

І. М. Добрянський, Ю. Ю. Вибранець, Л. О. Добрянська, О. Я. Фафлей

ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Лабораторний практикум



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ
ІНСТИТУТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА ТА ЕНЕРГЕТИКИ**

Кафедра будівництва та енергоефективних споруд



І. М. Добрянський, Ю. Ю. Вибранець, Л. О. Добрянська, О. Я. Фафлей

ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

ДИСЦИПЛІНИ САПР

для студентів спеціальності

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

ІВАНО-ФРАНКІВСЬК

2022

УДК 624.014
П 79

Рецензенти:

Величкович А. С. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва та енергоефективних споруд Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу;

Фабрика Ю. М. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва та енергоефективних споруд Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

*Рекомендовано методичною радою університету
(протокол №__ від "___" _____ 20__ р.)*

П 79 Добрянський І. М., Вибранець Ю. Ю., Добрянська Л. О., Фафлей О. Я.

Проектування спеціальних металевих конструкцій: Лабораторний практикум. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2022. 18 с.

МВ-

Лабораторний практикум з дисципліни "Проектування спеціальних металевих конструкцій" методичні вказівки для виконання лабораторних робіт.

Розроблений відповідно до робочої програми навчальної дисципліни. Рекомендовано до використання студентами спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

УДК 624.014

МВ-

© Добрянський І. М., Вибранець Ю. Ю.,
Добрянська Л. О., Фафлей О. Я.
© ІФНТУНГ, 2022

З М І С Т

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

«РОЗРАХУНОК ПЛОСКОЇ ФЕРМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ «ЛІРА-САПР»	4
---	----------

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

РОЗРАХУНОК ПЛОСКОЇ РАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ «ЛІРА-САПР»	10
---	-----------

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ПІДБІР ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ «ЛІРА-САПР»	16
---	-----------

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	18
--------------------------------------	-----------

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

«РОЗРАХУНОК ПЛОСКОЇ ФЕРМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ «ЛІРА-САПР»

МЕТА РОБОТИ: навчитися самостійно створювати плоску ферму в середовищі програмного комплексу «ЛІРА-САПР», задавати опори, жорсткості елементів, навантаження та працювати з результатами розрахунку.

Створення ферми

Після запуску «ПК-Ліра», для виконання лабораторної роботи №1, необхідно вибрати ознаку схеми – два степені вільності у вузлі (рис.1.1).

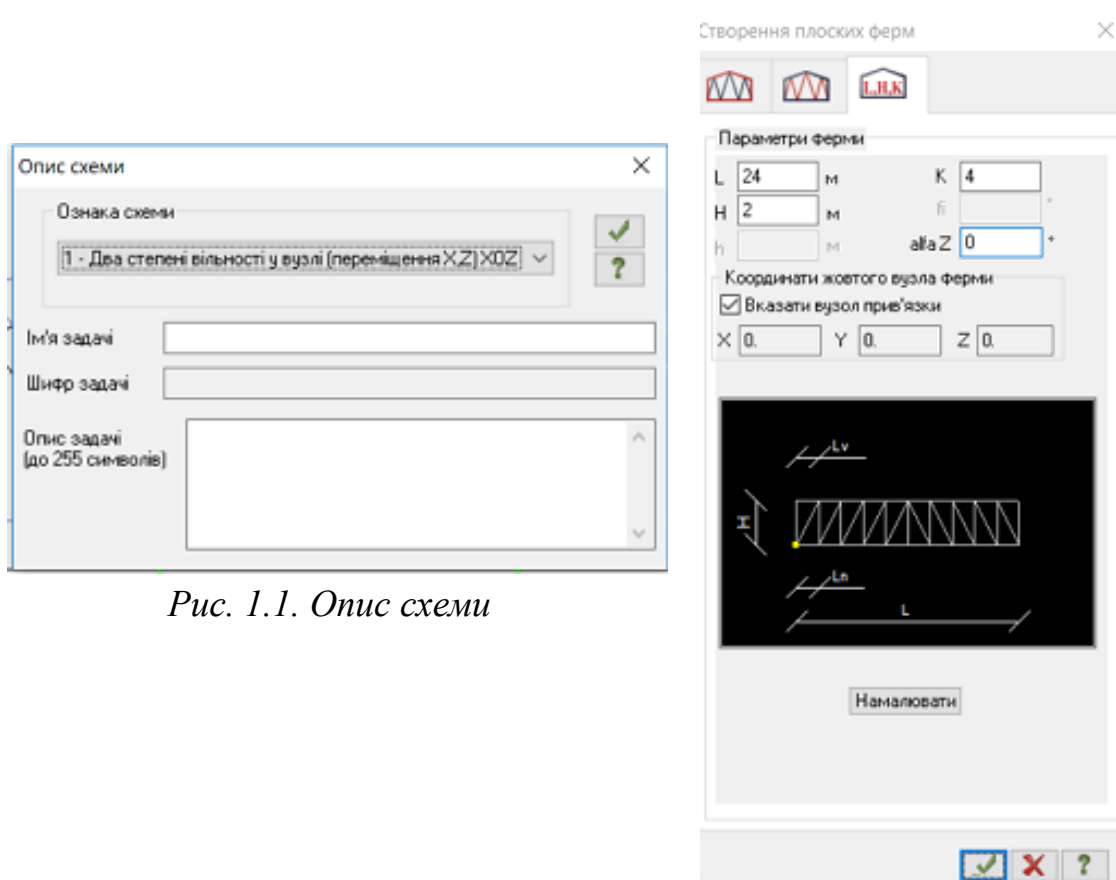


Рис. 1.1. Опис схеми

Рис. 1.2. Створення плоскої ферми

Вписуємо ім'я задачі, та натискаємо кнопку підтвердження. На панелі «Створення та редагування», у вкладці «Створення», вибираємо функцію «Генерація ферм» (рис. 1.2). Вибираємо обрис ферми та обрис решітки, згідно зі схемою варіанту. Вписуємо значення, L – довжина ферми, K – кількість панелей, H – висота ферми, f_i – кут скату. Після введення даних згідно з варіантом, натискаємо кнопку підтвердження.

