

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра промислового, цивільного будівництва ім. Є. М. Бабича

**03-01-224М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання курсового проекту «Дерев'яні конструкції  
одноповерхової промислової будівлі»  
з навчальної дисципліни  
«Конструкції з деревини і пластмас з курсовим проектом»  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за  
освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна  
інженерія» спеціальністю G19 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(192 «Будівництво та цивільна інженерія»)  
всіх форм навчання.

### **Статичний розрахунок трикутної металодерев'яної ферми в ПК ЛІРА**

Рекомендовано науково-методичною  
радою з якості ННБАД  
протокол № 6 від 17.02.2026 р.

Рівне – 2026

Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Дерев'яні конструкції одноповерхової промислової будівлі» з навчальної дисципліни «Конструкції з деревини та пластмас з курсовим проектом» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю G19 «Будівництво та цивільна інженерія» (192 «Будівництво та цивільна інженерія») всіх форм навчання. Статичний розрахунок трикутної металодерев'яної ферми в ПК ЛІРА. [Електронне видання] / Іванюк А. М., Алексієвець В. І.– Рівне : НУВГП, 2026. – 18 с.

Укладачі: Іванюк А. М., кандидат технічних наук, доцент кафедри промислового, цивільного будівництва ім. Є.М. Бабича; В. І. Алексієвець, кандидат технічних наук, доцент кафедри промислового, цивільного будівництва ім. Є. М. Бабича.

Відповідальний за випуск – Філіпчук С. В., д.т.н, професор, в.о. завідувача кафедри промислового, цивільного будівництва ім. Є. М. Бабича.

Керівник групи забезпечення спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія» – Шадура В. О., к.т.н, доцент.

© А. М. Іванюк,  
В. І. Алексієвець, 2026  
© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2026

## З М І С Т

1. Вихідні дані для розрахунку .....	4
2. Визначення загальних розмірів ферми .....	4
3. Збір навантаження на ферму .....	4
4. Визначення поздовжніх зусиль в стержнях ферми .....	6
5. Завантаження ферми .....	11
6. Генерація розрахункових сполучень зусиль .....	12
7. Зусилля в елементах ферми .....	13
Література.....	18

## 1. Вихідні дані для розрахунку

1. Проліт будівлі  $L = 17,1$  м.
2. Крок рам  $B = 4,5$  м.
3. Висота до низу несучих конструкцій  $H = 5,2$  м.
4. Тепловий режим будівлі – теплий.
5. Місце будівництва м. Чернівці.
6. Покриття – трикутна металодерев'яна ферма, розрізні брущати прогони, подвійний дощатий настил.

## 2. Визначення загальних розмірів ферми

Висота ферми в середині прольоту знаходиться в межах

$$h = \left( \frac{1}{5} - \frac{1}{6} \right) L = \left( \frac{1}{5} - \frac{1}{6} \right) 17,1 = (3,42 - 2,85) \text{ м}.$$

Приймаємо  $h = 3000$  мм.

Довжина схилу верхнього поясу

$$AB = \sqrt{\left( \frac{L}{2} \right)^2 + h^2} = \sqrt{\left( \frac{17,1}{2} \right)^2 + 3^2} = 9,06 \text{ м}.$$

Ферма чотирипанельна по верхньому поясу і двопанельна по нижньому поясу. Довжина панелей верхнього поясу однакова і складає  $AB=BB'=AB/2=9,06/2=4,53$  м. Розкоси ферми влаштовані в місці з'єднання панелей верхнього поясу.

Геометрична схема ферми наведена на рис. 1.

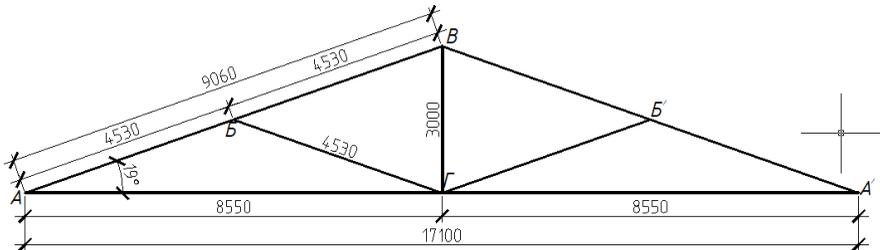


Рис. 1. Геометрична схема трикутної металодерев'яної ферми.

