТЗА**. Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці - **Підтвердити**. В діалоговому вікні **Жорсткості та матеріали** (яке досі відкрите) клацніть на закладці **ТЗА**. Клацніть на кнопці **Редагувати** для відкриття діалогового вікна **Завдання та редагування типів ЗА**.

В цьому діалоговому вікні на закладці - **Стержень прямокутного перерізу** в зведеному списку виберіть **ТЗА № 1 АУ**. В правій частині вікна встановіть прапорець **Урахування фіз. нелінійності** і клацніть на кнопці з однойменною назвою (поруч з прапорцем) для відкриття діалогового вікна **Закони нелінійного деформування матеріалів** на закладці **Задане армування**.

В діалоговому вікні **Закони нелінійного деформування матеріалів** (рис. 6.3) задайте наступні параметри: в списку законів оберіть **14 - кусочно-лінійний закон нелінійного деформування**; натисніть на кнопку **Новий** поруч з лічильником заданих записів законів (в лічильнику буде встановлений номер **2**); задайте параметри закону запозичені з закону за іншими нормами **A400**; **Група E1** - п'ять пар значень

Деформація/Напруження: -0.033 та -45734.3; -0.002242 та -45734.3; 0 та 0; 0.002242 та 45734.3; 0.033 та 45734.3; додайте коментар N14_A400_E1.

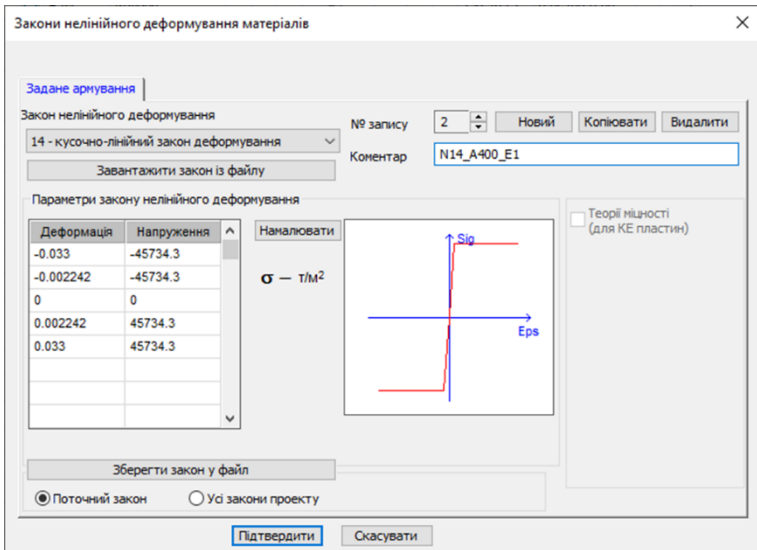


Рисунок 6.3 - Діалогове вікно

Закони нелінійного деформування матеріалів: задане армування


Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці **Підтвердити**. В діалоговому вікні **Завдання та редагування типів ЗА** клацніть на кнопці - **Застосувати** для внесення змін в поточний **ТЗА**.

В діалоговому вікні **Завдання та редагування типів ЗА** клацніть на закладці - **Стінка**, полка **стержня таврового, двотаврового перерізу** і в зведеному списку виберіть **ТЗА № 2 AUAS.B**.

В правій частині вікна встановіть прапорець **Урахування фіз. нелінійності** і клацніть на кнопці з однойменною назвою (поруч з прапорцем) для відкриття діалогового вікна **Закони нелінійного деформування матеріалів** на закладці **Задане армування**.

В діалоговому вікні **Закони нелінійного деформування матеріалів** в списку законів оберіть **14 - кусочно-лінійний закон нелінійного деформування**, а в лічильнику записів - **запис № 2 (N14_A400_E1)**.


Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці **Підтвердити**.

В діалоговому вікні **Завдання та редагування типів ЗА** клацніть на кнопці -  **Застосувати** для внесення змін в поточний ТЗА.

В цьому діалоговому вікні в зведеному списку виберіть **ТЗА № 3 AS.T**. В правій частині вікна встановіть прапорець **Урахування фіз. нелінійності** і клацніть на кнопці з однойменною назвою (поруч з прапорцем) для відкриття діалогового вікна **Закони нелінійного деформування матеріалів** на закладці **Задане армування**.

В діалоговому вікні **Закони нелінійного деформування матеріалів** в списку законів оберіть **14 - кусочно-лінійний закон нелінійного деформування**, а в лічильнику записів - запис **№ 2 (N14_A400_E1)**.


Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці **Підтвердити**


В діалоговому вікні **Завдання та редагування типів ЗА** клацніть на кнопці -  **Застосувати** для внесення змін в поточний ТЗА.


В цьому діалоговому вікні в зведеному списку виберіть **ТЗА № 4 AU**. В правій частині вікна встановіть прапорець **Урахування фіз. нелінійності** і клацніть на кнопці з однойменною назвою (поруч з прапорцем) для відкриття діалогового вікна **Закони нелінійного деформування матеріалів** на закладці **Задане армування**.

В діалоговому вікні **Закони нелінійного деформування матеріалів** в списку законів оберіть **14 - кусочно-лінійний закон нелінійного деформування**, а в лічильнику записів - запис **№ 2 (N14_A400_E1)**.

Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці **Підтвердити**.

В діалоговому вікні **Завдання та редагування типів ЗА** клацніть на кнопці -  **Застосувати** для внесення змін в поточний ТЗА.

Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці -  **Підтвердити**.

Створена розрахункова модель не буде застосовуватися в розрахунках, але на її основі створюватимуться інші моделі для моделювання локального руйнування. Для збереження задачі клацніть на кнопці  - **Зберегти**.

