

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра промислового, цивільного будівництва  
та інженерних споруд

**03-01-176М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

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

Рекомендовано науково-  
методичною радою з якості ННІБА  
Протокол № 1 від 29.08.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки 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.

Укладачі: Філіпчук С. В., к.т.н, доцент, в.о. завідувача кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд;  
Караван Б. В., доктор філософії (Ph.D.), старший викладач кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

Відповідальний за випуск – Філіпчук С. В., к.т.н, доцент, в.о. завідувача кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд.

Керівник групи забезпечення спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» – Караван В. В., к.т.н, доцент

© С. В. Філіпчук,  
Б. В. Караван, 2024  
©НУВГП, 2024

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Задача №1. Розрахунок балки на статичні навантаження .....	5
1.1. Мета та завдання задачі №1 .....	5
1.2. Вихідні дані до задачі №1 .....	6
1.3. Інструкція до виконання задачі №1 .....	7
2. Задача №2. Розрахунок стрижневої системи на статичні навантаження .....	10
2.1. Мета та завдання задачі №2 .....	10
2.2. Вихідні дані до задачі №2 .....	11
2.3. Інструкція до виконання задачі №2 .....	12
3. Задача №3. Розрахунок рами на статичні навантаження.....	14
3.1. Мета та завдання задачі №3 .....	14
3.2. Вихідні дані до задачі №3 .....	15
3.3. Інструкція до виконання задачі №3 .....	16
4. Задача №4. Розрахунок рами на статичні навантаження із включенням шарнірних вставок .....	17
4.1. Мета та завдання задачі №4 .....	17
4.2. Вихідні дані до задачі №4 .....	17
4.3. Інструкція до виконання задачі №4 .....	19
5. Задача №5. Розрахунок металевої ферми.....	20
5.1. Мета та завдання задачі №5 .....	20
5.2. Вихідні дані до задачі №5 .....	20
5.3. Інструкція до виконання задачі №5 .....	22
6. Задача №6. Розрахунок одноповерхової промислової будівлі на різні види навантажень .....	24
6.1. Мета та завдання задачі №6 .....	24
6.2. Вихідні дані до задачі №6 .....	25
6.3. Інструкція до виконання задачі №6 .....	27
7. Питання для самоконтролю.....	29
ДОДАТОК А .....	31
ДОДАТОК Б.....	32
РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА.....	37

## ВСТУП

Через високу конкурентність на ринку праці у сфері проектування будівель та споруд майбутній інженер-будівельник повинен вільно володіти навичками та знаннями у сфері розрахунку будівельних конструкцій. Ці знання можна отримати на етапі здобуття вищої освіти як виконуючи лабораторні роботи в комп'ютерних класах із викладачем так і при самостійному вивченні.

Професійний інженер-конструктор не лише виконує архітектурно-будівельних креслення в сучасних програмних комплексах, а й підкріплює свої креслення розрахунками. Одним із найпоширеніших програмних комплексів, що використовують провідні проєктні компанії не тільки в Україні, а й за її межами є ПК ЛІРА.

ПК ЛІРА - багатофункціональний програмний комплекс, призначений для проектування і розрахунку машинобудівних та будівельних конструкцій різного призначення. Розрахунки в програмі виконуються як на статичні, так і на динамічні впливи [1, 6]. Основою розрахунків є метод скінченних елементів (МСЕ). Різні модулі, що підключаються (процесори) дозволяють робити підбір і перевірку перерізів сталевих і залізобетонних конструкцій, моделювати ґрунт, розраховувати мости і поведінку будівель в період монтажу і т. д.

Силабусом навчальної дисципліни «Автоматизовані методи розрахунку та проектування будівельних конструкцій» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Промислове та цивільне будівництво» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» передбачено виконання в комп'ютерному класі лабораторних робіт. Матеріал викладений в методичних вказівках необхідний для продуктивної роботи на лабораторних заняттях та полегшення самостійного вивчення дисципліни.

На лабораторних роботах студенти виконують завдання №1...№6 різної складності. Під час виконання завдань студенти повинні закріпити теоретичні знання отримані на лекційних заняттях, набути практичних навичок роботи з розрахунковим програмним комплексом ЛІРА, навчитись працювати із чинними

будівельними нормами України та розуміти принципи роботи будівельних конструкцій.

Вихідні дані для виконання задач здобувачі вищої освіти всіх форм навчання приймають згідно варіанту із таблиць, які наведені у методичних вказівках. Очний метод отримання номера варіанту - безпосередньо під час лабораторної роботи від викладача індивідуально. Дистанційний метод отримання номера варіанту - безпосередньо від викладача в особистому порядку індивідуально. Приймати інші вихідні дані, які не відповідають призначеному варіанту безпосередньо викладачем – забороняється.

## 1. Задача №1. Розрахунок балки на статичні навантаження

### 1.1. Мета та завдання задачі №1

**Мета:** Навчитись виконувати розрахунок простих схем на статичні навантаження. Вивчити алгоритм проведення розрахунків. Навчитись аналізувати результати отриманих лданих.

**Завдання:** Виконати розрахунок балки на статичні навантаження (рис.1.1, рис.1.2). Вивести на екран деформовану схему та епюри згинальних моментів  $M$  і поперечних сил  $Q$ . Проаналізувати коректність отриманих результатів розрахунку.

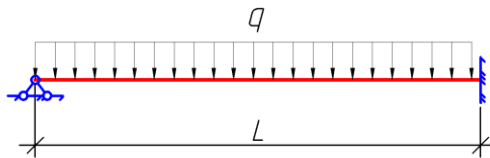


Рис.1.1. Схема балки для умови рівномірно розподіленого навантаження

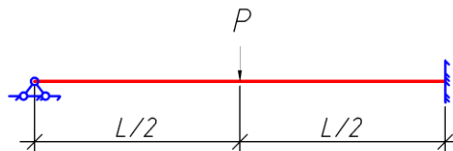
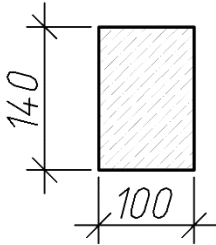


Рис.1.2. Схема балки для умови зосередженого навантаження

## 1.2. Вихідні дані до задачі №1

Вихідні дані студент отримує із таблиці 1.1:

- проліт балки:  $L...м$ ;
- зосереджена сила:  $P...кН$ ;
- рівномірно розподілене навантаження:  $q...кН/м$ ;
- матеріал балки: див.табл.1.1



залізобетон



двотавр типу Б (балочний)

40Б1

метал

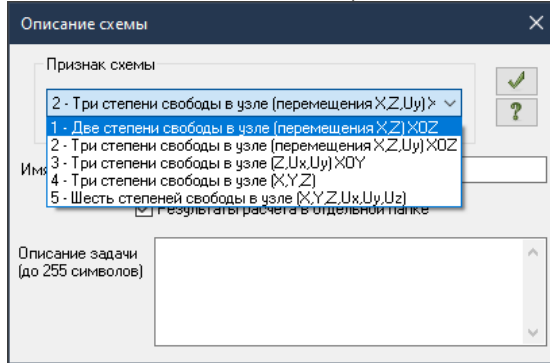
Таблиця 1.1

Номер варіанту	Проліт балки	Зосереджена сила	Рівном. розпод. наван-ня	Матеріал
1	6	48	-	залізобетон
2	7	50	-	залізобетон
3	5.5	90	-	метал
4	6.4	-	71	залізобетон
5	5.7	-	50	метал
6	6.4	45	-	метал
7	5	78	-	залізобетон
8	7.4	-	33	метал
9	8.1	24	-	залізобетон
10	5.4	-	67	залізобетон
11	4.2	-	60	метал
12	4	87	-	залізобетон
13	7.9	-	88	метал
14	9.8	66	-	метал

### 1.3. Інструкція до виконання задачі №1

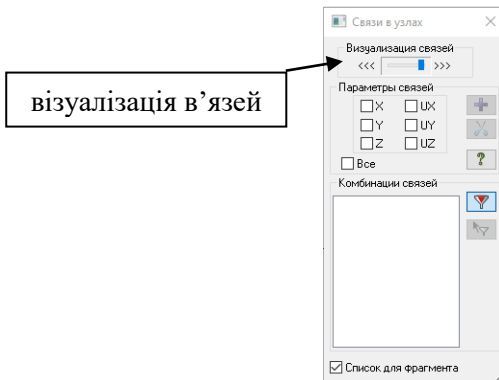
I. Створюємо новий файл. Вказуємо назву файлу із зазначенням номера задачі та номера варіанту (приклад: *Задача1\_12*).