## 3. Збір навантаження на ферму

Збір навантажень на ферму виконуємо в табличній формі з врахуванням складу конструкції покриття.

Таблиця 1

Збір навантажень на ферму, кН/м<sup>2</sup>

№	Вид навантаження	Характеристичне навантаження, кПа	Розрахункові навантаження			
			експлуатаційне		граничне	
			коефіц. надійності, $\gamma_{fe}$	значення	коефіц. надійності $\gamma_{fm}$	значення
Постійні навантаження						
1	Тришарова руберойдна покрівля	0,015	1,0	0,015	1,3	0,0195
2	Цементна стяжка товщиною 20 мм	0,36	1,0	0,36	1,3	0,468
3	Гідроізоляція	0,05	1,0	0,05	1,3	0,065
4	Утеплювач товщиною 250 мм	0,24	1,0	0,24	1,3	0,312
5	Пароізоляція	0,05	1,0	0,05	1,3	0,065
6	Захисне настилання товщиною 16 мм	0,08	1,0	0,08	1,1	0,088
7	Робоче настилання товщиною 22 мм	0,11	1,0	0,11	1,1	0,121
8	Прогони перерізом 12,5×17,5 см	0,11	1,0	0,11	1,1	0,121
Всього постійні			$g_e^n =$	<b>1,015</b>	$g_m^n =$	<b>1,26</b>
1	Снігове навантаження м. Чернівці	1,32	0,49	0,647	1,04	1,373
Повне навантаження			$g_e =$	<b>1,662</b>	$g_m =$	<b>2,633</b>

Навантаження від покриття:

- а) експлуатаційне  $g_e^n = 1,015$  кН/м<sup>2</sup>;
- б) граничне  $g_m^n = 1,26$  кН/м<sup>2</sup>.

Снігове навантаження:

- а) експлуатаційне  $g_e^c = 0,647$  кН/м<sup>2</sup>;
- б) граничне  $g_m^c = 1,373$  кН/м<sup>2</sup>.

Навантаження від власної ваги ферми визначаємо за виразами:

$$\text{а) експлуатаційне } g_e^\phi = \frac{g_e^n + g_e^c}{\frac{1000}{K_{e.s.}} \cdot L - 1} = \frac{1,015 + 0,647}{\frac{1000}{5 \cdot 17,1} - 1} = 0,155 \text{ кН/м}^2;$$

де  $K_{e.s.}=5$  – коефіцієнт власної ваги ферми.

$$\text{б) граничне } g_m^\phi = g_e^\phi \gamma_{fm} = 0,155 \cdot 1,1 = 0,171 \text{ кН/м}^2.$$

Все навантаження вважаємо прикладеним до верхнього поясу ферми. Обчислюємо навантаження, що діють на 1 п. м. ферми:

$$\text{- постійне експлуатаційне } q_e = (g_e^n + g_e^\phi) \cdot B = (1,015 + 0,155) \cdot 4,5 = 5,27 \text{ кН/м};$$

$$\text{- постійне граничне } q_m = (g_m^n + g_m^\phi) \cdot B = (1,260 + 0,171) \cdot 4,5 = 6,44 \text{ кН/м};$$

$$\text{- снігове експлуатаційне } q_e^c = g_e^c \cdot B = 0,647 \cdot 4,5 = 2,91 \text{ кН/м};$$

$$\text{- снігове граничне } q_m^c = g_m^c \cdot B = 1,373 \cdot 4,5 = 6,18 \text{ кН/м}.$$

Навантаження у вузлах:

а) постійне

$$F^A = F^{A\setminus} = q_m \cdot 0,5 \cdot AB \cdot \cos\alpha = 6,44 \cdot 0,5 \cdot 4,53 \cdot 0,9437 = 13,765 \text{ кН};$$

$$F^B = F^{B\setminus} = F^B = q_m \cdot AB \cdot \cos\alpha = 6,44 \cdot 4,53 \cdot 0,9437 = 27,531 \text{ кН};$$

б) тимчасове (снігове)