Задавання опор

Наступним кроком є задавання опор ферми. На нижній панелі робочого вікна «ПК-ЛІРА» вибираємо «Відмітка вузлів». Далі на панелі «Створення та редагування», у вкладці «Жорсткості та в'язі», вибираємо функцію «В'язі». Вибираємо крайній вузол ферми, та у вікні в'язей ставимо галочки на обмеження переміщень по осях X та Z (рис. 1.3).

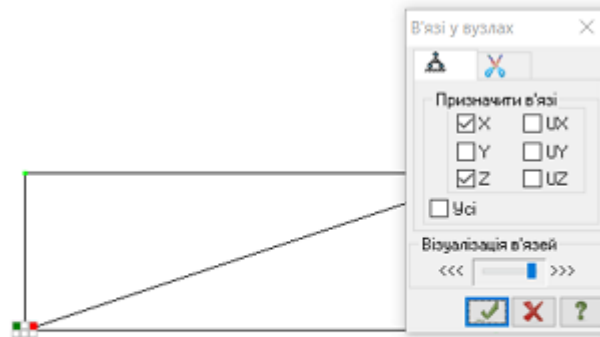


Рис. 1.3. Задавання опори ферми

Для протилежного крайнього вузла забороняємо переміщення лише по осі Z.

Задання жорсткостей

На панелі «Створення та редагування», у вкладці «Жорсткості та в'язі», вибираємо функції «Жорсткості та матеріали». Відкривається робоче вікно наступного вигляду (рис. 1.4):

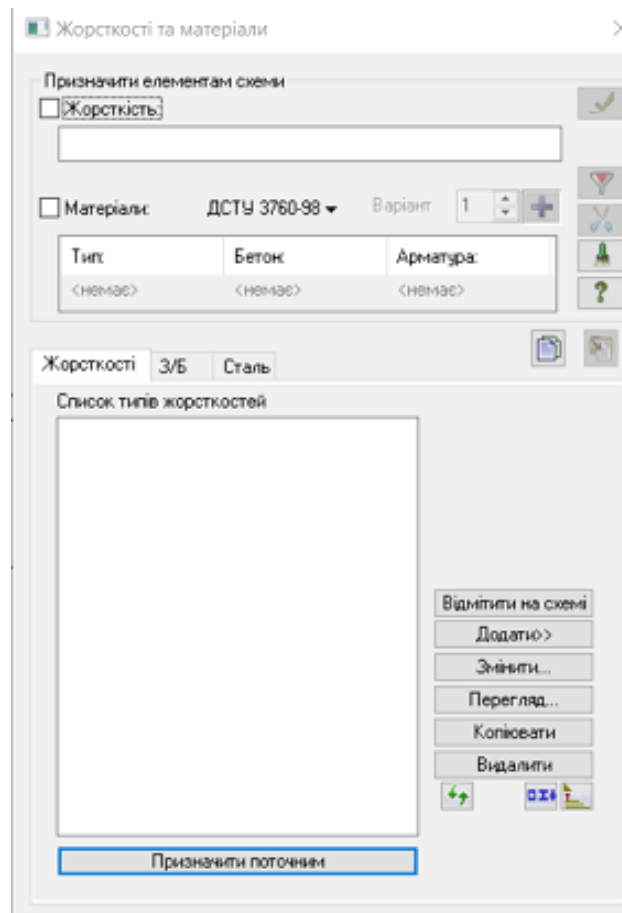


Рис. 1.4. Жорсткості та матеріали

Нажавши «Додати>>», відкривається меню вибору перерізів. Вибираємо вкладку «База металевих перерізів» та обираємо тип перерізу згідно з вказаним у завданні. Після цього необхідно вибрати сортамент, з якого ми будемо вибирати переріз та власне сам переріз (рис. 1.5).

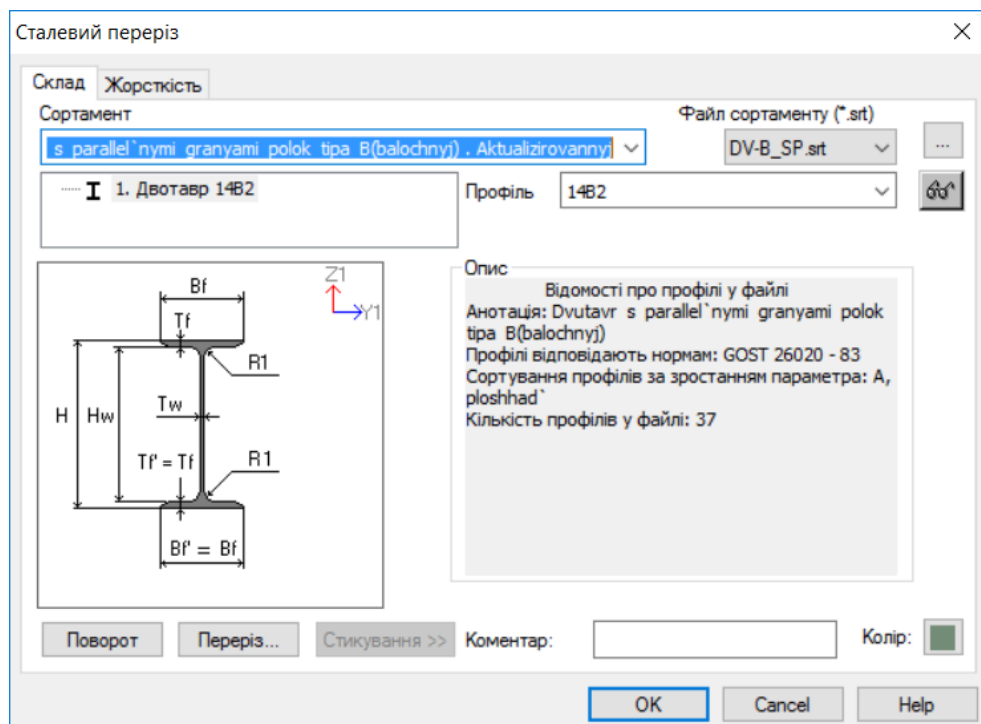


Рис. 1.5. Сталевий переріз

Після завершення створення типів елементів, вибираємо необхідні нам елементи, і впевнившись, що у відкритому вікні жорсткостей поточними вибрані всі необхідні нам характеристики, нажимаємо галочку.