Після збереження моделі у файлі **16_PO_ЗБр_старт_N.lir** збережіть цей самий файл з новим іменем **ПО_ЗБр_210кр_Kd2_KE1.lir** в той самий каталог.

Зважаючи на те, що при розрахунку на стійкість до прогресуючого обвалення потрібно буде створювати декілька файлів задач, залежно від кількості сценаріїв локального руйнування, призначених типів **KE**, а також постановки задачі, рекомендується надавати схемам назви таким чином, щоб в імені файлу містилася інформація про налаштування, прийняті у цій

моделі. Для цієї задачі пропонуємо файл з ім'ям **ПО_ЗБр_210кр_Kd2_KE1.lir**. Позначення в імені:

ПО - розрахунок на стійкість до **прогресуючого обвалення**;

ЗБр - залізобетонна рама;


210кр - в розрахунку використовуються нелінійні крокові елементи з типом **210**;

Kd2 - розрахунок виконується в квазістатичній постановці з коефіцієнтом динамічності **2**;

KE1 - відбувається **локальне руйнування KE № 1**.

7 СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ РАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ В КВАЗІСТАТИЧНІЙ ПОСТАНОВЦІ

7.1 Коригування списку завантажень

Відкрийте файл **ПО_ЗБр_210кр_Kd2_KE1.lir**, створений на попередньому етапі (або продовжте роботу з моделлю, якщо ви не виходили з програми). Клацанням на кнопці -  **Редактор завантажень** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Редактор завантажень** (рис. 7.1).

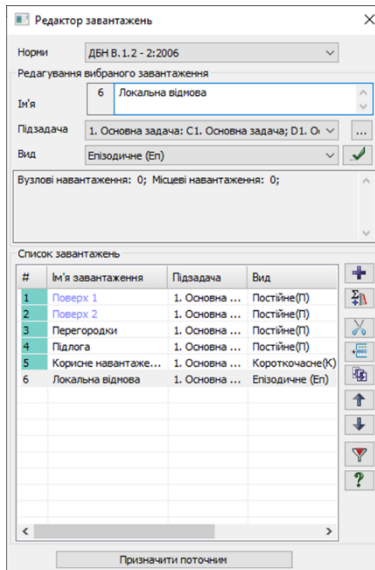


Рисунок 7.1 - Діалогове вікно **Редактор завантажень**

Видаліть завантаження **6 - Вітер (статика)** та **7 - Вітер (пульсація)**. Щоб додати шосте завантаження (**6**), в полі **Список завантажень** клацніть на кнопці - **+** **Додати завантаження (в кінець)**. Для **Завантаження 6** в полі **Редагування вибраного завантаження** оберіть в розкритому списку **Вид** (для норм **ДБН В.1.2-2:2006**) рядок **Епізодичне (Еп)**, задайте ім'я **Локальна відмова** і клацніть на кнопці - **✓ Застосувати**. Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопці - **✕ Закрити**.

7.2 Призначення розрахунку на прогресуюче обвалення і коригування монтажних стадій

Розрахунок на прогресуюче обвалення виконується на характеристичні навантаження з урахуванням тривалості їхньої дії, тому при моделюванні нелінійних завантажень потрібно за допомогою понижувальних коефіцієнтів перейти від заданих на схему розрахункових значень навантажень до характеристичних тривалої дії. Понижувальний коефіцієнт обчислюється для кожного завантаження за формулою $(1/(\gamma_{fm} / \gamma_{fe})) * (P_q / P_{ch})$, де $\gamma_{fm} / \gamma_{fe}$ - відношення коефіцієнтів надійності за навантаженням (на нього ділимо), P_q / P_{ch} - частка тривалості навантаження (на неї множимо). Цей понижувальний коефіцієнт врахуємо у складі сумарного коефіцієнта.

Клацанням на кнопці - **Г** **Монтаж** (панель **Нелінійність** на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно **Моделювання нелінійних завантажень конструкції** (рис. 7.2).

В параметрах нелінійного завантаження змініть вид розрахунку на **Прогр. обвалення**. Клацніть на закладці **Параметри**.

Клацанням на рядку списку виберіть в нелінійній історії перше завантаження **<1.Поверх 1>** та задайте параметри: кількість кроків - **5**; сумарний коефіцієнт - **0.91** (з врахуванням $\gamma_{fm} / \gamma_{fe} = 1.1$); для збереження змін клацніть на першому завантаженню в історії.

Виберіть в нелінійній історії друге завантаження **<2.Поверх 2>** та задайте параметри: кількість кроків - **5**; сумарний коефіцієнт - **0.91** (з врахуванням $\gamma_{fm} / \gamma_{fe} = 1.1$); для збереження змін клацніть на другому завантаженню в історії.

Виберіть в нелінійній історії третє завантаження **<3.Перегородки>** та задайте параметри: кількість кроків - **5**; сумарний коефіцієнт - **0.83** (з врахуванням $\gamma_{fm} / \gamma_{fe} = 1.2$); для збереження змін клацніть на третьому завантаженню в історії.

Виберіть в нелінійній історії четверте завантаження **<4.Підлога>** та задайте параметри: кількість кроків - **5**; сумарний коефіцієнт - **0.77** (з врахуванням $\gamma_{fm} / \gamma_{fe} = 1.3$); для збереження змін клацніть на четвертому завантаженню в історії.