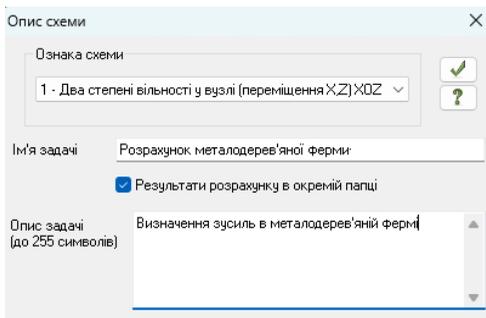
$$F_s^A = F^{A\setminus}_s = q_m^c \cdot 0,5 \cdot AB \cdot \cos\alpha = 6,18 \cdot 0,5 \cdot 4,53 \cdot 0,9437 = 13,21 \text{ кН};$$

$$F_s^B = F^{B\setminus}_s = F_s^B = q_m^c \cdot AB \cdot \cos\alpha = 6,18 \cdot 4,53 \cdot 0,9437 = 26,419 \text{ кН}$$

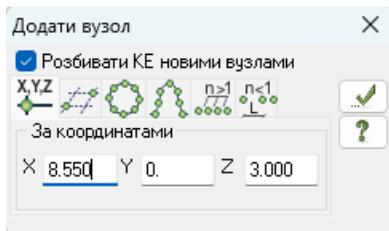
#### 4. Визначення поздовжніх зусиль в стержнях ферми

Поздовжні зусилля в стержнях ферми визначаємо за допомогою програмного комплексу ЛІРА.

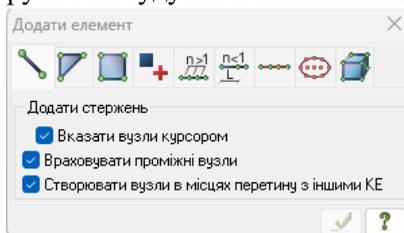
Розпочинаючи роботу в ПК ЛІРА через меню **Файл**→**Новий** створюємо ім'я нової задачі. У діалоговому вікні **Опис схеми** задаємо схему номер №1 (*Два степені вільності у вузлі (переміщення XZ) XOZ*).



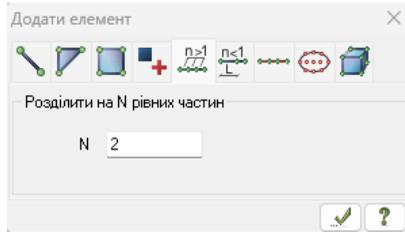
По координатам через діалогове вікно **Додати вузол** вводимо вузли ферми.



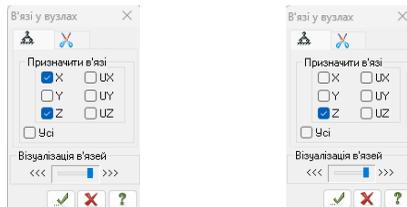
Через діалогове вікно **Додати елемент** з'єднуємо побудовані вузли стержнями. При цьому необхідно звернути увагу на те, що нумерація перерізів у стержні починається з точки, з якої починається його побудова, тому для зручності будуюмо в належній послідовності.



За допомогою діалогового вікна **Додати елемент**→**Розділити на N рівних частин** розділяємо побудовані стержні верхнього поясу на дві частини.

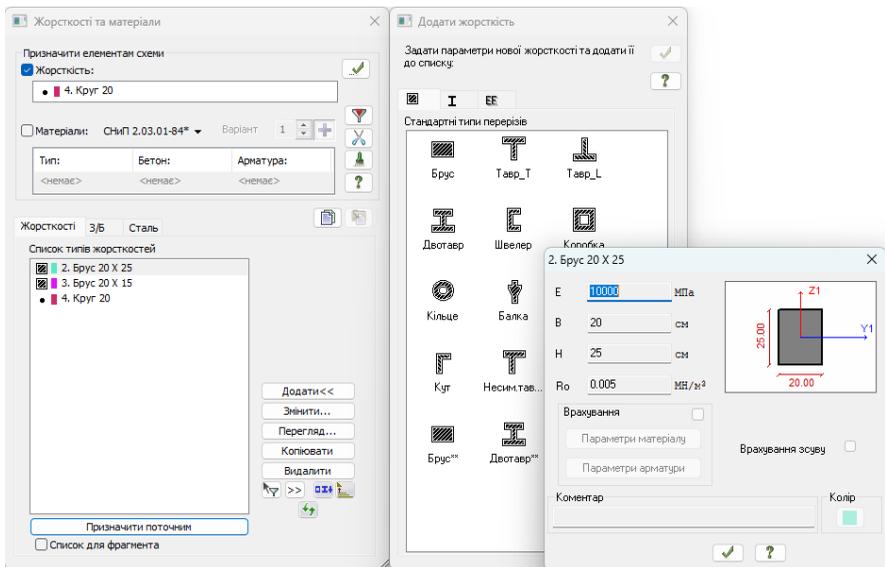


Через діалогове вікно **В'язі у вузлах** задаємо граничні умови для вузлів №1, 3 (рис. 2), що моделюють одну з опор шарнірно не рухому (в'язі по осям  $X$  та  $Z$ ), а другу – шарнірно рухому (в'язі по осі  $Z$ ). Для зручності сприйняття коректності заданих в'язей рекомендовано перемістити ручку «візуалізація в'язей» в максимально праве положення [2].