Додавання додаткових характеристик матеріалів та конструкцій для знаходження зусиль в елементах конструкцій не потрібні. Підбір поперечних перерізів сталевих конструкцій розглянутий в лабораторній роботі №3.

Задання навантажень

Для задання навантажень, необхідно спочатку перейти на панелі «Створення та редагування» до вкладки «Навантаження» та вибрати «Редактор завантажень» (рис.1.6). В цій лабораторній роботі, нам необхідно створити лише один тип завантажень. Називаємо його, вибираємо вид «Постійне» та натискаємо галочку.

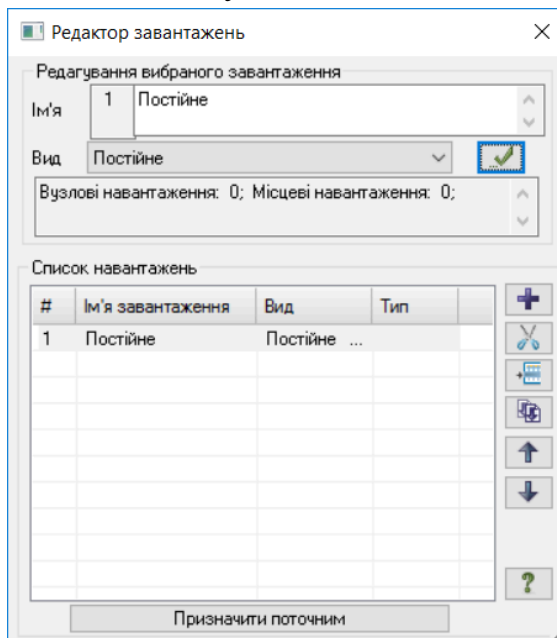


Рис. 1.6. Редактор завантажень

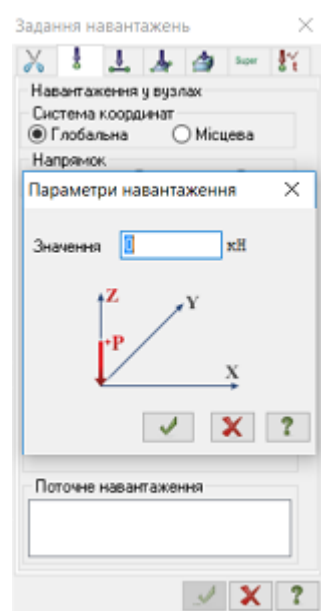


Рис. 1.7. Задання навантажень

Далі у вкладці «Навантаження» вибираємо «Навантаження на вузли та елементи». Вибираємо необхідний нам напрям прикладання, необхідні вузли або стержні та натискаємо на вибір типу навантаження. Вводимо значення навантаження згідно з завданням (рис.1.7).

Після виконання всіх вищевказаних функцій, можна виконувати розрахунок. Перейшовши на панель «Розрахунок», натискаємо кнопку «Виконати розрахунок». Після виконання розрахунку, перейшовши на панель «Аналіз», можна переглянути необхідні епюри.

Для того, щоб показати номери стержнів або вузлів, необхідно на нижній панелі вибрати функцію «Параметри відображення», та поставити галочки напроти відповідних параметрів (рис. 1.8).