II. У діалоговому вікні обираємо признак схеми (кількість ступенів вільності кінцевих елементів).



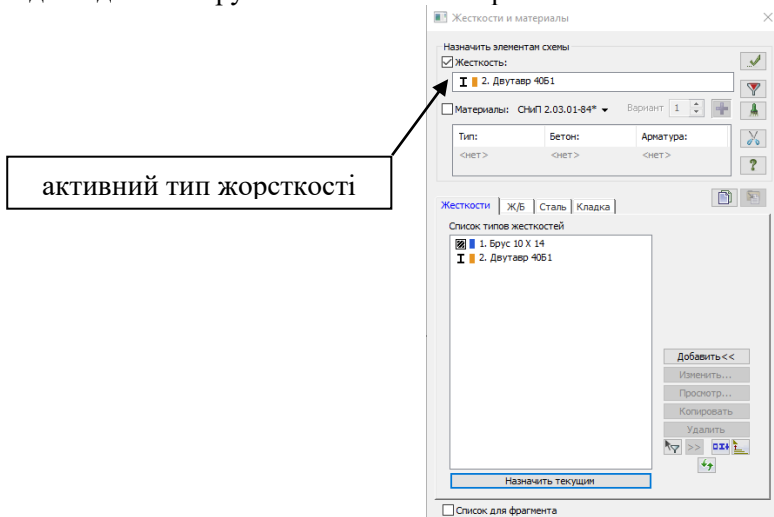
III. Використовуючи інструменти «*добавити вузол*», «*добавити елемент*» виконуємо геометричне моделювання балки.

IV. Призначаємо точки опори балки (система в'язей). Переходимо на вкладку «Жорсткості та в'язі» та обираємо інструмент «в'язі» (див. ДОДАТОК А). Для зручності сприйняття коректності заданих в'язей рекомендовано перемістити ручку «*візуалізація в'язей*» в максимально праве положення.



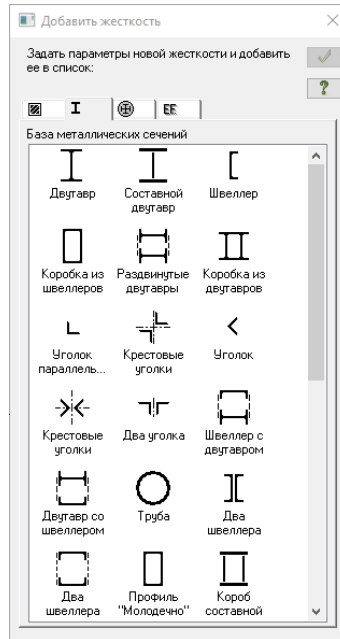
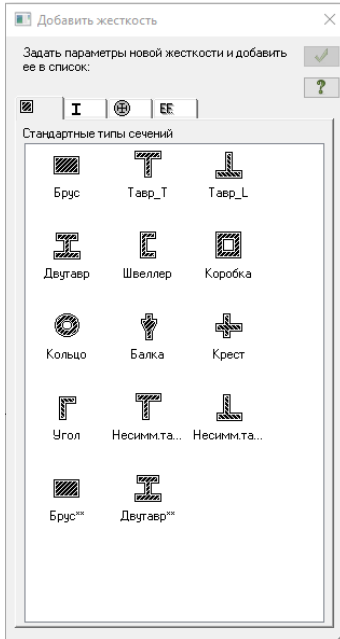
**УВАГА!** Необхідно слідкувати за включеними (активними) інструментами «*вибір вузлів*» та «*вибір елементів*»  інакше програмний комплекс не дозволить виділяти/обирати вузли та елементи.

V. Призначаємо жорсткості елементам, натиснувши на відповідний інструмент на панелі «Жорсткості та в'язі».



Для того, щоб створити новий тип жорсткості натискаємо «*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*» буде в нагоді при умові матеріалу «залізобетон», вкладка «*база металевих перерізів*» використовуємо при умові матеріалу «метал».






При умові матеріалу «залізобетон» в діалоговому вікні задання параметрів жорсткості вводимо значення: модуля пружності бетону, геометричні розміри перерізу, питому вагу [2]. При умові матеріалу «метал» в діалоговому вікні задання параметрів жорсткості обираємо необхідний профіль згідно завдання.


Коли є сформований список типів жорсткостей необхідно призначити їх елементам.


**УВАГА!** Недостатньо лише обрати жорсткість зі списку шляхом одноразового натиснення на нього. 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».

**VI.** Наступним етапом виконання завдання є етап призначення навантажень, що діють на балку. Викликаємо діалогове вікно «Задання навантажень». Згідно вихідних даних обираємо із переліку необхідний тип навантаження та звертаємо

увагу на заголовок «Напрямок» для подальшого коректного вектору дії прикладеного навантаження.

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

**VII.** Моделювання розрахункової схеми завершено. Перед етапом розрахунку необхідно виконати операцію «упаковка схеми». Дана операція дає можливість видалити вузли, які накладаються на схемі. На панелі «Редагування» обираємо інструмент «упаковка схеми» , у вікні ставимо галочку «висячі вузли» та підтверджуємо операцію.

**VIII.** Переходимо на вкладку «Розрахунок» та натискаємо на інструмент «виконати розрахунок». Після завершення процесу переходимо на вкладку «Аналіз» та оцінюємо результати розрахунку шляхом активації інструменту « $M_y$ », та « $Q_z$ » на панелі «Зусилля в стержнях». Для перегляду деформованої схеми переходимо на вкладку «Деформації» та обираємо інструмент «деформована схема» .

## 2. Задача №2. Розрахунок стрижневої системи на статичні навантаження

### 2.1. Мета та завдання задачі №2

**Мета:** Оволодіти навичками створення стрижневих систем. Навчитись створювати різні види жорсткостей та матеріалів. Вміти створювати звіти результатів розрахунків.

**Завдання:** Виконати розрахунок стрижневої системи на статичні навантаження (рис.1.2, рис.2.2). Сформуванати звіт результатів розрахунку. Проаналізувати коректність отриманих даних.

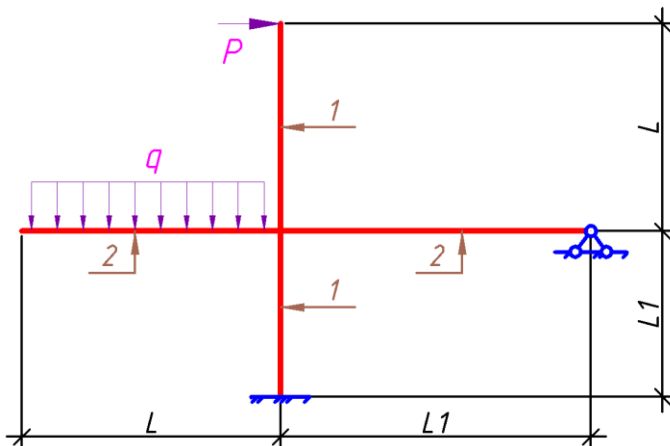


Рис.1.2. Схема стрижневої системи № А

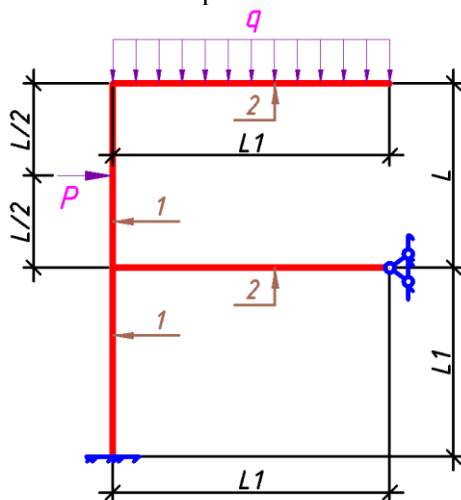


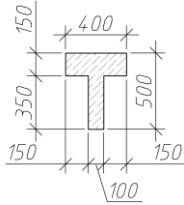
Рис.2.2. Схема стрижневої системи № Б

## 2.2. Вихідні дані до задачі №2

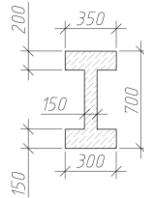
Вихідні дані студент отримує із таблиці 1.2:

- схема стрижневої системи;
- довжина елемента:  $L; L1 \dots m$ ;
- зосереджена сила:  $P \dots kH$ ;
- рівномірно розподілене навантаження:  $q \dots kH/m$ ;

- матеріал:



залізобетон (тип 1)




залізобетон (тип 2)


Таблиця 1.2

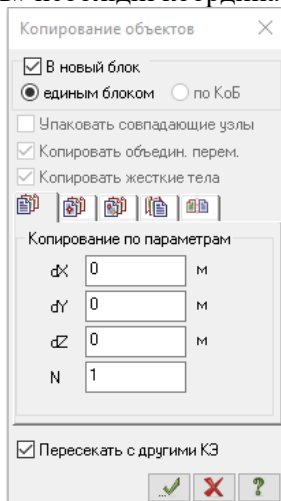
Номер варіанту	Схема системи	Довжина елемента		Зосер. сила	Рівном. розпод. нав-ння
		<i>L</i>	<i>LI</i>		
1	А	8.6	3	55	48
2	А	6.6	4.5	60	64
3	Б	5	2	71	122
4	А	9.2	7.8	130	67
5	Б	10	5.6	122	54
6	Б	5.6	5	57	66
7	А	6	6.1	94	67
8	Б	8.4	8.8	54	51
9	А	7.8	4.1	67	60
10	Б	6	6	70	84
11	Б	7	5.9	85	50
12	А	9.6	7.3	62	145
13	Б	5.8	3.2	137	63
14	Б	9.4	6.6	66	140


### 2.3. Інструкція до виконання задачі №2

Етапи **I**, **II** виконуємо ідентично «1.3. Інструкція до виконання задачі №1».


**III.** Використовуючи інструмент «*добавити вузол*»  добавляємо перший вузол із координатами ( $X=0$ ;  $Y=0$ ;  $Z=0$ ). Задля оптимізації процесу виконання задачі подальші вузли схеми рекомендовано виконувати шляхом копіювання.

На вкладці «Редагування» обираємо інструмент «копіювання» , виділяємо створений вузол та вводимо у вікні «Копіювання об'єктів» необхідні координати вузлів.



Далі обираємо інструмент «добавити елемент»  та сполучаємо створені вузли. ПРИМІТКА: Сполучати вузли елементами можна шляхом виділення двох суміжних вузлів рамкою курсора.



Етапи **IV...VII** виконуємо ідентично «1.3. Інструкція до виконання задачі №1».

Перед початком розрахунку необхідно задати постійне навантаження – «Власна вага». Для цього переходимо на вкладку «Навантаження» та обираємо інструмент «добавити власну вагу» .

У вікні, яке відкрилось, вводимо значення коефіцієнта надійності за навантаженням, яке визначається згідно табл. 5.1 [3] та підтверджуємо виконані дії.

**VIII.** Після завершення процесу розрахунку схеми та оцінки коректності отриманих результатів необхідно сформуванати звіт.

Для формування звіту необхідно отримати епюри згинаючих моментів  $M_z$ , поперечних сил  $Q_z$ , повздовжніх сил  $N$ , епюру переміщень  $f_z$  та деформаційну схему. Для цього переходимо на вкладку «Аналіз», панель «Зусилля в стержнях»

та включаємо відображення необхідних епюр. Для полегшення оцінки отриманих результатів включаємо відображення значень на епюрах . Для фіксації епюр використовуємо вбудований інструмент «копія вікна»  або стандартну утиліту Windows «ножиці».

Отримані результати завантажуюмо у документ Word. Структура розрахункового звіту приймається за формою 1 (див. ДОДАТОК Б). Вказуємо назву файлу звіту із зазначенням номера задачі та номера варіанту (приклад: *Звіт до задачі 2\_12*).

### 3. Задача №3. Розрахунок рами на статичні навантаження

#### 3.1. Мета та завдання задачі №3

**Мета:** Навчитись виконувати статичний розрахунок рам.

**Завдання:** Виконати розрахунок рами на різні види статичних навантажень (рис.1.3, рис.2.3). Сформувати звіт результатів розрахунку. Проаналізувати коректність отриманих даних.

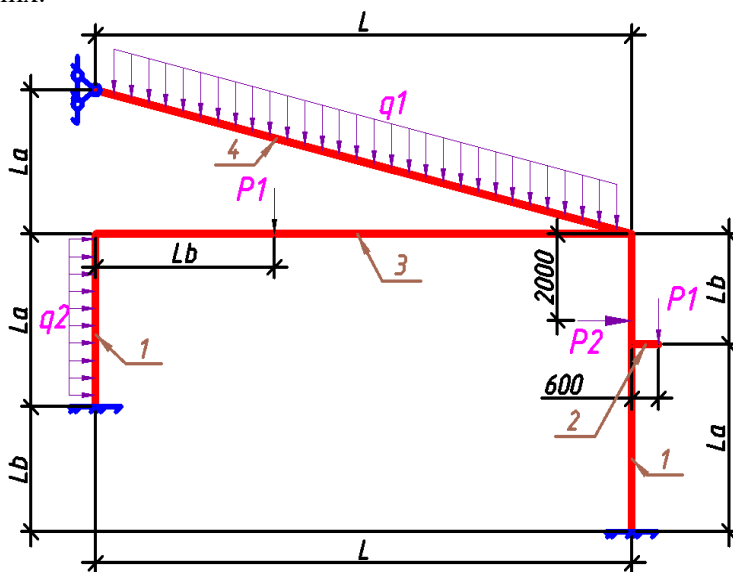


Рис.1.3. Схема рами № А (розміри в мм)

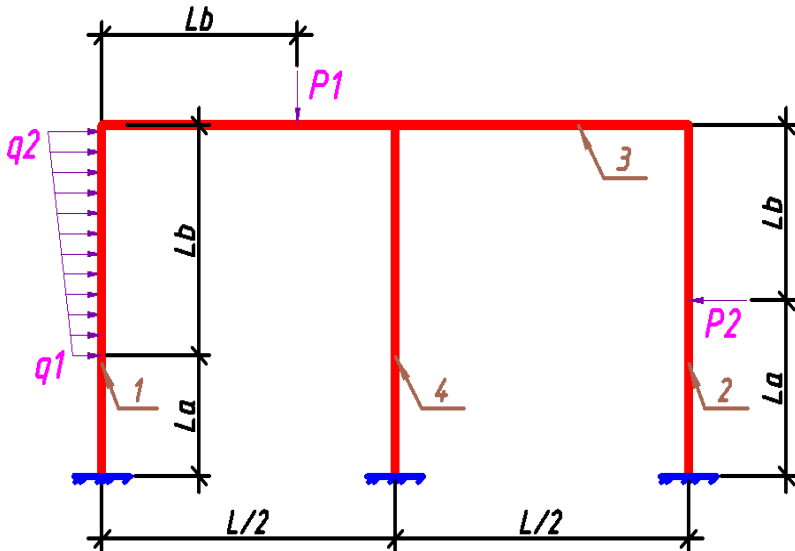


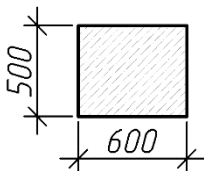
Рис.2.3. Схема рами № Б

### 3.2. Вихідні дані до задачі №3

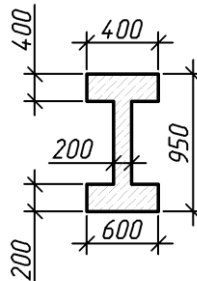
Вихідні дані студент отримує із таблиці 1.3:

- схема рами;
- довжина елемента:  $L$ ;  $La$ ;  $Lb \dots m$ ;
- зосереджена сила:  $P1$ ;  $P2 \dots t$ ;
- рівномірно розподілене навантаження:  $q1$ ;  $q2 \dots t/m$ ;
- матеріал:

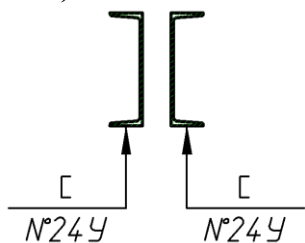
**тип1)** бетон кл.С20/25



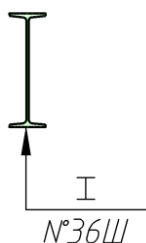
**тип2)** бетон кл.С25/30



тип3) метал С245



тип4) метал С245




Таблиця 1.3

Номер варіанту	Схема рами	Довжина елемента			Зосер. сила		Рівном. розпод. нав-ння	
		<i>L</i>	<i>La</i>	<i>Lb</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>q1</i>	<i>q2</i>
1	Б	12	6.6	4.5	5	4.2	5	8.7
2	А	11	3.2	6	7	7.4	6.9	9
3	Б	10	5	7.1	6.6	6.9	3.3	7.3
4	Б	11.6	6.4	7.4	8	5	4.4	6.3
5	А	12.4	7	6.6	9.7	6.4	4	9
6	Б	14	3.1	7.5	10	7.7	2.6	4.8
7	А	11.6	5.4	8.4	6.4	9	5	7
8	Б	10	9.9	4.5	4.5	6	4.1	7.7
9	Б	10.2	5.8	9	6.9	4.7	2.7	6.1
10	Б	12.6	8	4.7	9.8	9.7	4.7	5.9
11	А	10.2	5.5	9	10	5	4	7.7
12	А	10.8	9	6	7.1	4	5.5	8
13	А	12.6	8.8	7	9	7.4	4.6	9.4
14	Б	8.8	6	6	7.4	6.6	4.1	8.3

### 3.3. Інструкція до виконання задачі №3

Етапи **I**, **II** виконуємо ідентично «1.3. Інструкція до виконання задачі №1».

**III.** Для схеми рами №Б доцільним буде використати спосіб геометричної побудови - «Генерація рами». Для цього переходимо на панель «Створення» та обираємо інструмент «генерація рами» . У діалоговому вікні необхідно вказати



довжину прольоту рами та кількість прольотів (ліва частина), а також геометричні параметри рами по вертикалі (права частина).

Етапи **IV...VII** виконуємо ідентично «1.3. Інструкція до виконання задачі №1».

**VIII.** Отримані результати завантажуюмо у документ Word. Структура розрахункового звіту приймається за формою 2 (див. ДОДАТОК Б). Вказуємо назву файлу звіту із зазначенням номера задачі та номера варіанту (приклад: *Звіт до задачі 3\_12*).

## 4. Задача №4. Розрахунок рами на статичні навантаження із включенням шарнірних вставок

### 4.1. Мета та завдання задачі №4

**Мета:** Оволодіти навичками створення шарнірних з'єднань елементів.

**Завдання:** Виконати розрахунок рами на різні види статичних навантажень із включенням шарнірних вставок (рис.1.4). Сформувати звіт результатів розрахунку. Проаналізувати коректність отриманих даних.

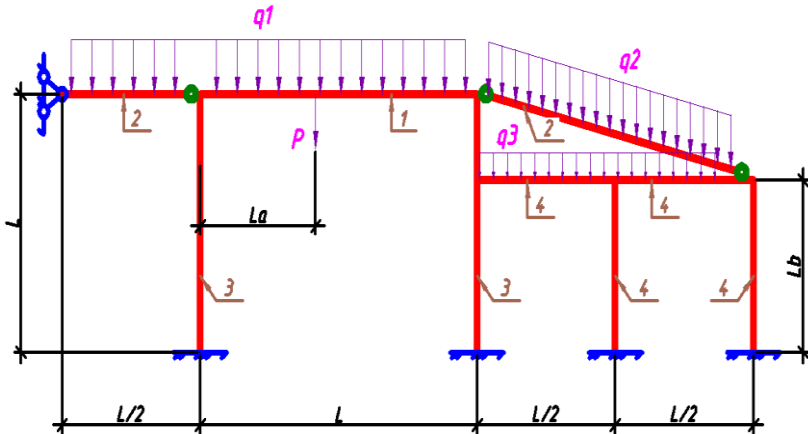


Рис.1.4. Загальний вигляд рами

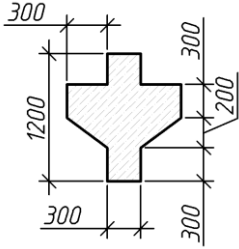
### 4.2. Вихідні дані до задачі №4

Вихідні дані студент отримує із таблиці 1.4:

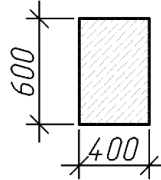
- довжина елемента:  $L$ ;  $L_a$ ;  $L_b$ ...м;

- зосереджена сила:  $P \dots \text{кН}$ ;
- рівномірно розподілене навантаження:  $q1; q2; q3 \dots \text{кН/м}$ ;
- матеріал:

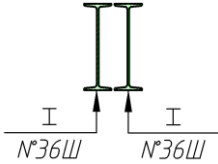
**тип1)** бетон кл.С30/35



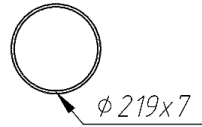
**тип2)** бетон кл.С30/35



**тип3)** метал С245



**тип4)** метал С245




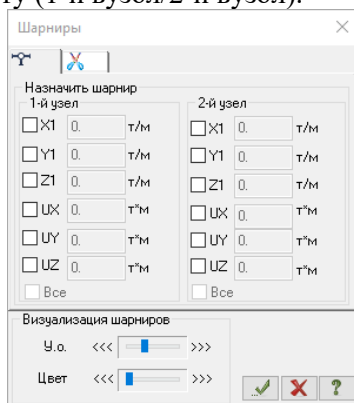
Таблиця 1.4


№ в-ту	Довжина елемента			Зосер. сила $P$	Рівном. розпод. нав-ння $q1$ $q2$ $q3$		
	$L$	$La$	$Lb$		$q1$	$q2$	$q3$
1	12	5.8	8.6	550	69	39	56
2	10.6	4.6	6.6	900	90	57	78
3	11.8	7.6	5	260	55	76	80
4	17.6	8.2	9.2	780	54	98	35
5	18.2	9	10	610	78	34	40
6	16.4	8.2	5.6	890	86	46	19
7	19.2	10.2	6	940	35	89	60
8	18	8.8	8.4	160	40	35	94
9	17	10	7.8	540	66	54	50
10	18.6	9.2	6	780	97	66	26
11	16	7.8	7	690	19	70	44
12	14	9	9.6	740	30	90	30
13	13.2	6	5.8	800	55	29	83
14	10.2	5.7	9.4	920	50	20	50

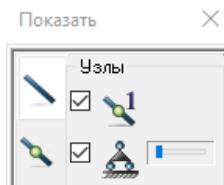
### 4.3. Інструкція до виконання задачі №4

Етапи I, II, III, IV виконуємо ідентично «1.3. Інструкція до виконання задачі №1».

Схема передбачає включення шарнірів (шарнірне з'єднання елементів). Для цього необхідно виділити стержень, у вузлах якого створюємо шарніри. При виборі елемента активується додаткова вкладка «Стержні». На вкладці «Стержні» обираємо інструмент «шарніри» . У відкритому діалоговому вікні необхідно вказати наявність шарніру на відповідних кінцях вибраного елемента (1-й вузол/2-й вузол).