Для того, щоб виділяти/обирати вузли та елементи необхідно слідкувати за включеними (активними) інструментами «**вибір вузлів**» та «**вибір елементів**» .

За допомогою діалогового вікна **Жорсткості та матеріали елементів**→**Додати жорсткість (Брус)**→**Завдання стандартного перерізу** призначаємо перерізи та типи жорсткостей для елементів ферми.



Для створення нового типу жорсткості натискаємо кнопку «**добавити**» після чого відкриється додаткове вікно вибору параметру нової жорсткості. Широковживаними вважаються перші дві вкладки: «**стандартні типи перерізу**» та «**база металевих перерізів**». В свою чергу вкладка «**стандартні типи перерізу**» актуальна для матеріалу «**деревина**», а вкладка «**база металевих перерізів**» використовуємо для матеріалу «**метал**» [2].

Для матеріалу «**деревина**» в діалоговому вікні задання параметрів жорсткості вводимо значення: модуля пружності деревини (*вздовж волокон*), геометричні розміри перерізів, питому вагу [3].

Для матеріалу «**метал**» в діалоговому вікні задання параметрів жорсткості обираємо необхідний профіль, відповідно до типу використовуються металеві елементи круглого перерізу [5].

Сформувавши список типів жорсткостей призначити їх для відповідних елементів.

Слід звернути увагу, що єдино правильним методом призначення жорсткості елементам є *подвійне* натиснення в списку на необхідний тип жорсткості із подальшим автоматичним перенесенням вибраної жорсткості у верхню частину вікна **Жорсткості і матеріали**.

Після завершення побудови геометричної схеми для того, щоб видалити вузли та елементи, які повторюються «висячі» вузли та т.п., її необхідно «упакувати» за допомогою кнопки  на панелі інструментів.

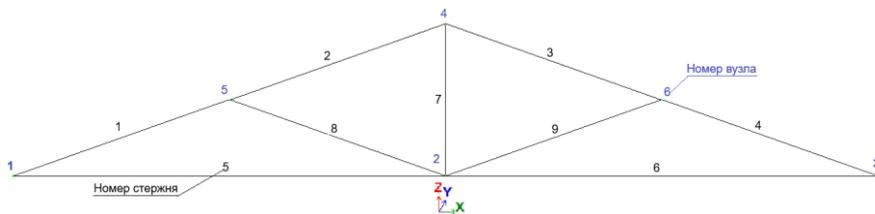
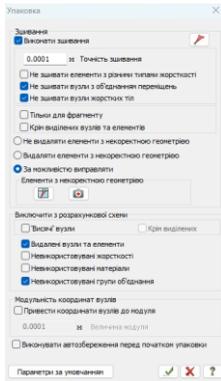
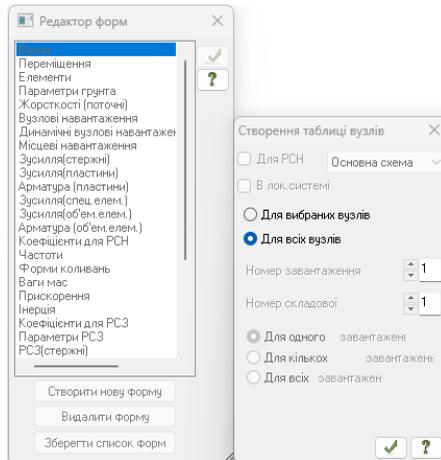


Рис. 2. Геометрична схема трикутної металодерев'яної ферми в середовищі ПК ЛІРА.