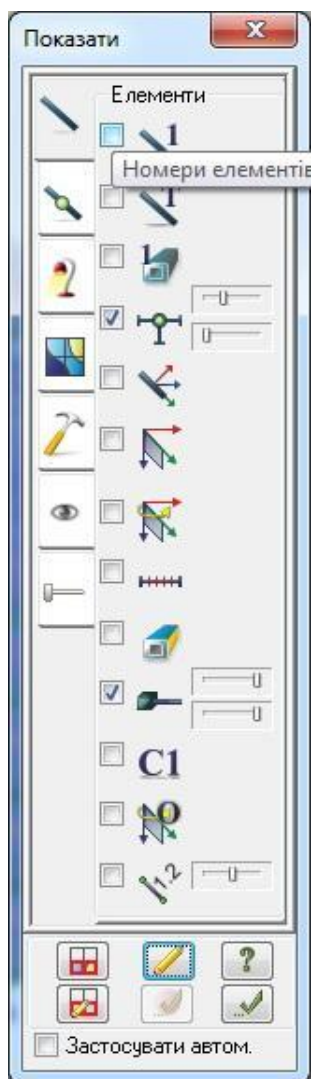


Рис. 1.8. Параметри відображення

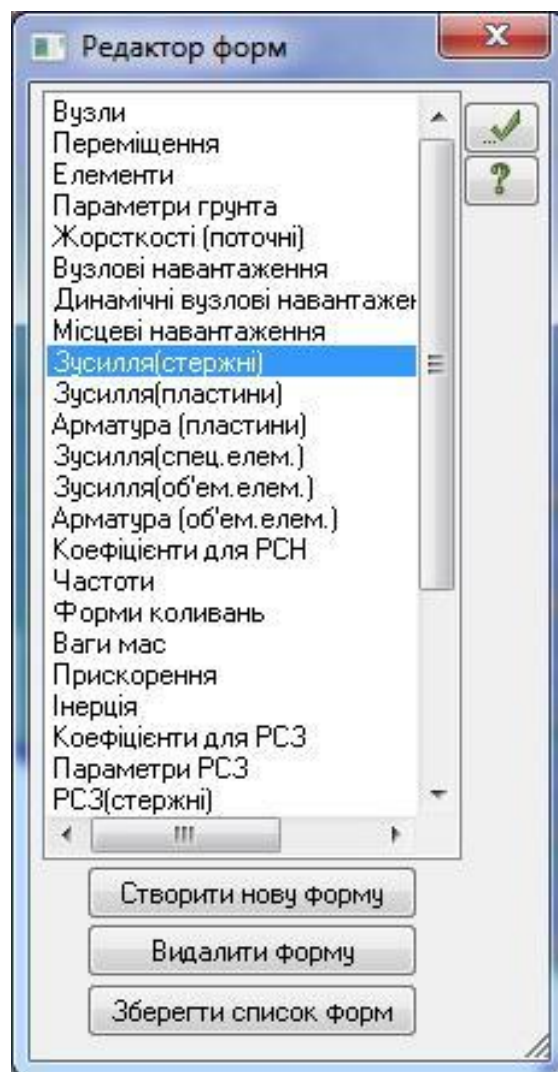
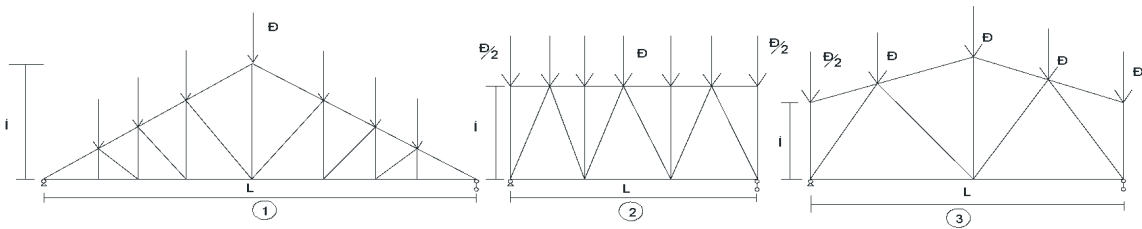


Рис. 1.9. Виведення результатів

Щоб вивести таблиці з переміщеннями, зусиллями, номерами елементів або стержнів, на панелі «Аналіз», знаходимо функцію «Документація», клікаємо на випадаюче меню та вибираємо «Інтерактивні таблиці». У наступному вікні вибираємо, які значення необхідно вивести у таблицю та створюємо її (рис. 1.9).

Після виконання роботи її необхідно оформити у вигляді звіту (на основі даної методички зі своїми скріншотами та результатами розрахунку в табличній і графічній формі) та здати разом із файлом у форматі ЛИРА-САПР. Також бути готовим відповісти на уточнюючі питання по роботі.

Індивідуальні завдання до роботи №1



№	Тип	L,м	H,м	кН,Р	f	Переріз	Кіл.панелей
1	1	24	-	100	25	┐┌ 100x7	4
2	2	36	4	80	-	┐┌ 140x10	6
3	3	18	1	90	10	□80x4	4
4	1	18	2	90	-	□60x5	3
5	2	24	3	100	-	┐┌ 100x10	4
6	3	36	2,5	80	15	┐┌ 125x10	6
7	1	36	-	70	20	□140x6	6
8	2	18	2	60	-	□100x3	3
9	3	24	1,5	85	12	□80x4	4
10	1	12	1	180	-	┐┌ 75x5	2
11	2	30	3	90	-	□100x5	5
12	3	40	3	95	20	┐┌ 125x10	8
13	1	40	-	80	22	┐┌ 160x10	8
14	2	12	1,5	150	-	┐┌ 100x7	3
15	3	30	2	70	15	□100x6	6
16	1	30	3	80	-	┐┌ 100x7	6
17	2	40	4	100	-	┐┌ 100x10	7
18	3	12	0,8	90	10	┐┌ 90x7	2
19	1	20	-	65	15	□80x5	4
20	2	48	5	75	-	┐┌ 140x10	8
21	3	32	2	60	12	┐┌ 100x10	6
22	1	32	3	80	-	□100x7	6
23	2	20	2	100	-	┐┌ 100x10	4
24	3	48	4	90	10	┐┌ 140x10	8
25	1	48	-	95	16	┐┌ 160x12	8
26	2	32	3	85	-	┐┌ 100x10	6
27	3	20	2	70	14	□60x5	4
28	1	16	1,5	120	-	┐┌ 90x7	2
29	2	42	4	90	-	┐┌ 125x10	7

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 РОЗРАХУНОК ПЛОСКОЇ РАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ «ЛІРА-САПР»

МЕТА РОБОТИ: навчитися самостійно створювати плоску раму в середовищі програмного комплексу «ЛІРА-САПР», задавати опори, жорсткості елементів, навантаження та працювати з результатами розрахунку.

Створення плоскої рами

Після запуску «ПК-Ліра», для виконання лабораторної роботи №2, необхідно вибрати другу ознаку – три степені вільності у вузлі (рис.2.1).

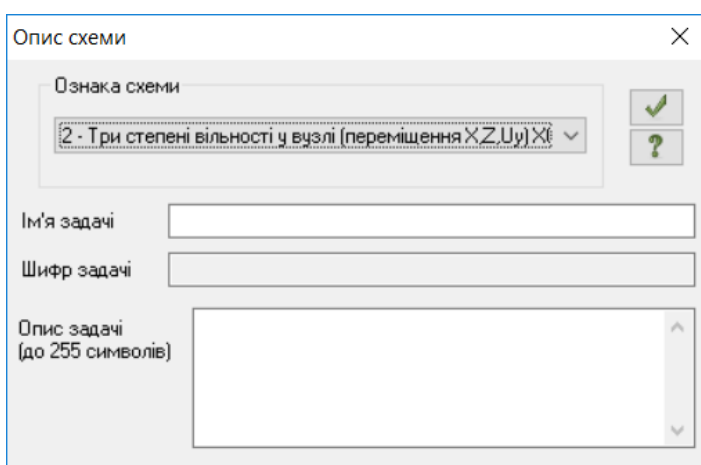


Рис. 2.1. Опис схеми

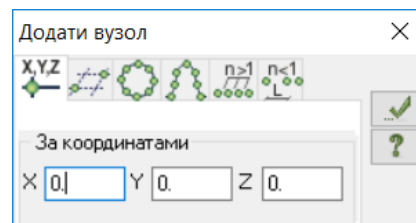


Рис. 2.2. Додавання вузла

Вписуємо ім'я задачі та натискаємо кнопку підтвердження.