Для додавання нового рядка в історії навантажень клацніть на кнопки - **+** Додати (додалося п'яте завантаження < **5.Корисне навантаження** >) та задайте параметри: кількість кроків - **5**; сумарний коефіцієнт - **0.269** (з врахуванням $\gamma_{fm} / \gamma_{fe} = 1.3$ та $P_q / P_{ch} = 0.35$); для збереження змін клацніть на п'ятому завантаженню в історії.

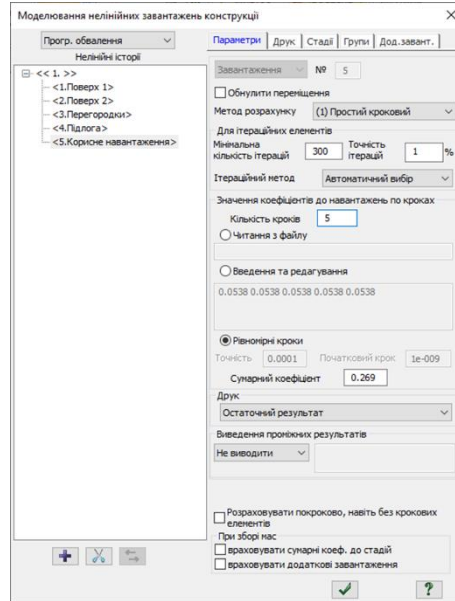


Рисунок 7.2 - Діалогове вікно
Моделювання нелінійних завантажень конструкції

7.3 Моделювання локальної відмови

Для додавання нового рядка в історії навантажень клацніть на кнопки - **+** Додати (додалося шосте завантаження < **6.Локальна відмова** >). Клацніть на закладці **Стадії**. Відкрийте діалогове вікно **Показати** клацанням на кнопки - **?** **Параметри відображення** на панелі інструментів **Параметри відображення**.

Клацніть на закладці - **Елементи**. Встановіть прапорець - **№** **Номери елементів** при встановленому прапорці **Перемальовувати автоматично** або додатково клацніть на кнопки **Перемалювати**, щоб номери елементів відобразилися на схемі. Клацніть на кнопки - **Відмітка елементів** в розкритому списку **Відмітка елементів** на панелі інструментів **Вибір**.

За допомогою курсору відмітьте на схемі **елемент № 1** (колонна першого поверху, перша у напрямку осі X, рис. 7.3).



Рисунок 7.3 - Розрахункова схема з номерами елементів


В діалоговому вікні **Моделювання нелінійних завантажень конструкції** виберіть в нелінійній історії шосте завантаження < **6.Локальна відмова** >. В групі **Демонтовані елементи** клацніть на кнопки - **+ Додати** (в списку з'явиться номер відміченого на схемі елемента - **1**, рис. 7.4). Для внесення змін в історію навантажень та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці - **✓ Застосувати**.

В активному режимі **Відмітка елементів** клацніть на відміченому **елементі № 1** для зняття відмітки.

7.4 Завдання коефіцієнтів динамічності

Клацанням на кнопці - **🗑 Локальна відмова (квастатика)** (панель **Прогресуюче обваллення** на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно **Коефіцієнти динамічності**. У цьому діалоговому вікні клацніть на кнопці - **🧩 Показати мозаїку**. На схемі буде зображена мозаїка коефіцієнтів динамічності по **Z**.

Клацніть на кнопці - **📍 Відмітка вузлів** в розкритому списку **Відмітка вузлів** на панелі інструментів **Вибір**. Клацанням відмітьте на схемі **верхній вузол стержня №1**. В діалоговому вікні **Коефіцієнти динамічності** скиньте прапорець **Одне значення для всіх**. В полі **Z** введіть коефіцієнт **2** (рис. 7.5).

Для призначення коефіцієнта динамічності на відмічений вузол клацніть на кнопці - ... **Застосувати**. На схемі буде зображена оновлена мозаїка коефіцієнтів динамічності по **Z** (рис. 7.6).

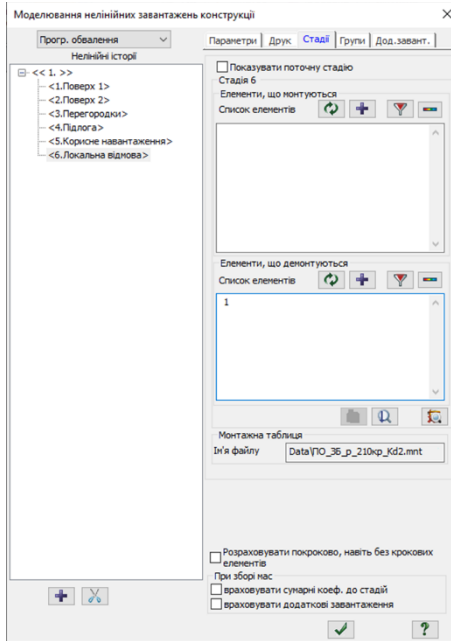


Рисунок 7.4 - Діалогове вікно
Моделювання нелінійних завантажень конструкції

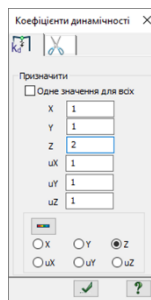


Рисунок 7.5 - Діалогове вікно **Коефіцієнти динамічності**



Рисунок 7.6 - Мозаїка коефіцієнтів динамічності по Z

Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопці - **Закрити**. Скиньте режим перегляду мозаїки натисканням клавіші **ESC**.

7.5 Коригування таблиці РСЗ

Розрахунок за **РСЗ** елементів залізобетонних конструкцій виконується для визначення напружено - деформованого стану перерізів, в тому числі при їхньому руйнуванні внаслідок змодельованої локальної відмови елемента.