Меню **Розширене редагування**→**Документація**→**Інтерактивні таблиці**, через діалогове вікно **Редактор форм**→**Вузли** отримаємо координати та в'язі (типи опор) для вузлів ферми



Таблиця 2

**Таблиця вузлів**

№ вузла	Координати			В'язі					
	X (м)	Y (м)	Z (м)	X	Y	Z	UX	UY	UZ
1	0,000	0,000	0,000	+	-	+	-	-	-
2	8,550	0,000	0,000	-	-	-	-	-	-
3	17,100	0,000	0,000	-	-	+	-	-	-
4	8,550	0,000	3,000	-	-	-	-	-	-
5	4,275	0,000	1,500	-	-	-	-	-	-
6	12,825	0,000	1,500	-	-	-	-	-	-

Через діалогове вікно **Редактор форм**→**Жорсткості (поточні)** отримаємо таблицю жорсткостей для використаних для ферми

Таблиця 3

**Жорсткості елементів.**

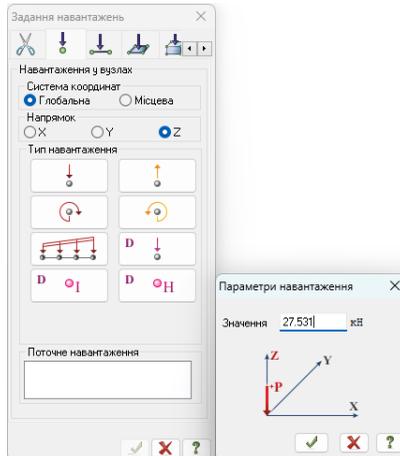
Тип	Назва	Параметри: переріз (см); жорсткість (МПа); питома вага (МН/м <sup>3</sup> )
1	Брус 20x25	V=20, H=25; E=10000; R <sub>0</sub> =0,005
2	Брус 20x15	V=20, H=15; E=10000; R <sub>0</sub> =0,005
3	Круг 20	метал

## 5. Завантаження ферми

Всі постійні навантаження можна задавати в одному завантаженні ПК «ЛІРА-САПР». Назву та вид завантаження вводимо через діалогове вікно **Редагування завантажень** . Приймаємо три завантаження:

- постійне (власна вага всієї конструкції покриття);
- короткочасне (снігове) – на весь проліт;
- короткочасне (снігове) – на пів прольоту.

За допомогою діалогового вікна **Навантаження**→**Навантаження на вузли**→**Задання навантажень** задаємо величину навантаження у вузлі.



За допомогою кнопки **Відмітка вузлів**  вибираємо вузли до яких прикладаємо навантаження. Для крайніх вузлів навантаження вдвічі менше ніж для середніх.

Задавши числового значення навантаження відповідно до вихідних даних, підтверджуємо наші дії шляхом натискання на  (в подальшому-інструмент підтвердження операцій). Обраний елемент/вузол (червоний колір) зміниться на чорний.

На рис. 3 приведена схема завантаження трикутної металодерев'яної ферми в середовищі ПК ЛІРА для трьох типів завантаження.