Першим кроком буде створення сітки вузлів. На панелі «Створення та редагування», у вкладці «Створення», натискаємо «Додати вузол» (рис.2.2). Вписуємо координати першого вузла та натискаємо галочку. Таким самим чином додаємо всі інші вузли. Вузли створюються на початку та в кінці кожного стержня та в місцях приєднання стержнів.

Далі потрібно створити стержні. Вибираємо функцію «Додати елемент» і вкладку додати стержень. Переконаємось, що функція «Враховувати проміжні вузли» відмічена галочкою. Вказуємо вузли, між якими необхідно створити стержень мишкою. При потребі створення стержнів на одній прямій, де є 3 і більше вузлів, можна вказувати мишкою перший і останній, при цьому «ПК-ЛІРА» сам розділить стержні, враховуючи проміжні вузли. Після завершення створення рами, переходимо до задавання опор.

Задавання опор

На нижній панелі робочого вікна «ПК-ЛІРА» вибираємо «Відмітка вузлів». Далі на панелі «Створення та редагування», у вкладці «Жорсткості та в'язі», вибираємо функцію «В'язі». Ставимо галочки біля всіх заборон, або натискаємо «Усі». Відмічаємо усі нижні вузли рами та натискаємо галочку.

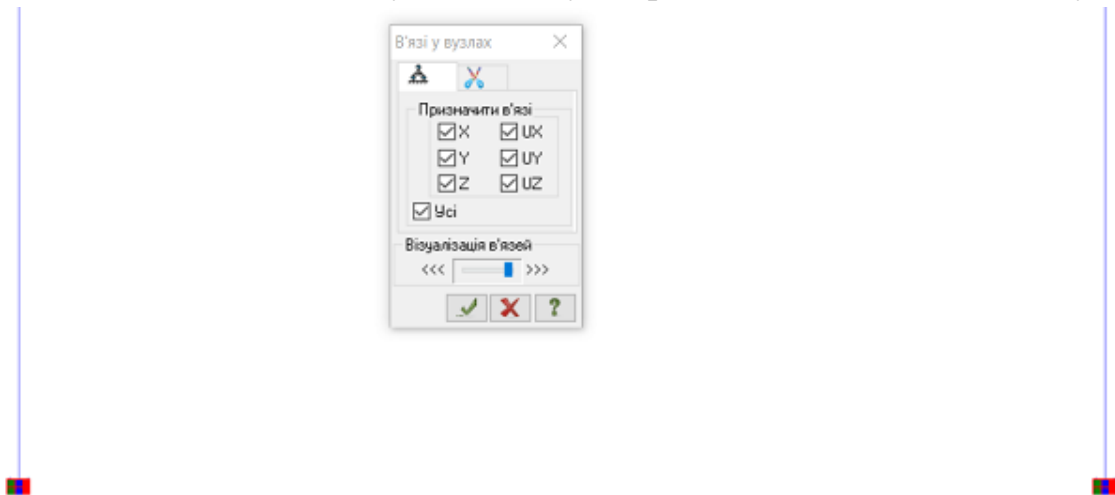
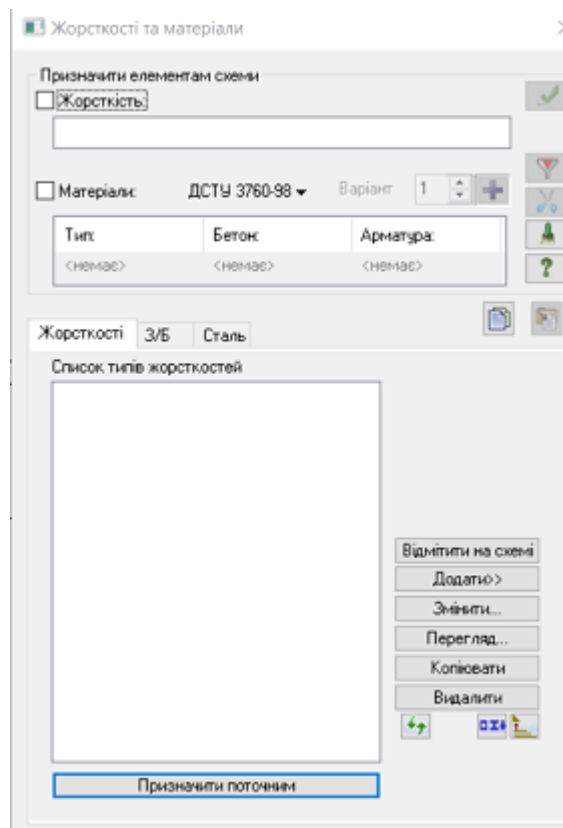


Рис. 2.3. Опис схеми

Задання жорсткостей

На панелі «Створення та редагування», у вкладці «Жорсткості та в'язі», вибираємо функції «Жорсткості та матеріали». Відкривається робоче вікно наступного вигляду:



Необхідно задати жорсткості матеріалів. Нажавши «Додати>>», відкривається меню вибору перерізів. При створенні перерізів для залізобетону, необхідно буде вказати модуль пружності (модуль Юнга) в залежності від класу бетону по завданню (для бетону класу В25 $E=30000$ МПа), геометричні характеристики вибраного типу перерізу та об'ємну вагу, що для залізобетону становить 2500 кг/м^3 (рис.2.4).

Рис. 2.4. Задавання жорсткості

Якщо згідно завдання необхідно створити типи для елементів металевого перерізу, тоді перегляньте відповідний пункт попередньої лабораторної роботи.

Після завершення створення типів елементів, вибираємо необхідні нам стержні, і, впевнившись, що у відкритому вікні жорсткостей поточними вибрані всі необхідні нам характеристики, нажимаємо галочку.

