

Міністерство освіти і науки України  
Одеська державна академія будівництва та архітектури

**Кафедра будівельної механіки**



# **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

з дисципліни

**«Системи автоматизованого проектування»**

до курсової роботи

для студентів освітнього рівня «магістр»

галузі знань 19 – «Архітектура та будівництво»

спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»

освітньої програми «Інформаційні технології у

промисловому та цивільному будівництві»



Одеса 2021

УДК 624.046.2

**«ЗАТВЕРДЖЕНО»**  
Вченою Радою  
Інженерно-будівельного інституту ОДАБА  
Протокол № 5 від 22.01 2020р.

Методичні вказівки розглянуті та рекомендовані до публікації на засіданні кафедри будівельної механіки, протокол № 5 від 23 грудня 2019 року

УКЛАДАЧ: **М.М. Сорока**, професор кафедри будівельної механіки ОДАБА,  
канд. техн. наук

РЕЦЕНЗЕНТИ: **К.В. Єгупов**, директор Науково-дослідного інституту фундаментальних та прикладних досліджень Одеського національного морського університету (ОНМУ), доктор технічних наук, професор

**І.В. Шеховцов**, доцент кафедри залізобетонних конструкцій та транспортних споруд ОДАБА, канд. техн. наук

Методичні вказівки розроблені для допомоги студентам у виконанні курсової роботи з дисципліни «Системи автоматизованого проектування». В методичних вказівках описані методи розрахунку систем у середовищі ПК ЛІРА-САПР. Описані алгоритми автоматизованого розрахунку металевих і залізобетонних конструкцій на дію статичного навантаження. Описаний порядок дій і при підборі перерізів металевих конструкцій і при підборі армування залізобетонних конструкцій за допомогою ПК ЛІРА-САПР. Наведені приклади розрахунків. Розроблені вихідні дані до виконання розрахунково-проектувальної роботи та вимоги до її оформлення.

Для магістрів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія».

Відповідальний за видання  
завідувач кафедри будівельної механіки  
д.т.н., професор Сур'янінов М.Г.

© Сорока М.М.

## ЗМІСТ

	стор.
Вимоги до оформлення розрахунково-проектувальної роботи. . . . .	4
1 Задача № 1. Розрахунок плоскої металевої ферми. . . . .	5
1.1 Склад завдання. . . . .	5
1.2 Вихідні дані. . . . .	5
1.3 Формування розрахункової моделі ферми. . . . .	5
1.4 Розрахунок ферми. . . . .	15
1.5 Формування пояснювальної записки. . . . .	19
2 Задача № 2. Розрахунок плоскої залізобетонної рами . . . . .	20
..	
2.1 Приклад розрахунку. . . . .	13
2.2 Склад завдання. . . . .	20
2.3 Формування розрахункової моделі рами. . . . .	20
2.4 Розрахунок рами. . . . .	34
2.5 Формування пояснювальної записки. . . . .	45
ЛІТЕРАТУРА. . . . .	46
ДОДАТОК 1. Вихідні дані до задачі 1 «Розрахунок плоскої металевої ферми.» . . . .	47
ДОДАТОК 2. Вихідні дані до задачі 2 «Розрахунок плоскої залізобетонної рами» . . . . .	49

## **Вимоги до оформлення розрахунково-проектувальної роботи.**

Курсова робота виконується на аркушах формату А4, де повинна бути пояснювальна записка та необхідний графічний матеріал. Графічний матеріал може бути оформлений окремо на аркуші формату А3.

На кресленні повинні бути: задана схема конструкції з позначенням всіх розмірів та навантажень, прийняті розрахункові схеми і основні системи методу сил для кожного етапу розрахунку, допоміжні та остаточні епюри моментів. Креслення виконуються олівцем в прийнятому масштабі довжин та зусиль, або за допомогою графічних програм ЕОМ.

Пояснювальна записка повинна містити: склад завдання, робочі формули, розрахунки, пояснення і т. і. Розрахунки слід виконувати так, щоб похибка не перевищувала 5%.

При виконанні розрахунку за допомогою програмних комплексів у пояснювальній записці необхідно відобразити розрахункову модель рами із заданим навантаженням і результати розрахунку – епюри зусиль, значення переміщень, таблиці результатів.