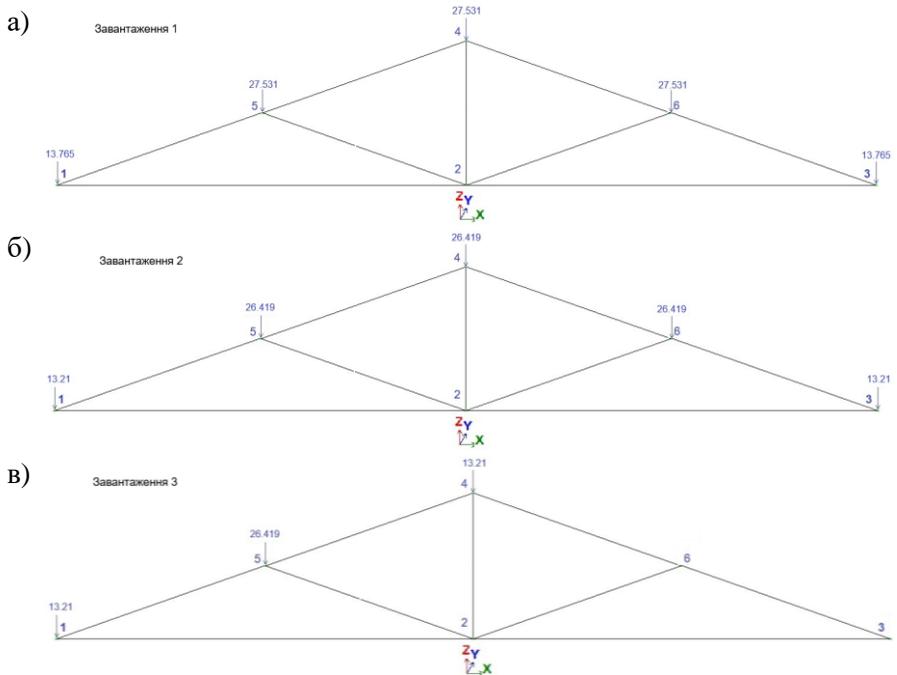


Рис. 3. Схема завантаження трикутної металодерев'яної ферми в середовищі ПК ЛІРА: а) завантаження 1 – постійне навантаження; б) завантаження 2 – снігове навантаження на весь проліт; в) завантаження 3 – снігове навантаження на пів прольоту.

## 6. Генерація розрахункових сполучень зусиль

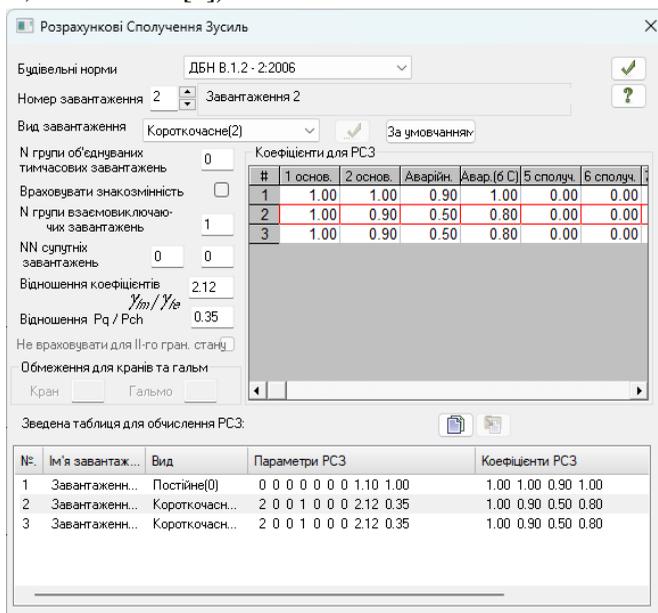
Для розрахунку конструкцій використовують сполучення навантажень, які враховують ймовірність одночасної дії (декількох навантажень) враховуються коефіцієнт сполучення навантаження  $\psi$  згідно п. 4.18 [4] та вагомість їх впливу. При виборі найневигодніших сполучень навантажень необхідно керуватись ДБН В.1.2-2:2006 [4].

ПК ЛІРА дозволяє автоматично знайти найбільші зусилля в елементах при різних можливих комбінаціях навантажень, які формуються згідно нормативних документів. Для цього необхідно виконати розрахунок «РСЗ» (*Розрахункове сполучення зусиль*).

Для створення таблиці «РСЗ» вибираємо пункт меню **Розрахунок→Таблиця РСЗ**.

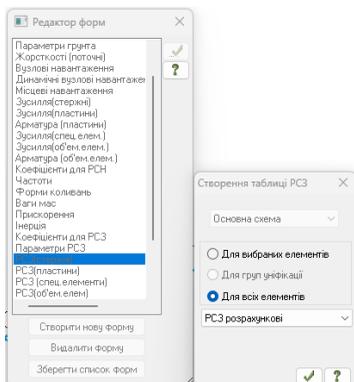
При генерації таблиці РСЗ задаються види навантажень (постійне, короткочасне і т.д.), супутні занавантаження, групи взамовиключаючих навантажень (які фізично не можливі), співвідношення коефіцієнтів надійності, тощо.

Відношення коефіцієнту надійності гранично розрахункового значення навантаження до експлуатаційно розрахункового складає для снігового навантаження  $\gamma_{fm}/\gamma_{fe} = 1,04/0,49 = 2,12$  ( $\gamma_{fm} = 1,04$  табл. 8.1 [4] та  $\gamma_{fe} = 0,49$  табл. 8.3 [4]).



## 7. Зусилля в елементах ферми

Після виконання розрахунків (кнопка ) переходимо в меню **Аналіз→Документація→Інтерактивні таблиці**, вибираємо пункт **РСЗ (стержні)**. В діалоговому вікні **Створення таблиці РСЗ** вибираємо пункт **Для всіх елементів**.



Результати розрахунку від трьох завантажень, які відображаються в РСЗ наведені в табл. 4. Снігові навантаження на проліт та на пів прольоту є взаємовиключеними.