Клацанням на кнопці - **Таблиця РСЗ** (панель **РСЗ** на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно **Розрахункові сполучення зусиль**.


В зведеній таблиці для обчислення **РСЗ** виберіть рядок **№ 5 - Корисне навантаження**. В списку **Вид завантаження** оберіть вид **Постійне(0)** і клацніть на кнопці - **Застосувати**.

В зведеній таблиці для обчислення **РСЗ** виберіть рядок **№ 6 - Локальна відмова** і клацніть на кнопці - **Застосувати** біля списку **Вид завантаження** для внесення параметрів за замовчуванням для цього завантаження в зведену таблицю. Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці - **Підтвердити**.

Для збереження задачі клацніть на кнопці - **Зберегти**.

8 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РАМИ З НЕЛІНІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МАТЕРІАЛІВ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ В КВАЗІСТАТИЧНІЙ ПОСТАНОВЦІ

8.1 Повний розрахунок рами

Клацанням на кнопці -  **Виконати повний розрахунок** (панель **Розрахунок** на вкладці **Розрахунок**) запустить задачу на розрахунок.




Розрахунок виконується квазістатичним методом прямого інтегрування рівнянь руху у часі в лінійній та нелінійній постановках. При цьому використовується система **Монтаж** для отримання коректного напружено-деформованого стану конструкцій на момент часу перед відмовою елемента, і наступним автоматичним прикладанням обчислених реакцій від видаленого елемента (з протилежним знаком) з врахуванням заданого коефіцієнта динамічності. У протоколі рішення задачі буде повідомлено про проблеми, а саме про руйнацію деяких елементів схеми.

8.2 Аналіз результатів розрахунку

Після розрахунку задачі, перегляд та аналіз результатів перевірки на стійкість до прогресуючого обвалення здійснюється на вкладці **Розширений аналіз** стрічкового інтерфейсу.

При перегляді історії завантажень зруйновані елементи з'являються на стадії <6> **Локальна відмова**. Зверніть увагу, що на цій стадії на схемі відсутній **демонтований елемент № 1**.

Після розрахунку задачі, перегляд та аналіз результатів перевірки на стійкість до прогресуючого обвалення здійснюється на вкладці **Розширений аналіз** стрічкового інтерфейсу. При перегляді історій завантажень зруйновані елементи з'являються на стадії <6> **Локальна відмова**. Зверніть увагу, що на цій стадії на схемі відсутній **демонтований елемент № 1**. Клацніть на вкладці **Розширений аналіз**.

Клацніть на кнопці -  **Вихідна + деформована** (панель **Деформації** на вкладці **Розширений аналіз**) для перегляду на схемі початкової схеми з накладеною схемою деформацій. Виберіть **завантаження/стадію <6> Локальна відмова** у списку завантажень в рядку стану (цей рядок знаходиться в нижній області робочого вікна програми). Клацніть на кнопці -  **Зруйновані елементи** (панель **Руйнування** на вкладці **Розширений аналіз**) для перегляду на схемі мозаїки зруйнованих елементів. Для перегляду інформації про стан окремого перерізу стержня клацніть на кнопці -  **Інформація про вузол або елемент** на панелі інструментів **Вибір**. За допомогою курсору вкажіть на схемі **елемент № 14**.

У відкритому діалоговому вікні **Стержень 14** (рис. 8.1) встановіть прапорець **Тріщини** для відкриття вікна перегляду **Характеристики перерізу з тріщинами** (рис. 8.2).

Стержень 14

Номери вузлів
12, 5

№ 14 Блок N 1 Відмічений

Тип жорсткості
2*. Тавр_Т 20 X 60

Тип KE К-ть перерізів A : ID
210 5

Довжина, координати центра ваги
L=1м, Xc=3.5м, Yc=0м, Zc=6м

Завантаженн № заван. 6

N	-11.2763	т
Mx	0	т*м
My	-21.2687	т*м
Qz	-21.2384	т
Mz	0	т*м
Qy	0	т
Ry	0	т/м
Rz	0	т/м
Bw	0	т*м*м
Tw	0	т*м

Переріз 1 Епюри Тріщини

?

Рисунок 8.1 - Діалогове вікно **Інформація про елемент**

Закрийте діалогове вікно **Інформація про елемент (Стержень 14)** клацанням на кнопці - **✖ Закрити** (разом з ним закриється вікно перегляду **Характеристики перерізу з тріщинами**). Для збереження задачі клацніть на кнопці **💾 Зберегти**. Після збереження моделі у файлі **ПО_ЗБр_210кр_Kd2_KE1.lir** збережіть цей самий файл з новим іменем **ПО_ЗБр_Лін_dT002_KE1.lir** в той самий каталог.

Зважаючи на те, що при розрахунку на стійкість до прогресуючого обвалення потрібно буде створювати декілька файлів задач, залежно від кількості сценаріїв локального руйнування, призначених типів **KE**, а також постановки задачі, рекомендується надавати схемам назви таким чином,

щоб в імені файлу містилася інформація про налаштування, прийняті у цій моделі.