Задання навантажень

Для задання навантажень, необхідно спочатку перейти на панелі «Створення та редагування» до вкладки «Навантаження», та вибрати «Редактор завантажень». В цій лабораторній роботі необхідно створити 2 завантаження. Називаємо їх, вибираємо відповідно види «Постійне» та «Тимчасове» (рис.2.5).

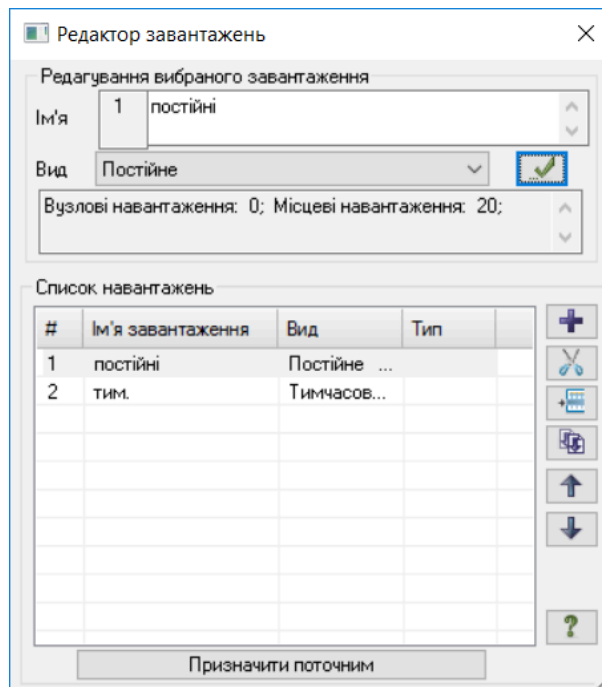


Рис. 2.5. Задавання жорсткості

Далі у вкладці «Навантаження» вибираємо «Навантаження на вузли та елементи». Попередньо вибираємо поточне завантаження у вікні завантажень. Створюємо рівномірно розподілене навантаження на стержні, вибираючи необхідні стержні, вид навантаження та вводимо значення (рис.2.6).

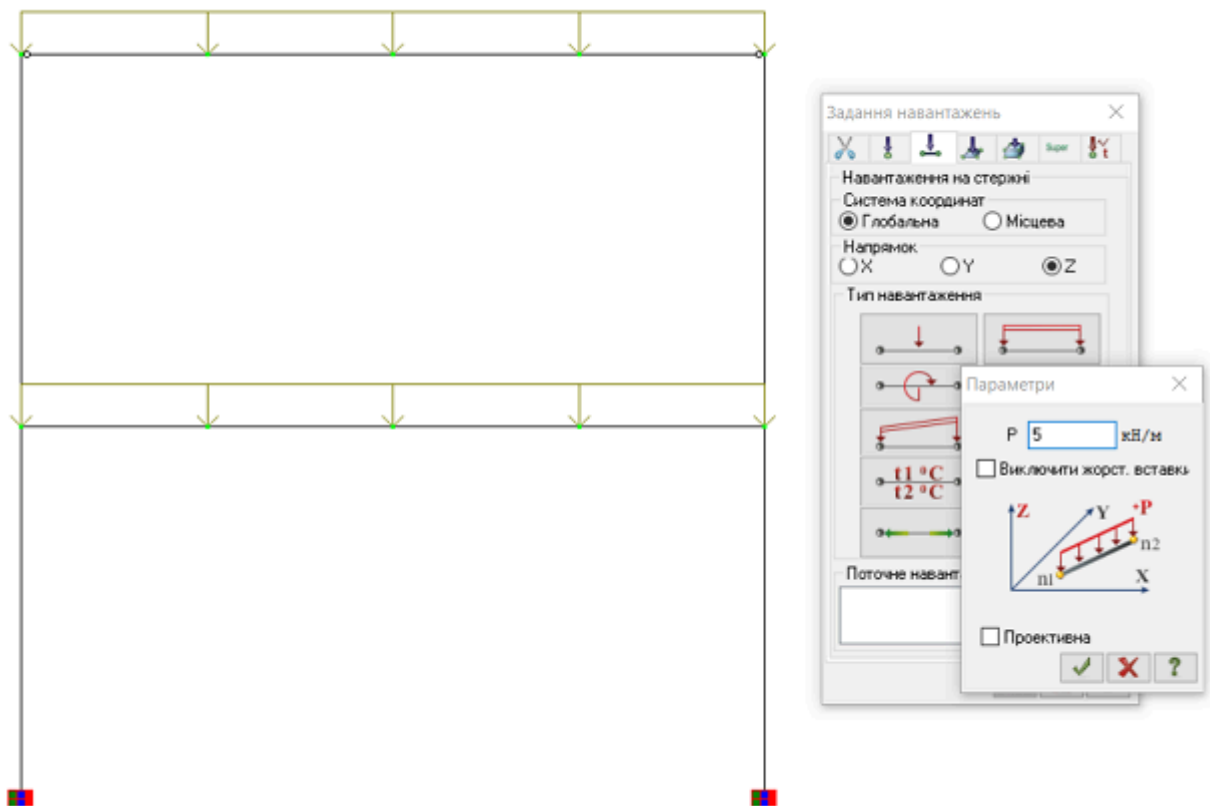


Рис. 2.6. Задавання навантаження

Далі переходимо в завантаження та вибираємо наступний вид і так само задаємо навантаження для нього, згідно з варіантом. Також змінювати види завантажень можна в нижній панелі (рис. 2.7).