Відповідно до результатів наведених в табл. 4 можна зробити висновки, що для трикутної металодерев'яної ферми найбільш не сприятливими для є комбінація завантаження 1 та 2, навантаження прикладені по всьому прольоту постійні та снігові. Наведені значення зусиль  $N$  визначені від спільної дії завантажень 1 і 2. Знаки «-/+» характеризують роботу кожного елемента, стиск та розтяг відповідно.

Для подальшого підбору поперечного перерізу елементів ферми (верхнього та нижнього поясів, розкосів, стояка) вибираємо максимальні значення. Так розрахунок верхнього стиснутого поясу виконуємо за дії максимального поздовжнього зусилля  $N=-244,422$  кН, нижнього розтягнутого –  $N=230,636$  кН, стиснутих розкосів –  $N=-81,474$  кН, розтягнутого стояка –  $N=53,95$  кН.

Для даного типу металодерев'яної ферми при конструюванні стиснуті елементи проектується дерев'яними прямокутного поперечного перерізу (бруса), розтягнуті – металевими (круглої прокатної сталі).

Таблиця 4

## Зусилля в елементах трикутної металодерев'яної ферми

№ елем	№ перер	Зусилля						№№ завант
		N (кН)	Mк (кН*м)	Mу (кН*м)	Qz (кН)	Mz (кН*м)	Qy (кН)	
1	1	- 244,422	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
1	2	- 244,422	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
2	1	- 162,948	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
2	2	- 162,948	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
3	1	- 162,948	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
3	2	- 162,948	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
4	1	- 244,422	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
4	2	- 244,422	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
5	1	230,636	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
5	2	230,636	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
6	1	230,636	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
6	2	230,636	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
7	1	53,950	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
7	2	53,950	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
8	1	- 81,474	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
8	2	- 81,474	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
9	1	- 81,474	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2
9	2	- 81,474	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1 2

За допомогою меню **Аналіз** діалогове вікно **Епюри/мозайки** (*Епюри зусиль в стержнях*)→**Епюри подовжніх сил N** можна привести аналіз епюру повздовжніх зусиль  $N$  в елементах ферми. Епюру повздовжніх зусиль  $N$  можливо вивести лише для кожного завантаження окремо.

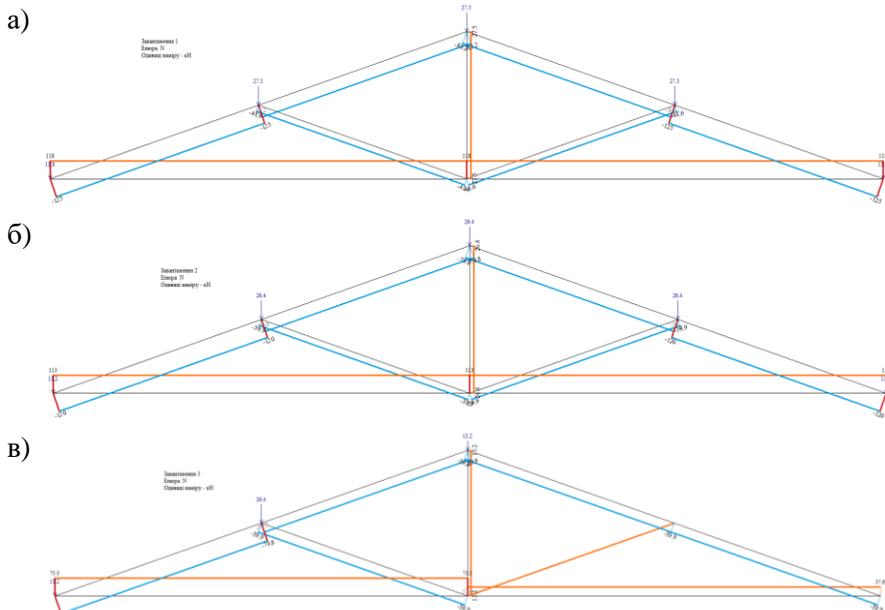
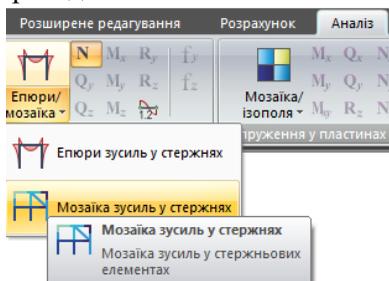


Рис. 4. Епюра повздовжніх зусиль  $N$  в середовищі ПК ЛІРА для: а) завантаження; б) завантаження 2; в) завантаження 3.