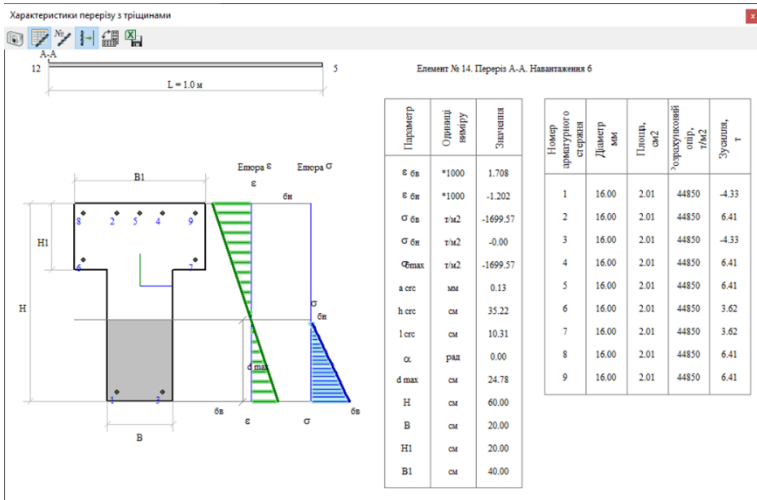


Рисунок 8.2 - Вікно перегляду **Характеристики перерізу з тріщинами**

Пропонується створити файл з ім'ям **ПО_ЗБр_Лін_dT002_KE1.lir**, де у позначенні імені:

ПО - розрахунок на стійкість до **прогресуючого обваллення**;

ЗБр - залізобетонна рама;

Лін - в розрахунку використовуються елементи з **типом 10**;


dT002 - розрахунок виконується в динамічній постановці, час відмови елемента, що руйнується, приймаємо рівним **0.02 с**;

KE1 - відбувається локальне руйнування **KE №1**.


9 СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ РАМИ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ У ДИНАМІЧНІЙ ПОСТАНОВЦІ

9.1 Коригування монтажних стадій

Клацанням на кнопці - Стадії (панель **Монтаж** на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно **Моделювання нелінійних завантажень конструкції**. За допомогою курсору виберіть завантаження < **6. Локальна відмова** >. В списку демонтованих елементів видаліть

елемент №1. Для внесення змін та закриття діалогового вікна клацніть на кнопці -  **Застосувати.**

9.2 Коригування списку завантажень

Відкрийте діалогове вікно **Редактор завантажень** (рис. 9.1) клацанням на кнопці -  **Редактор завантажень** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення та редагування**). Видаліть завантаження **6 - Локальна відмова**.

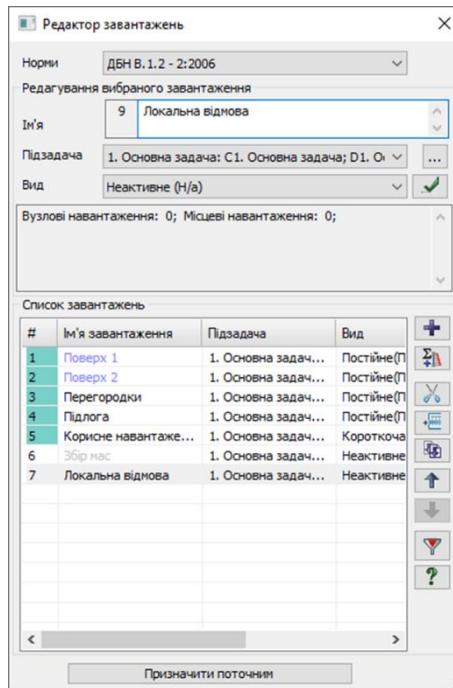











Рисунок 9.1 - Діалогове вікно **Редактор завантажень**

Щоб додати **шосте завантаження (6)**, в полі **Список завантажень** клацніть на кнопці -  **Додати завантаження (в кінець)**. Для **Завантаження 6** в полі **Редагування вибраного завантаження** оберіть в розкритвному списку **Вид** рядок **Неактивне (Н/а)**, задайте ім'я **Збір мас** і клацніть на кнопці -  **Застосувати.**

Щоб додати **сьоме завантаження (7)**, в полі **Список завантажень** клацніть на кнопці -  **Додати завантаження (в кінець)**. Для

Завантаження 7 в полі **Редагування вибраного завантаження** оберіть в розкритому списку **Вид рядок Неактивне (Н/а)**, задайте ім'я **Локальна відмова** і клацніть на кнопці -  **Застосувати**. Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопці -  **Закрити**.

Клацанням на кнопці -  **Локальна відмова (квазістатика)** (панель **Прогресуюче обвалення** на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно **Коефіцієнти динамічності**. В цьому діалоговому вікні клацніть на кнопці -  **Показати мозаїку**. На схемі буде зображена мозаїка коефіцієнтів динамічності по **Z**. Клацніть на кнопці -  **Відмітка вузлів** в розкритому списку **Відмітка вузлів** на панелі інструментів **Вибір**. За допомогою курсору відмітьте на схемі **верхній вузол стержня № 1**.

В полі **Z** введіть коефіцієнт **1**. Для призначення коефіцієнта динамічності на відмічений вузол клацніть на кнопці -  **Застосувати**. На схемі буде зображена оновлена мозаїка коефіцієнтів динамічності по **Z** (рис. 9.2).

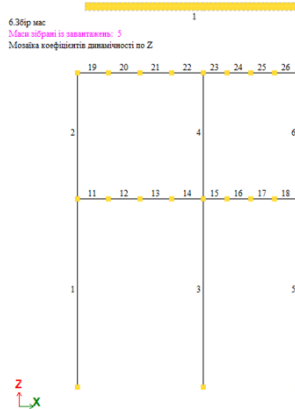




Рисунок 9.2 - Мозаїка коефіцієнтів динамічності по Z


Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопці -  **Закрити**. Скиньте режим перегляду мозаїки натисканням клавіші **ESC**.

9.3 Налаштування параметрів динаміки у часі

Клацанням на кнопці -  **Динаміка у часі** (панель **Динаміка** на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно **Динаміки у часі** (рис. 9.3).