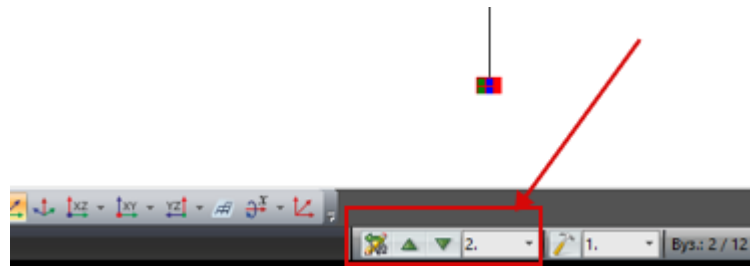


Рис. 2.7. Зміна виду завантаження

Після того, як задані опори, навантаження та жорсткості, необхідно сформувати таблицю РСЗ (розрахункових сполучень зусиль). Для цього необхідно перейти на панель «Розрахунок», у вкладці «РСЗ» вибрати «Таблиця РСЗ». Таблиця генерується автоматично, якщо для деяких завантажень не був вибраний вид, це необхідно зробити у цьому меню (рис. 2.8).

#	1 основ.	2 основ.	Аварійн.	Авар.(б.С)	5 сполуч.	6 сполуч.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00

№.	Ім'я завантаж...	Вид	Параметри РСЗ	Коефіцієнти РСЗ
1	Постійне	Постійне	0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00

Рис. 2.8. Заповнення таблиці РСЗ

Після створення таблиці РСЗ, необхідно скомбінувати їх в сполучення навантажень. У вкладці «Додаткові розрахунки» вибираємо «РСН» (розрахункові сполучення навантажень). Можна додати комбінації згідно ДБН (1 Основне, 2 Основне, Аварійне...). Нам для роботи достатньо лише створити власну комбінацію для перегляду прогинів і епюр в графічній формі. Натискаємо на плюс справа та вручну змінюємо всі коефіцієнти новоствореного стовпчика на 1. Натискаємо на збереження.

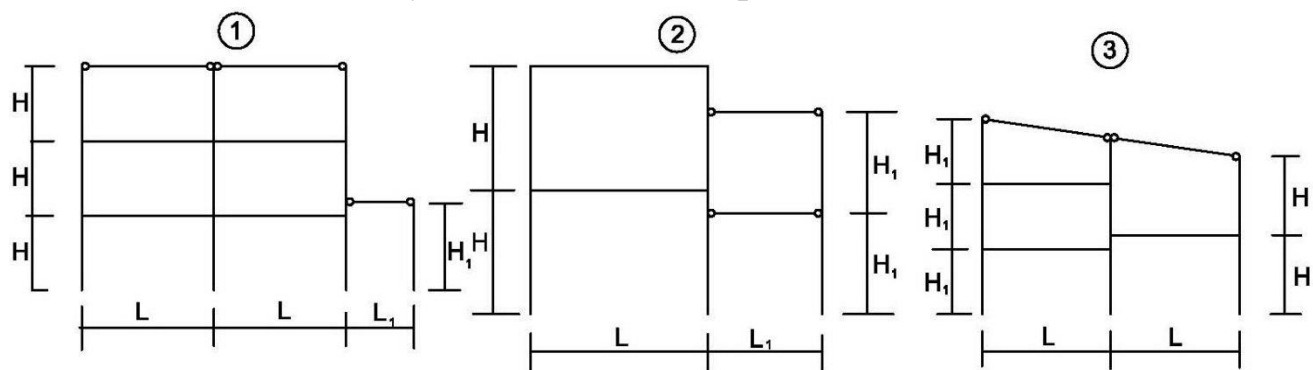
Після виконання всіх вищевказаних функцій, можна виконувати розрахунок. Перейшовши на панель «Розрахунок», натискаємо кнопку «Виконати розрахунок». Після виконання розрахунку, перейшовши на панель «Аналіз», можна переглянути необхідні епюри.

Для того, щоб показати номери стержнів або вузлів, необхідно на нижній панелі вибрати функцію «Параметри відображення», та поставити галочки напроти відповідних параметрів (рис. 1.8).

Щоб вивести таблиці з переміщеннями, зусиллями, номерами елементів або стержнів, на панелі «Аналіз», знаходимо функцію «Документація», клікаємо на випадаюче меню та вибираємо «Інтерактивні таблиці». У наступному вікні вибираємо, які значення необхідно вивести у таблицю та створюємо її (рис. 1.9).

Після виконання роботи її необхідно оформити у вигляді звіту (на основі даної методички зі своїми скріншотами та результатами розрахунку в табличній і графічній формі) та здати разом із файлом у форматі ЛИРА-САПР. Також бути готовим відповісти на уточнюючі питання по роботі.

Індивідуальні завдання до роботи №2



№	Тип	L, м	L ₁ , м	H, м	H ₁ , м	Січ. колонн мм	Січ. ригеля мм	Постійне, кН/м		Тривале, кН/м	
								Пере- риття	Пок- риття	Пере- криття	Пок- риття
1	1	4	3	3	4	300x300	500x300	10	15	10	7,5
2	2	5	4	3,5	3	350x350	500x350	15	20	10	7,5
3	3	6	-	4	4	400x400	600x400	20	25	10	7,5
4	1	7	6	4,5	5	300x350	600x300	25	30	15	10
5	2	4	6	4,5	4	400x350	550x350	25	30	15	10
6	3	5	-	4	3	400x450	450x300	20	25	15	10
7	1	6	4	3,5	4	[] N27	I N 30	15	20	20	10
8	2	7	3	3	4	[] N30	I N 33	10	15	20	10
9	3	4	-	3	4	[] N18	[N 27	10	15	20	10
10	1	5	4	3,5	4	I N 30K	I N40	15	20	20	7,5
11	2	6	5	4	4	I N 50III1	I N 36	20	25	20	7,5
12	3	7	-	4,5	4	350x350	500x350	20	30	20	7,5
13	1	4	6	5	3	400x400	600x400	25	30	15	10
14	2	5	5	4,5	3	[] N 16	[N 22	20	25	15	10
15	3	6	-	4	3	I N 40K	I N 30	15	20	15	10
16	1	7	3	3,5	4	[] N 18	I N 27	10	15	10	10
17	2	4	3	3	4	300x300	400x300	10	15	10	10
18	3	5	-	3	4	400x400	500x300	15	20	10	10
19	1	6	5	3,5	5	500x500	400x250	20	25	10	7,5
20	2	7	6	4	4	[] N 20	[N 36	25	30	10	7,5
21	3	4	-	4,5	3	[] N 18	I N 20	25	30	10	7,5
22	1	5	5	4,5	3	300x300	500x300	20	25	15	10
23	2	6	4	4	4	400x400	400x300	15	20	15	10
24	3	7	-	3,5	5	500x500	550x300	10	15	15	10
25	1	4	6	3	5	[] N 22	I N 20	12	15	20	7,5
26	2	5	5	3	4	[] N 30	[N 27	16	20	20	7,5
27	3	6	-	3,5	3	400x400	500x400	22	25	20	7,5
28	1	7	3	4	4	350x350	600x350	22	25	20	12,5
29	2	4	5,5	4,5	4	500x500	400x200	20	25	20	12,5