Для зручності визначення початку та кінця елемента (1-й вузол/2-й вузол) рекомендується увімкнути відображення номерів вузлів. Для цього у нижній частині робочого екрану обираємо інструмент «прапорці рисування» . У відкритому вікні переходимо на вкладку «Вузлы» та ставимо галочку навпроти «номера вузлів».



Етапи V...VII виконуємо ідентично «1.3. Інструкція до виконання задачі №1».

**VIII.** Отримані результати завантажуюмо у документ Word. Структура розрахункового звіту приймається за формою 3 (див. ДОДАТОК Б). Вказуємо назву файлу звіту із зазначенням номера задачі та номера варіанту (приклад: *Звіт до задачі 4\_12*).

## 5. Задача №5. Розрахунок металевої ферми

### 5.1. Мета та завдання задачі №5

**Мета:** Навчитись проводити розрахунок металевих ферм.

**Завдання:** Виконати розрахунок металевої ферми на дію статичних навантажень (рис.1.5, рис.2.5). Сформувати звіт результатів розрахунку. Проаналізувати коректність отриманих даних.

### 5.2. Вихідні дані до задачі №5

Вихідні дані студент отримує із таблиці 1.5:

- зосереджена сила:  $P \dots t$ ;
- матеріал: труба профільна за [4].

Таблиця 1.5

№ вар-ту	№ схем	$P$	Матеріал елементів ферми			
			нижній пояс	верхній пояс	стійки	розкоси
1	A	5.6	160x8	160x130x7	80x4	100x60x6
2	A	6.5	180x6	160x120x3	60x3	120x80x6
3	B	9.6	100x3	150x100x8	40x2	100x60x4
4	A	7	120x6	180x100x5	100x4	60x40x3
5	A	8.9	160x6	140x100x7	120x6	100x40x4
6	B	10.5	120x5	100x60x4	80x3	120x80x4
7	A	5.6	140x6	200x120x4	60x3	60x40x5
8	B	6.8	160x130x7	160x8	100x60x6	80x4
9	B	7.4	160x120x3	180x6	120x80x6	60x3
10	B	9	150x100x8	100x3	100x60x4	40x2
11	A	5.9	180x100x5	120x6	60x40x3	100x4
12	B	9.4	140x100x7	160x6	100x40x4	120x6
13	A	10	100x60x4	120x5	120x80x4	80x3
14	B	2.9	200x120x4	140x6	60x40x5	60x3

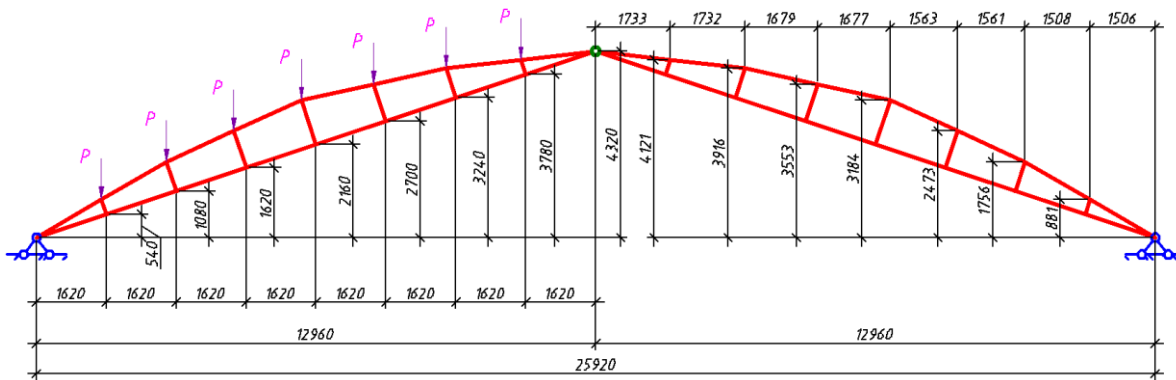


Рис.1.5. Схема ферми металеві № А (розміри в мм.)

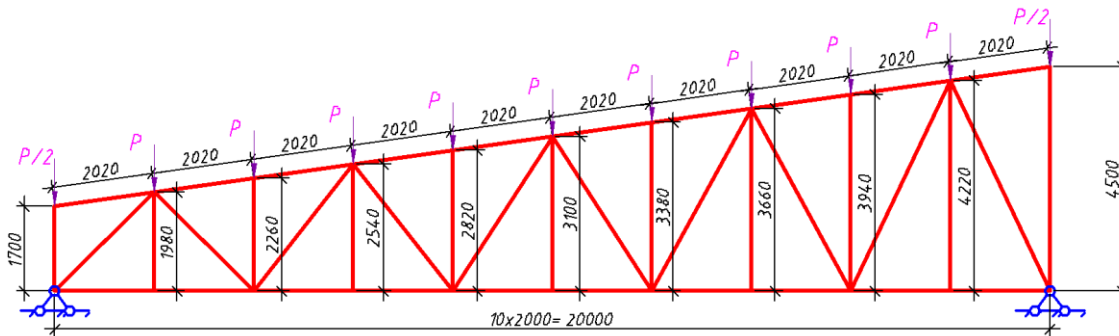


Рис.2.5. Схема ферми металеві № Б (розміри в мм.)

### **5.3. Інструкція до виконання задачі №5**

Етапи **I, II** виконуємо ідентично «1.3. Інструкція до виконання задачі №1».

**III.** Через складну геометрію конструкції рекомендується виконувати побудову геометрії в AutoCAD . Це рішення допоможе оптимізувати роботу і пришвидшити темпи виконання завдання.

Створюємо нову задачу в AutoCAD та окреслюємо геометрію ферми згідно завдання інструментом «*відрізок*». **УВАГА!** При кресленні елементів іншими інструментами («полілінія», «сплайн», «мультилінія» і т.д.) конфлікти при експорті файлу неминучі. Після завершення креслення, зберігаємо файл у форматі (\*.dxf). Закриваємо AutoCAD. Щоб імпортувати створений файл необхідно натиснути «Імпортувати задачу»-«dxf файли (\*.dxf)» та обрати файл імпорту.

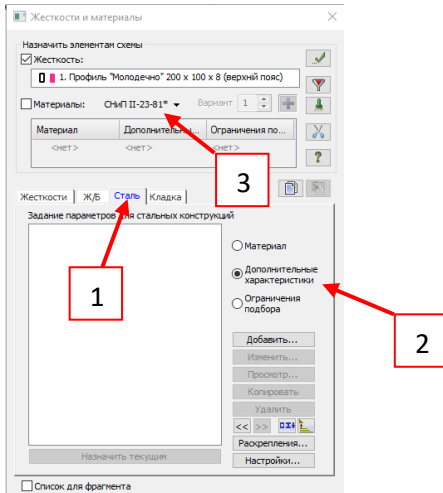
Етап **IV** виконуємо ідентично «1.3. Інструкція до виконання задачі №1».

**V.** На етапі задання жорсткостей елементів необхідно задати додаткові параметри матеріалів для підбору і перевірки перерізів.

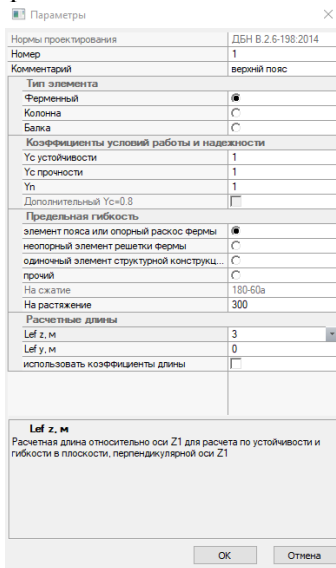
Спочатку створюємо матеріал. Для цього на вкладці «Сталь» натискаємо «матеріал» та «добавити». Відкриється нове вікно, в якому обираємо тип сталі «С255» та натискаємо «ОК».