Встановіть прапорець **Виконувати розрахунок динаміки у часі** і задайте наступні параметри: задайте номер завантаження з динамічними навантаженнями - **7**; задайте номер завантаження з вагою мас - **6**; видаліть дані в полі номер завантаження з демпфуючими

характеристиками; задайте крок інтегрування - **0.002** с; в списку оберіть групу **РСЗ** для динамічного завантаження - **E1**; всі інші параметри залишаються заданими за замовчуванням.

Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопки -  **Підтвердити**.

Динаміка у часі
✕

Виконувати розрахунок Динаміки у часі

Номери завантажень:

з динамічними навантаженнями	7
з вагами мас	6
з демпфуючими характеристиками	

Параметри інтегрування

Крок інтегрування	0.002	с
Час інтегрування	1	с
Кількість дроблень кроку	1	

Коефіцієнти інтегрування

<div style="border: 1px solid gray; padding: 2px; display: flex; align-items: center;"> Автоматичний вибір ▼ </div>	Beta	0.5
	Alpha	0.25

Для нелінійних ітераційних елементів

Мінімальна кількість ітерацій	50	
Точність ітерацій	1	%

Ітераційний метод

Автоматичний вибір
▼

Результати розрахунку

Тільки переміщення
 Переміщення, зусилля та РСЗ
 Переміщення та зусилля
 Реакції

Стан перерізу на кроках інтегрування

Не виводити
▼

Параметри розрахунків при конструюванні

Коефіцієнт відповідальності	1
<input type="checkbox"/> Формувати групи РСЗ для передісторії	
Середній коеф. надійності за навантаженням	1.15
Середня частка тривалості	1
Група РСЗ для динамічного завантаження	E1
<input type="checkbox"/> Враховувати динамічне завантаження для II ГС	
Середній коеф. надійності за навантаженням	1





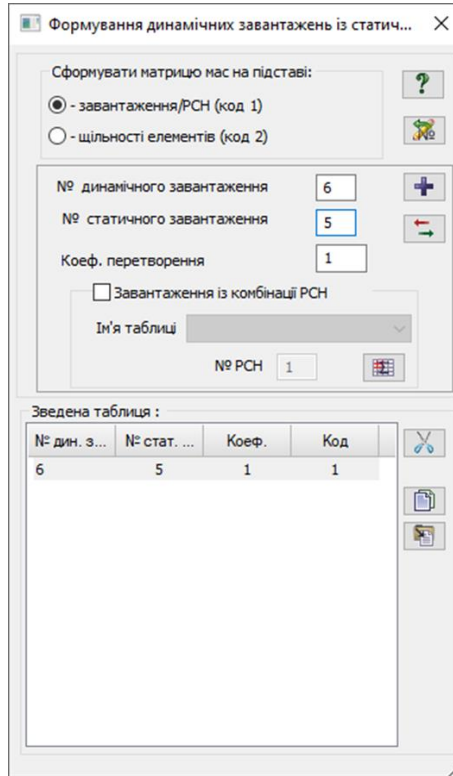





Рисунок 9.3 - Діалогове вікно Динаміка у часі


9.4 Формування динамічних завантажень зі статичних
 Клацанням на кнопці -  **Врахування статичних завантажень**
 (панель Динаміка на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно
Формування динамічних завантажень зі статичних (рис. 9.4).





Формування динамічних завантажень зі статич...

Сформувати матрицю мас на підставі:

- завантаження/РСН (код 1) 

- щільності елементів (код 2) 


№ динамічного завантаження 

№ статичного завантаження 

Коеф. перетворення

Завантаження із комбінації РСН

Ім'я таблиці

№ РСН 

Зведена таблиця :

№ дин. з...	№ стат. ...	Коеф.	Код
6	5	1	1






 

Рисунок 9.4 - Діалогове вікно
Формування динамічних завантажень зі статичних

Для формування першого рядка зведеної таблиці при увімкненій радіо кнопки **завантаження / РСН (код 1)** задайте наступні параметри: **№ динамічного завантаження - 6; № статичного завантаження - 5; коеф. перетворення - 1.** Для додавання сформованого рядка в таблицю клацніть на кнопці -  **Додати.**

Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопці -  **Закрити.**

9.5 Налаштування локального руйнування

Клацанням на кнопки -  **Локальна відмова (динаміка)** (панель **Прогресуюче обвалення** на вкладці **Розрахунок**) відкрийте діалогове вікно **Відмова від роботи елементів у динаміці у часі**. Задайте час відмови **dT - 0.02 с**.





Клацніть на кнопки -  **Відмітка елементів** в розкритому списку **Відмітка елементів** на панелі інструментів **Вибір**. За допомогою курсору відмітьте на схемі **стержень № 1**. Для додавання відміченого елемента в групу відмови елементів від роботи клацніть на кнопки -  **Додати**. В цьому діалоговому вікні клацніть на кнопки -  **Показати мозаїку**. На схемі буде зображена мозаїка часу відмови від роботи елементів в динаміці у часі (рис. 9.5).





Рисунок 9.5 - Мозаїка часу відмови від роботи елементів в динаміці у часі

Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопки -  **Закрити**. Скиньте режим перегляду мозаїки натисканням клавіші **ESC**.