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ПІДБІР ПОПЕРЕЧНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ «ЛІРА-САПР»

МЕТА РОБОТИ: навчитися самостійно підбирати поперечні перерізи елементів в середовищі програмного комплексу «ЛІРА-САПР», виконувати конструювання, виводити результати розрахунку в табличній і графічній формі.

Вихідними даними для цієї роботи є пораховані лабораторні роботи № 1 та №2. Всі описані доповнення необхідно виконати в попередніх файлах – задати характеристики матеріалів та додаткові характеристики – і підібрати поперечні перерізи металевих перерізів.

На панелі «Створення та редагування», у вкладці «Жорсткості та в'язі», вибираємо функції «Жорсткості та матеріали».

Для початку необхідно поставити галочку біля надпису «Матеріали» та впевнитись, що вибраний нормативний документ «ДБН В 2.6-198:2014».

Вибираємо переріз, для якого будемо задавати додаткові характеристики.

Після цього, перейшов у вкладку «Сталь», вибираємо клас сталі (рис. 3.1).

Параметри	
Номер	1
Коментар	Матеріал
Переріз	
Сталь	S235
Скорочений сортамент	S235
	S245
	S255
	S285
	S345
	S345K
	S375
	Ще...
Сталь Сталь поперечного перерізу стержня	
OK Ска...	

Рис. 3.1. Вибір класу сталі

Параметри	
Норми проектування	СНиП II-23-81*
Номер	1
Коментар	Характеристик
Тип елемента	
Фермовий	☒
Колона	☐
Балка	☐
Коефіцієнти умов роботи та надійності	
Ус стійкості	0.95
Ус міцності	1
Уп	1
Додатковий Ус=0.8	☐
Гранична гнучкість	
елемент поясу або опорний розкіс ферми	☒
неопірний елемент решітки ферми	☐
одиначний елемент структурної конструкції...	☐
інший	☐
На стиск	180-60a
На розтяг	300
Розрахункові довжини	
Kz	1
Ky	1
використовувати коефіцієнти довжини	☒
Фермовий Тип елемента визначає, які зусилля будуть використовуватися в сталевому розрахунку: Фермовий - тільки осьові зусилля (N); Балка - тільки згинальні зусилля (My, Mz, Qz, Qy); Колона - тільки осьові і згинальні зусилля (N, My, Mz, Qz, Qy); Канат - тільки осьове розтягуюче зусилля (N+). Решта зусиль в сталевому розрахунку не враховуються	
OK Ска...	

Рис. 3.2. Задання додаткових параметрів конструкції

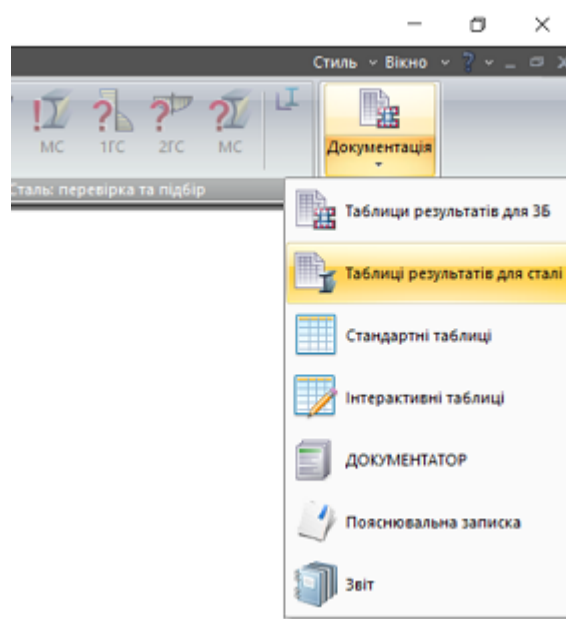
Після додавання марки сталі, необхідно додати додаткові характеристики. У вікні, що відкрилось, необхідно вказати тип елемента – фермовий, балка або колона. Вибираємо необхідний та ставимо галочку «використовувати коефіцієнти довжин». Ставимо значення коефіцієнтів рівними 1.

Для обмеження підбору залишаємо стандартні значення, бо для прокатних профілів воно не зовсім актуально.

Функція конструювання металевих елементів, передбачає підбір перерізу, який відповідає розрахованим зусиллям. Для того, щоб розрахувати перерізи металевих елементів, після виконання розрахунку, переходимо на панель «Конструювання». У вкладці «Сталь: розрахунок», натискаємо кнопку «Розрахунок». Якщо є більше ніж один вид завантаження, вибираємо «за РСЗ», якщо 1 – за зусиллями.

Після закінчення розрахунку металевих елементів, в нас є змога переглянути епюри за першим та другим граничним станом, стійкості, і т.д.

Для того, щоб вивести підібрані елементи у вигляді таблиці, необхідно у вкладці «Таблиці», вибрати «Таблиці результатів для сталі».



Створюємо таблиці та виводимо у зручному для нас вигляді.

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.2-15:2005. Житлові будинки і споруди. Основні положення.
2. ДСТУ БА. 2.4 –4:2009. Основні вимоги до проектної та робочої документації.
3. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель.
4. ДБН В. 2.2-9:2009 Громадські будівлі і споруди. Основні положення.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи.
6. ДБН В.1.1-12:2006. Будівництво у сейсмічних районах України.