Наступним кроком буде задання додаткових характеристик створеним елементам конструкції. Залишаємось на вкладці «Сталь», обираємо пункт «Додаткові характеристики», у верхній частині вікна натискаємо на норми, які програма ставить за умовчуванням, та натискаємо «змінити».

Після виконаних дій відкриється додаткове вікно налаштувань де необхідно вистачити тип розрахунку перерізів по РСН та змінити норми на чинні (ДБН).




Залишаючись на вкладці «Сталь» і при активному «Додаткові характеристики» натискаємо «Добавити».



У вікні «Параметри» обираємо тип елемента, коефіцієнти умов роботи та надійності (нормативні значення із [6]), граничну гнучкість (нормативні значення із [6]) та розрахункові довжини елементів із/в площині елемента (див. пункт 13.1 [6]). За

аналогічною методикою необхідно задати додаткові характеристики і для інших конструктивних елементів конструкції та призначити їх.

Етапи VI, VII виконуємо ідентично «1.3. Інструкція до виконання задачі №1».

**VIII.** Так як у вікні задання типів розрахунку перерізів обрано нами «по РСН» необхідно створити таблицю РСН. Для цього переходимо на вкладку «Розрахунок» та натискаємо на інструмент «РСН» . У вікні обримо норми розрахунку (ДБН) та натискаємо «добавити» при активному виборі «1 основне».

Виконуємо розрахунок. Для перевірки результатів розрахунку скористаємось вкладкою «Конструювання» - «Сталь. перевірка та підбір» де ми зможемо проаналізувати коректність заданих перерізів.

Окрім епюр «Зусилля в стержнях» додатковою умовою виконання завдання є формування інтерактивної таблиці результатів. Для її формування переходимо у вкладку «Аналіз» і натискаємо інструмент «Документація». Після виконаних дій відкриється вікно «Редактор форм» у якому необхідно обрати пункт «Зусилля (стержні)». У новому вікні обираємо пункт «Для всіх елементів» та «Для всіх завантажень».

Структура розрахункового звіту приймається за формою 4 (див. ДОДАТОК Б). Вказуємо назву файлу звіту із зазначенням номера задачі та номера варіанту (приклад: *Звіт до задачі 5\_12*).

## **6. Задача №6. Розрахунок одноповерхової промислової будівлі на різні види навантажень**

### **6.1. Мета та завдання задачі №6**

**Мета:** Вміти застосовувати набуті вміння та навички для розрахунку одноповерхової промислової будівлі на різні види статичних навантажень.

**Завдання:** Виконати розрахунок одноповерхової промислової будівлі на дію постійних, снігових, кранових, гальмівних та вітрових навантажень (рис.1.6). Сформувані звіт результатів розрахунку. Проаналізувати коректність отриманих даних.



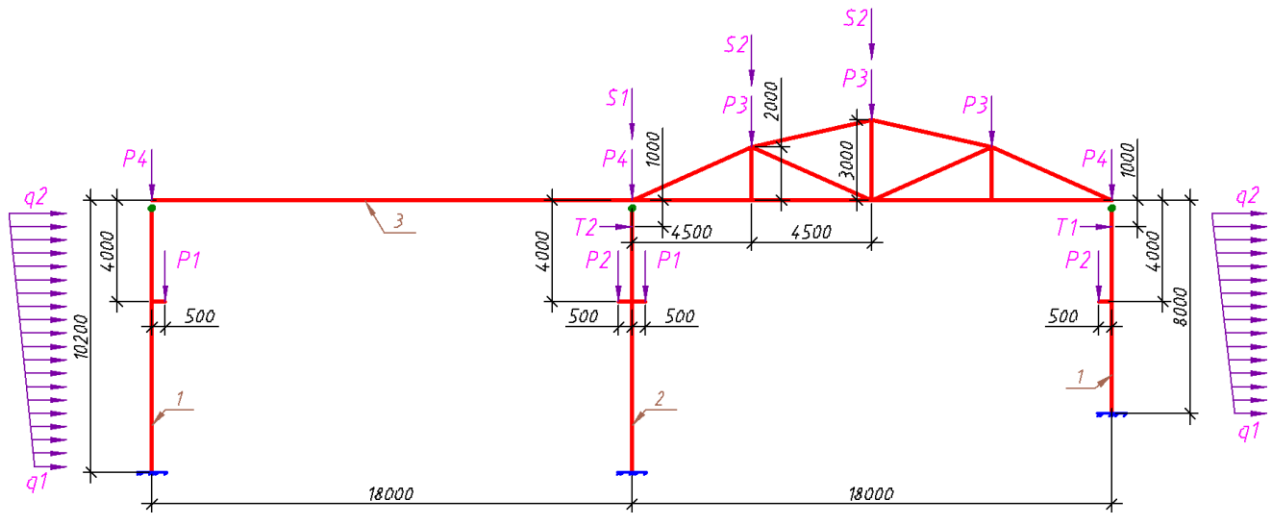


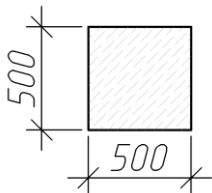
Рис.1.6. Схема одноповерхової промислової будівлі (розміри в мм.)

**6.2. Вихідні дані до задачі №6**

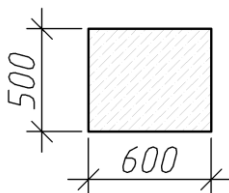
Вихідні дані студент отримує із таблиці 1.6:

- зосереджена сила:  $P1; P2; P3; P4 \dots$ т;
- рівномірно розподілене навантаження:  $q1; q2; \dots$ т/м;
- гальмівне навантаження:  $T1; T2 \dots$ т;
- снігове навантаження:  $S1; S2 \dots$ т;

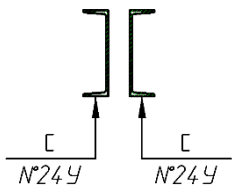
• матеріали:  
тип1) бетон кл.С25/30



тип2) бетон кл.С30/35



тип3) метал С245



**Елементи ферми металеві:**  
нижній пояс: труба 100х6  
верхній пояс: труба 100х80х4  
стійки: труба 80х60х3  
розкоси: труба 60х3

Таблиця 1.6


№ вар-ту	Зосереджена сила				Рівном. розпод. наван-ння		гальмівне наван-ння		снігове наван-ння	
	P1	P2	P3	P4	q1	q2	T1	T2	S1	S2
1	5.2	6.9	6.6	9.3	8.6	5	6.9	8.5	5	6.9
2	6	7.7	7.4	7	6.6	4.5	7.7	9	9.2	7.7
3	7.6	9	8.9	8.5	5	8	9	4.8	10	9
4	8	3.5	9.8	9	9.2	7.8	3.5	6	5.6	3.5
5	6.8	4	6.8	4.8	10	5.6	4	7.9	6	4
6	3	5.9	4.8	6	5.6	5	5.9	8	5	5.9
7	6.9	8	5.9	7.9	6	6.1	8.5	6.9	9.2	8.5
8	9	9.7	7.7	8	8.4	8.8	9	7.7	8.5	9
9	4.4	4	8.9	9.7	7.8	4.1	4.8	9	9	4.8
10	6.5	6.9	6.5	5	6	6	6	3.5	4.8	6
11	6.6	7	9.8	4.6	7	5.9	7.9	4	6	5
12	7	9.8	5.7	6	9.6	7.3	8	5.9	7.9	9.2
13	8.4	6	6.9	7.8	5.8	6.2	8.5	5	8	10
14	9	8.9	7.8	9	9.4	6.6	9	9.2	9	5.6

### 6.3. Інструкція до виконання задачі №6

Етапи **I, II** виконуємо ідентично «1.3. Інструкція до виконання задачі №1».

Етап **III** виконуємо ідентично «5.3. Інструкція до виконання задачі №5».