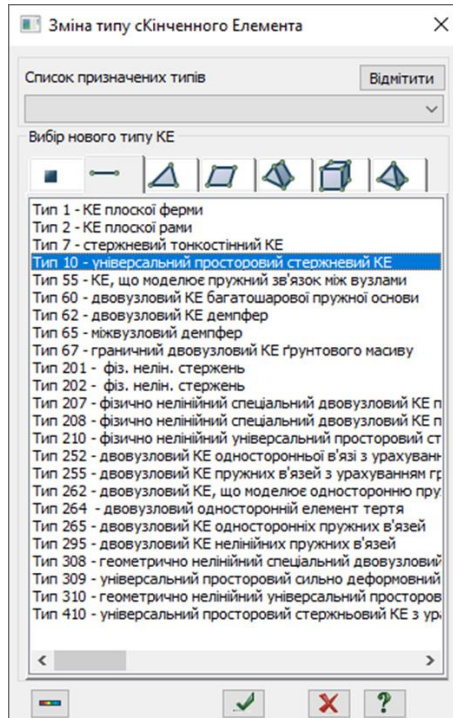
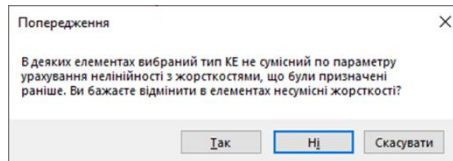
9.6 Зміна типів КЕ для елементів рами

За допомогою курсору відмітьте на схемі всі стержні (для відмітки всієї схеми можна скористатися командою **CTRL+A**).


Клацанням на кнопки -  **Зміна типу стержня** (панель **Редагування стержнів** на вкладці **Стержні**) відкрийте діалогове вікно **Зміна типу скінченного елемента** на закладці **Стержні** (рис. 9.6).


В цьому діалоговому вікні виберіть у списку **Тип 10** - універсальний просторовий елемент і клацніть на кнопки -  **Застосувати**.



У вікні **Попередження** (рис. 9.7) натисніть - **Ні**.

Рисунок 9.6 - Діалогове вікно **Зміна типу скінченного елемента**Рисунок 9.7 - Вікно **Попередження**

9.7 Коригування типів жорсткостей

Клацанням на кнопці -  **Жорсткості та матеріали елементів** (панель **Жорсткості та в'язі** на вкладці **Створення та редагування**) відкрийте діалогове вікно **Жорсткості та матеріали** на закладці **Жорсткості**. В списку типів жорсткостей виберіть перший рядок **1* Брус 60 X 40**. Клацніть на кнопці **Змінити** для відкриття діалогового вікна **Завдання стандартного перерізу**, і задайте наступні параметри: в полі


Жорсткісні характеристики перерізу натисніть радіокнопку **Розрахувати автоматично за розмірами перерізу**; задайте модуль пружності $E = 3e6 \text{ т/м}^2$ (з використанням **англійської розкладки клавіатури**). Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопки -  **Підтвердити** (відкоригований тип жорсткості **втратив * в імені, став лінійним**).

В діалоговому вікні **Жорсткості та матеріали** в списку типів жорсткостей виберіть другий рядок **2*. Тавр_Т 20x60**. Клацніть на кнопки **Змінити** для відкриття діалогового вікна **Завдання стандартного перерізу** і задайте наступні параметри: в полі **Жорсткісні характеристики перерізу** натисніть радіокнопку **Розрахувати автоматично за розмірами перерізу**; задайте модуль пружності $E = 3e6 \text{ т/м}^2$ (з використанням **англійської розкладки клавіатури**). Для підтвердження введених даних та закриття діалогового вікна клацніть на кнопки -  **Підтвердити**. Закрийте діалогове вікно клацанням на кнопки -  **Закрити**.

Закони нелінійної роботи матеріалів не видаляються, а зберігаються в розрахунковій схемі і можуть використовуватися для розрахунків в динамічній постановці із застосуванням нелінійних скінченних елементів.

10 РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ РАМИ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ У ДИНАМІЧНІЙ ПОСТАНОВЦІ



10.1 Повний розрахунок рами

Клацніть на кнопки -  **Виконати повний розрахунок** (панель **Розрахунок** на вкладці **Розрахунок**) для запуску розрахунку задачі.

Розрахунок виконується динамічним методом прямого інтегрування рівнянь руху у часі в лінійній та нелінійній постановках з врахуванням історії навантаження/зведення, завершальною стадією якого є автоматична генерація і прикладання імпульсного навантаження у вказаний проміжок часу. Цей метод надає змогу врахувати ефекти демпфування.

10.2 Аналіз результатів розрахунку

Після розрахунку задачі в динамічній постановці, аналіз результатів за окремими завантаженнями не доступний. Замість завантажень аналізуються результати за кроками інтегрування динаміки у часі, **першим «завантаженням»** буде **Передісторія**, яка відповідає стану моделі на момент **завантаження № 5**. Клацніть на вкладці **Аналіз**.

Для перегляду інформації про стан окремого вузла клацніть на кнопки -  **Інформація про вузол або елемент** на панелі інструментів **Вибір**. За допомогою курсору вкажіть на схемі **верхній вузол стержня № 1**. У відкритому діалоговому вікні **Вузол 4** клацніть на закладці - 

Переміщення у часі. На цій закладці увімкніть радіокнопку **Z** і встановіть прапорець **Зміни у часі** для відкриття вікна перегляду **Динаміка у часі - результати**. У вікні перегляду клацніть на кнопці - **Показати відмітки кроків інтегрування**. За замовчуванням встановлена одна відмітка **Передісторія**. На графіку **Переміщення по Z, мм** клацніть в точці з найменшим значенням (рис. 10.1) для додавання нової відмітки кроків інтегрування (повторне клацання на лінії правою кнопкою миші знімає відмітку).