Також для аналізу розрахунку та його значень через діалогове вікно **Епюри/мозайки**→**Мозайка зусиль у стержнях** можна привести мозайку повздовжніх зусиль  $N$  в елементах трикутної металодерев'яної ферми для кожного завантаження окремо.



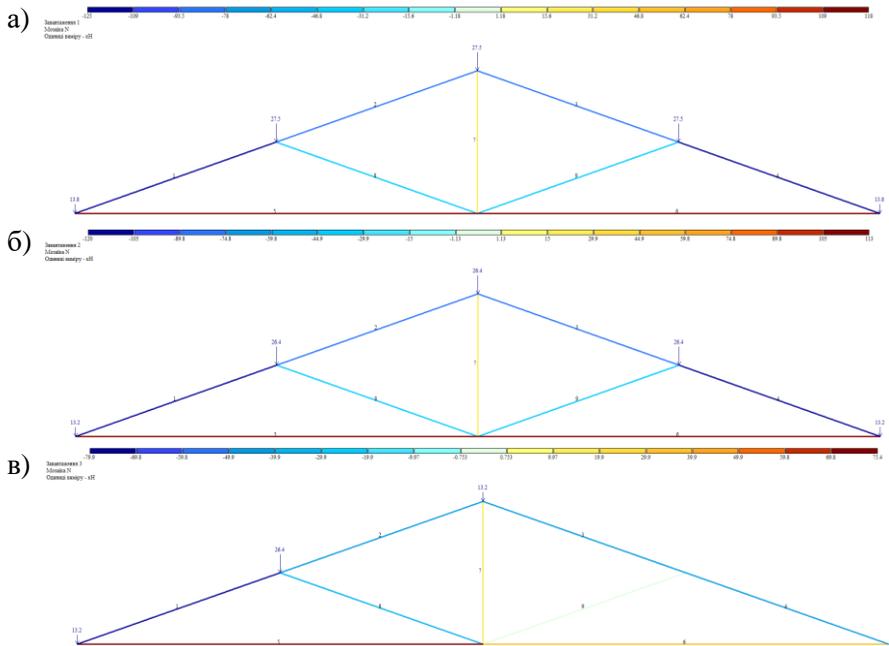


Рис. 5. Мозаїка повздовжніх зусиль N в середовищі ПК ЛІРА для для кожного завантаження.

В табл. 5 зводимо розрахункові зусилля N відповідно до геометричної схеми ферми наведеної на рис. 1.

Таблиця 5

Максимальні зусилля в стержнях ферми

Елементи	Позначення	Розрахункові зусилля, кН	
		Розтяг «+»	Стиск «-»
верхній пояс	АБ		- 244,422
	БВ		- 162,948
	ВБ'		- 162,948
	Б'А'		- 244,422
нижній пояс	АГ	230,636	
	ГА'	230,636	
розкоси	БГ		- 81,474
	ГБ'		- 81,474
стояк	ВГ	53,950	
опорні реакції	R <sub>А</sub>		107,9
	R <sub>А'</sub>		107,9

## Література

1. Барабаш М. С., Сорока М. М., Сур'янінов М. Г. Нелінійна будівельна механіка з ПК Ліра-САПР : монографія. Одеса : Екологія, 2018. 248 с.
2. МВ до лабораторних занять та виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Автоматизовані методи розрахунку та проектування будівельних конструкцій» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання. [Електронне видання] / Філіпчук С. В., Караван Б. В. Рівне : НУВГП, 2024. 37 с.
3. ДБН В.2.6-161:2017. Конструкції будинків та споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2018. 02.01]. Видання офіц. Київ: ДП Укрархбудінформ, 2011. 102с. (Нормативний документ Мінрегіонбуду України. Норми проектування.)
4. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинний від 2007. 01.01]. Вид офіц. Київ : Сталь, 2006. 59 с. (Нормативний документ Мінбуду України. Норми проектування).
5. Конструкції з деревини і пластмас / Погореляк А. П., Романюк В. В., Чернолоз В. С., Погореляк О. А. Рівне : РДТУ, 2001. 392 с.
6. Гомон С. С. Конструкції з дерева та пластмас : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2016. 219 с.