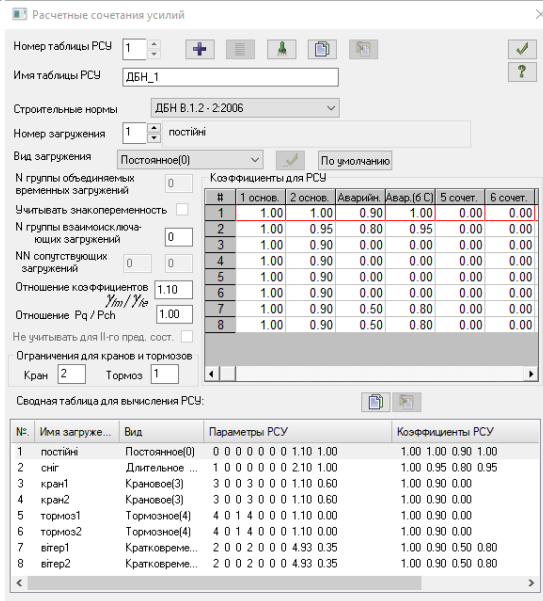
Етапи **IV, V, VI, VII** виконуємо ідентично «1.3. Інструкція до виконання задачі №1».

**VIII.** Після виконання упаковки схеми переходимо на вкладку «Розрахунок» на обираємо інструмент «Таблиця РСЗ» . У діалоговому вікні приводимо значення до наведеного нижче рисунка.

Увагу необхідно звернути на вибір норм (ДБН В.1.2-2:2006). Перемикаючи створені раніше номери завантажень (1...8) призначаємо кожному з них тип навантаження:

- постійне: власна вага;  $P3$ ;  $P4$ ;
- довготривале:  $S1$ ;  $S2$ ;
- кранове:  $P1$ ;  $P2$ ;
- гальмівне:  $T1$ ;  $T2$ ;
- короткочасне:  $q1$ ;  $q2$  (вітрове навантаження).

Рис. 6.3. Діалогове вікно «Розрахунок»

Рисунки: 

Номер таблиці РСУ: 1

Інша таблиці РСУ: ДБН\_1

Строительные нормы: ДБН В.1.2-2:2006

Номер загрузения: 1

Вид загрузения: Постоянное(0)

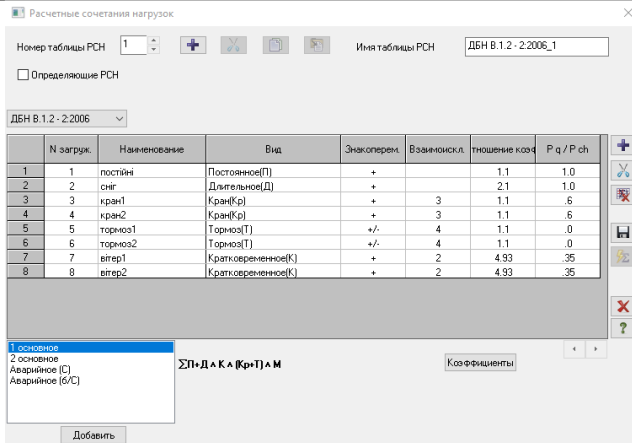
Коефициенты для РСУ:


#	1 основ.	2 основ.	Аварийн.	Авар.(6 С)	5 согет.	6 согет.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00
2	1.00	0.95	0.80	0.95	0.00	0.00
3	1.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
6	1.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
7	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	0.00
8	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	0.00

Сводная таблица для вычисления РСУ:

№	Имя загрузе...	Вид	Параметры РСУ	Коефициенты РСУ
1	постійні	Постоянное(0)	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	сніг	Длительное ...	1 0 0 0 0 0 0 2.10 1.00	1.00 0.95 0.80 0.95
3	кран1	Крановое(3)	3 0 0 3 0 0 0 1.10 0.60	1.00 0.90 0.00
4	кран2	Крановое(3)	3 0 0 3 0 0 0 1.10 0.60	1.00 0.90 0.00
5	тормоз1	Тормозное(4)	4 0 1 4 0 0 0 1.10 0.00	1.00 0.90 0.00
6	тормоз2	Тормозное(4)	4 0 1 4 0 0 0 1.10 0.00	1.00 0.90 0.00
7	віпер1	Кратковреме...	2 0 0 2 0 0 0 4.93 0.35	1.00 0.90 0.50 0.80
8	віпер2	Кратковреме...	2 0 0 2 0 0 0 4.93 0.35	1.00 0.90 0.50 0.80

Разом із цим необхідно вказати № групи взаємовиключних навантажень таких як: кранові, гальмівні, вітрові. Після виконаних дій підтверджуємо і закриваємо вікно «Таблиця РСЗ». Далі переходимо на вкладку «Додаткові розрахунки» та обираємо інструмент «РСН». Контролюємо, аби розрахунок вівся виключно за нормами України (ДБН В.1.2-2:2006). У діалоговому вікні приводимо значення до наведеного нижче рисунка.



Звертаємо увагу на необхідність ручної зміни знакоперемінного гальмівного навантаження. Для цього натискаємо знак «+» навпроти навантаження «гальмівне» та змінюємо на знак «+/-». Після виконаних дій зберігаємось  та закриваємо вікно.

Виконуємо розрахунок схеми. Для коректного формування звіту, окрім епюр «Зусилля в стержнях», необхідно сформувати інтерактивну таблицю результатів. Для її формування переходимо у вкладку «Аналіз» і натискаємо інструмент «Документація». Після виконаних дій відкриється вікно «Редактор форм» у якому необхідно обрати пункт «РСЗ (стержні)». У новому вікні обираємо пункт «Для всіх елементів» та «РСЗ розрахункові». Після виконаних дій створиться таблиця, яку необхідно інтегрувати у розрахунковий звіт.

Структура розрахункового звіту приймається за формою 5 (див. ДОДАТОК Б). Вказуємо назву файлу звіту із зазначенням номера задачі та номера варіанту (приклад: *Звіт до задачі 6\_12*).







## 7. Питання для самоконтролю

1. Які основні функції програмного комплексу ЛПРА-САПР?
2. Які типи задач можна вирішувати за допомогою ЛПРА-САПР?
3. Як виконується розбивка моделі на скінченні елементи?
4. Які основні етапи створення моделі в ЛПРА-САПР?
5. Як здійснюється задання геометрії моделі в ЛПРА-САПР?
6. Що таке вузли та елементи у моделі?
7. Як визначається матеріал конструкції в ЛПРА-САПР?
8. Як задаються граничні умови у програмі?
9. Яким чином можна застосувати навантаження в ЛПРА-САПР?
10. Що таке статичний та динамічний аналіз у ЛПРА-САПР?
11. Як виконується перевірка коректності моделі перед розрахунком?
12. Що таке сітка скінченних елементів і як вона впливає на точність розрахунків?
13. Як виконати лінійний розрахунок напружень у ЛПРА-САПР?
14. Як виконати нелінійний розрахунок у ЛПРА-САПР?
15. Які типи елементів підтримує ЛПРА-САПР?
16. Як аналізуються результати розрахунків в ЛПРА-САПР?
17. Як виконується оптимізація конструкцій за допомогою ЛПРА-САПР?
18. Які існують методи рішення систем лінійних рівнянь у ЛПРА-САПР?
19. Які види навантажень можна задавати в ЛПРА-САПР?
20. Які критерії міцності використовуються при аналізі в ЛПРА-САПР?
21. Що таке жорсткості елементів і як їх задавати?
22. Які відмінності між плоскими і просторовими моделями в ЛПРА-САПР?
23. Як виконати аналіз стійкості конструкцій у ЛПРА-САПР?
24. Як задати різні види опор у ЛПРА-САПР?
25. Які основні параметри впливають на точність моделі?
26. Як експортувати результати розрахунків у ЛПРА-САПР?