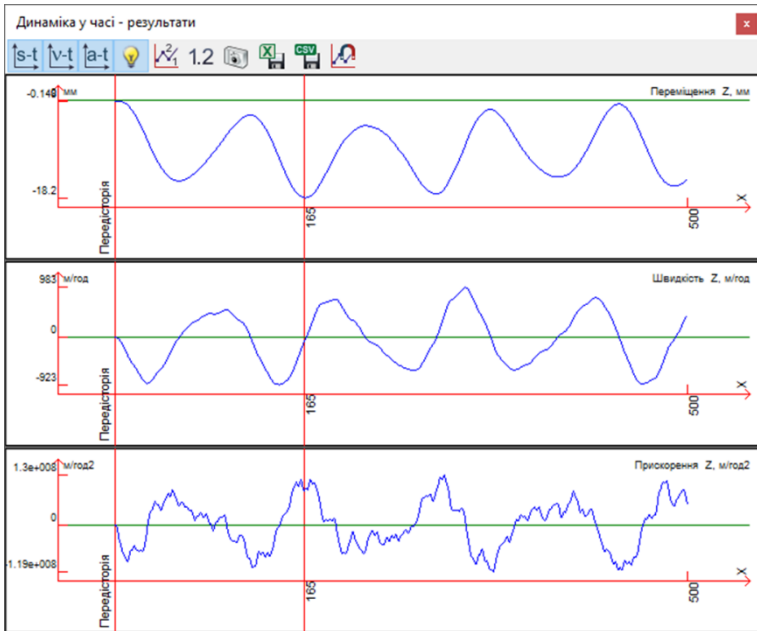


Рисунок 10.1 - Вікно перегляду **Динаміка у часі – результати**

Закрийте діалогове вікно **Інформація про вузол (Вузол 4)** клацанням на кнопці - **Закрити** (разом з ним закриється вікно перегляду **Динаміка у часі - результати**). Відмічені кроки інтегрування у часі (контрольні) додаються у список завантажень, який знаходиться в рядку стану.

Виберіть **завантаження/крок** інтегрування **165 (0.330 сек)** у списку завантажень в рядку стану (цей рядок знаходиться в нижній області робочого вікна програми). Клацніть на кнопці - **Z Мозаїка переміщень по Z(G)** (панель **Деформації** на вкладці **Аналіз**) для перегляду на схемі мозаїки переміщень за напрямком **Z** на обраному кроці інтегрування.

11 ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОГО ВИКОНАННЯ

11.1 Вихідні дані

Схема залізобетонної рами та граничні умови показані на рис. 0.1. Необхідні вихідні дані наведені у таблиці 3.1:

1. кроки вздовж першої осі (X): L_1 та L_2 ;
2. кроки вздовж другої осі (Z): H_1 та H_2 ;
3. кількість скінченних елементів: $N = 1$;
4. класи бетону та арматури.

Таблиця 3.1 Вихідні дані

№	L_1 , м	L_2 , м	H_1 , м	H_2 , м	Клас	
					Бетону	Повздовжньої арматури
1	2	3	4	5	8	9
1	4.0	3.0	6.0	4.0	C12/15	A240C
2	4.1	3.9	6.1	4.9	C16/20	A400C
3	4.2	3.8	6.2	4.8	C20/25	A500C1
4	4.3	3.7	6.3	4.7	C25/30	A500C2
5	4.4	3.6	6.4	4.6	C30/35	A500C1
6	4.5	3.5	6.5	4.5	C32/40	A400C
7	4.6	3.4	6.6	4.4	C35/45	A240C
8	4.7	3.3	6.7	4.3	C40/50	A400C
9	4.8	3.2	6.8	4.2	C45/55	A500C1
10	4.9	3.1	6.9	4.1	C50/60	A500C2

11.2 Завдання

Необхідно створити, розрахувати та проаналізувати роботу залізобетонної рами в умовах:

- лінійної та нелінійної постановці;
- прогресуючого обвалення в квазістатичній постановці;
- прогресуючого обвалення у динамічній постановці.

12 СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основи комп'ютерного моделювання: навч. посібник / М.С. Барабаш, П.М. Кір'язев, О.І. Лапенко, М.А. Ромашкіна. 2-е вид. стер. - К.: НАУ, 2019. - 492 с.
2. ЛИРА–САПР. Книга I. Основы. Е.Б Стрелец-Стрелецкий, А.В. Журавлев, Р.Ю. Водопьянов. Под ред. Академика РААСН, докт. техн. наук, проф. А.С. Городецкого. - Издательство LIRALAND, 2019.- 154с.
3. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ЛИРА-САПР. Руководство пользователя. Обучающие примеры / Ромашкина М.А., Титок В.П. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С. Электронное издание, 2018г. - 254 с.
4. ДБН В.1.2 - 2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. К. 2006.-75 с.
5. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. К. 2009.-74 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. К. 2011.-118 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання індивідуального завдання з дисципліни

«ОСНОВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»

за темою

«ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРАХУНКУ НА СТІЙКІСТЬ
ДО ПРОГРЕСУЮЧОГО ОБВАЛЕННЯ»

(для здобувачів вищої освіти спеціальності

192 «Будівництво та цивільна інженерія»)

(Електронне видання)

Укладачі:

Черних Олег Анатолійович

Соколенко Валерій Михайлович

Соколенко Костянтин Валерійович

Техн. редактор

Оригінал - макет

О. А. Черних

К. В. Соколенко

Підписано до друку _____

Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Папір типограф. Гарнітура *Times*.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. ____. Обл.-вид.арк. ____.

Тираж ____ прим. Вид. № ____. Замово. № _____. Ціна договірна.

Видавництво СНУ ім. Володимира Даля

Адреса видавництва: Україна, 01042, м. Київ, вул. Іоанна Павла II, 17

Телефон: +38 (050) 218 04 78

E-mail: izdat@snu.edu.ua