27. Як виконати перевірку на прогини конструкції в ЛІРА-САПР?
28. Що таке комбінований розрахунок і як його виконати?
29. Що таке елементи жорсткості та деформації, і як вони задаються?
30. Як використати симетрію конструкції для спрощення розрахункової моделі?
31. Як здійснюється розрахунок на власні частоти і форми коливань?
32. Що таке шарнірні з'єднання в ЛІРА-САПР і як їх задавати?
33. Як визначаються граничні стани конструкцій за результатами розрахунків?
34. Які особливості моделювання плитних конструкцій?
35. Як здійснюється перевірка конструкції на вплив вітрового навантаження?

## ДОДАТОК А

Таблиця можливих систем в'язей (опор) та відповідних їм обмежень

№	Назва опору	Схема	Зв'язки	
1	Шарнірно-нерухома		<input checked="" type="checkbox"/> X	<input type="checkbox"/> UX
			<input type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> UY
			<input checked="" type="checkbox"/> Z	<input type="checkbox"/> UZ
2	Шарнірно-рухома (можливе переміщення вздовж осі X)		<input type="checkbox"/> X	<input type="checkbox"/> UX
			<input type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> UY
			<input checked="" type="checkbox"/> Z	<input type="checkbox"/> UZ
3	Шарнірно-рухома (можливе переміщення вздовж осі Z)		<input checked="" type="checkbox"/> X	<input type="checkbox"/> UX
			<input type="checkbox"/> Y	<input type="checkbox"/> UY
			<input type="checkbox"/> Z	<input type="checkbox"/> UZ
4	Жорстке заземлення		<input checked="" type="checkbox"/> X	<input type="checkbox"/> UX
			<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> UY
			<input checked="" type="checkbox"/> Z	<input type="checkbox"/> UZ
5	Ковзна-заробка (можливе переміщення вздовж осі X)		<input type="checkbox"/> X	<input type="checkbox"/> UX
			<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> UY
			<input checked="" type="checkbox"/> Z	<input type="checkbox"/> UZ
6	Ковзна-заробка (можливе переміщення вздовж осі Z)		<input checked="" type="checkbox"/> X	<input type="checkbox"/> UX
			<input type="checkbox"/> Y	<input checked="" type="checkbox"/> UY
			<input type="checkbox"/> Z	<input type="checkbox"/> UZ

## ДОДАТОК Б

Форма 1 (звіт результатів розрахунку до задачі №2)

<b>ВИКОНАВ</b>	
студент групи: _____	
П.І.П. _____	
<b>ВИХІДНІ ДАНІ</b>	
номер варіанту: ____;	
схема стрижневої системи: ____;	
довжина елемента: $L=$ ____м; $Ll=$ ____м;	
зосереджена сила: $P=$ ____кН;	
рівномірно розподілене навантаження: $q=$ ____кН/м.	
<b>РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ</b>	
«фото»	
Рис.1. Епюра згинаючих моментів $M_y$	
«фото»	
Рис.2. Епюра поперечних сил $Q_z$	
«фото»	
Рис.3. Епюра поздовжніх сил $N$	
«фото»	
Рис.4. Епюра переміщень $f_z$	
«фото»	
Рис.5. Деформована схема	
<b>ПЕРЕВІРИВ</b>	
доктор філософії (Ph.D.), старший викладач каф. ПЦБіС	Караван Б.В.
	_____ (дата виконання)



Форма 2 (скорочений звіт результатів розрахунку до задачі №3)

<b>ВИКОНАВ</b>	
студент групи: _____ П.І.П. _____	
<b>ВИХІДНІ ДАНІ</b>	
номер варіанту: ____; схема рами: ____; довжина елемента: $L=$ ____м; $L_a=$ ____м; $L_b=$ ____м; зосереджена сила: $P_1=$ ____т; $P_2=$ ____т; рівномірно розподілене навантаження: $q_1=$ ____т/м; $q_2=$ ____т/м;	
<b>РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ</b>	
«фото» Рис.1. Епюра згинаючих моментів $M_y$ «фото» Рис.2. Епюра поперечних сил $Q_z$ «фото» Рис.3. Епюра повздовжніх сил $N$ «фото» Рис.4. Епюра переміщень $f_z$ «фото» Рис.5. Деформована схема	
<b>ПЕРЕВІРИВ</b>	
доктор філософії (Ph.D.), старший викладач каф. ПЦБіС	Караван Б.В.  _____ (дата виконання)

Форма 3 (скорочений звіт результатів розрахунку до задачі №4)

<b>ВИКОНАВ</b>	
студент групи: _____ П.І.П. _____	
<b>ВИХІДНІ ДАНІ</b>	
номер варіанту: ____; довжина елемента: $L=$ ____ м; $La=$ ____ м; $Lb=$ ____ м; зосереджена сила: $P=$ ____ кН; рівномірно розподілене навантаження: $q1=$ ____ кН/м; $q2=$ ____ кН/м; $q3=$ ____ кН/м;	
<b>РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ</b>	
«фото» Рис.1. Епюра згинаючих моментів $M_y$ «фото» Рис.2. Епюра поперечних сил $Q_z$ «фото» Рис.3. Епюра поздовжніх сил $N$ «фото» Рис.4. Епюра переміщень $f_z$ «фото» Рис.5. Деформована схема	
<b>ПЕРЕВІРИВ</b>	
доктор філософії (Ph.D.), старший викладач каф. ПЦБіС	Караван Б.В.  _____ (дата виконання)

Форма 4 (звіт результатів розрахунку до задачі №5)

<b>ВИКОНАВ</b>	
студент групи: _____ П.І.П. _____	
<b>ВИХІДНІ ДАНІ</b>	
номер варіанту: ____; зосереджена сила: $P=$ кН;	
<b>РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ</b>	
«фото» Рис.1. Епюра згинаючих моментів $M_y$ «фото» Рис.2. Епюра поперечних сил $Q_z$ «фото» Рис.3. Епюра повздовжніх сил $N$ «фото» Рис.4. Епюра переміщень $f_z$ «фото» Рис.5. Деформована схема «таблиця» Таблиця.1. Зусилля в стержнях	
<b>ПЕРЕВІРИВ</b>	
доктор філософії (Ph.D.), старший викладач каф. ПЦБіС	Караван Б.В.  _____ (дата виконання)

Форма 5 (звіт результатів розрахунку до задачі №6)

<b>ВИКОНАВ</b>	
студент групи: _____ П.І.П. _____	
<b>ВИХІДНІ ДАНІ</b>	
номер варіанту: ____; зосереджена сила: $P=$ кН;	
<b>РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ</b>	
«фото» Рис.1. Епюра згинаючих моментів $M_y$ «фото» Рис.2. Епюра поперечних сил $Q_z$ «фото» Рис.3. Епюра повздовжніх сил $N$ «фото» Рис.4. Епюра переміщень $f_z$ «фото» Рис.5. Деформована схема «таблиця» Таблиця.1. РСЗ (стержні)	
<b>ПЕРЕВІРИВ</b>	
доктор філософії (Ph.D.), старший викладач каф. ПЦБіС	Караван Б.В.  _____ (дата виконання)

## РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

### Базова

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. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 01.06.2011]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.
3. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинний від 01.01.2007]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2006. 36 с.
4. ДСТУ Б В.2.6-8-95 (ГОСТ 30245-94) Будівельні конструкції. Профілі сталеві гнуті замкнуті зварні квадратні і прямокутні для будівельних конструкцій. Технічні умови. [Чинний від 16.11.1995] Вид. офіц. Київ : Держкоммістобудування України, 1996. 17 с.
5. Системи автоматизованого проектування у будівництві : навч. посібник / А. С. Моргун, В. М. Андрухов, М. М. Сорока, І. М. Меть. Вінниця : ВНТУ, 2015. 129 с..
6. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування. Зі Зміною № 1. [Чинний від 10.06.2014]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2014. 199 с.

### Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського.  
URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>;
2. Обласна наукова бібліотека (м. Рівне, майдан Короленка, 6). URL: <http://www.libr.rv.ua/>;
3. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75). URL: [http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka](http://nuwm.edu.ua/naukova-biblioteka;);
4. Урок з інформаційних технологій. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=dq\\_5MrSMcb4](https://www.youtube.com/watch?v=dq_5MrSMcb4)