Курсова робота виконується відповідно до шифру. Для магістрів денної форми навчання шифр вказується викладачем. Шифр складається з шести цифр: перші дві вказують на номер схеми; наступні дві – номер рядка в таблиці з розмірами; останні дві – номер рядка в таблиці навантажень.

Для магістрів заочної форми навчання шифром є останні три цифри номеру залікової книжки. Перша цифра вказує номер рядка в таблиці з розмірами, друга – номер рядка в таблиці навантажень, третя – номер схеми.

## Задача № 1. Розрахунок плоскої металевої ферми.

### 1.1 Склад завдання:

2. Сформувати геометричну схему ферми, встановити опорні в'язі, ввести жорсткість стрижнів ферми, ввести вузлове навантаження.
3. Ввести розрахункові сполучення зусиль і виконати статичний розрахунок ферми.
4. За результатами розрахунку підібрати поперечний переріз стрижнів.
5. Сформувати пояснювальну записку.

### 1.2 Вихідні дані.

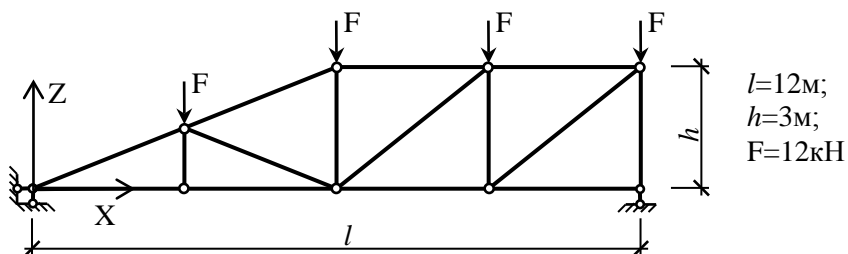




Рис. 1.1 – Розрахункова схема ферми

### 1.3 Формування розрахункової моделі ферми.

Після запуску ПК ЛІРА-САПР на панелі швидкого доступу натискаємо на піктограму  - «Создать новый документ» у вікні, що з'явилося (рис. 1.2), вибираємо:

- признак схеми - «1 – Две степени свободы в узле»;
- вводим наименование задачи.

Після цього натискаємо кнопку  - «Подтвердить».

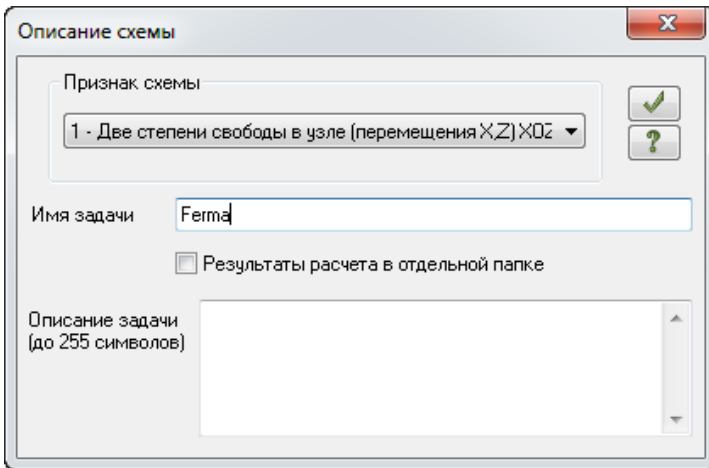



Рис. 1.2 – Вікно вибору признаку схеми

Перед початком роботи необхідно виконати налаштування параметрів

ПК ЛІРА-САПР. Для цього натискаємо кнопку  на верхній панелі, у меню «**Настройки**» вибираємо «**Единицы измерения**», встановлюємо кН на закладці «**Схема**» і на закладці «**Результаты**» і натискаємо кнопку **Подтвердить**.

У меню «**Настройки**» вибираємо «**Параметры расчета**», у вікні «**Параметры расчета**» (рис.1.3) переходимо на пункт «**Конструирование**», встановлюємо у всіх позиціях норми проектування ДБН і натискаємо кнопку **Подтвердить**.

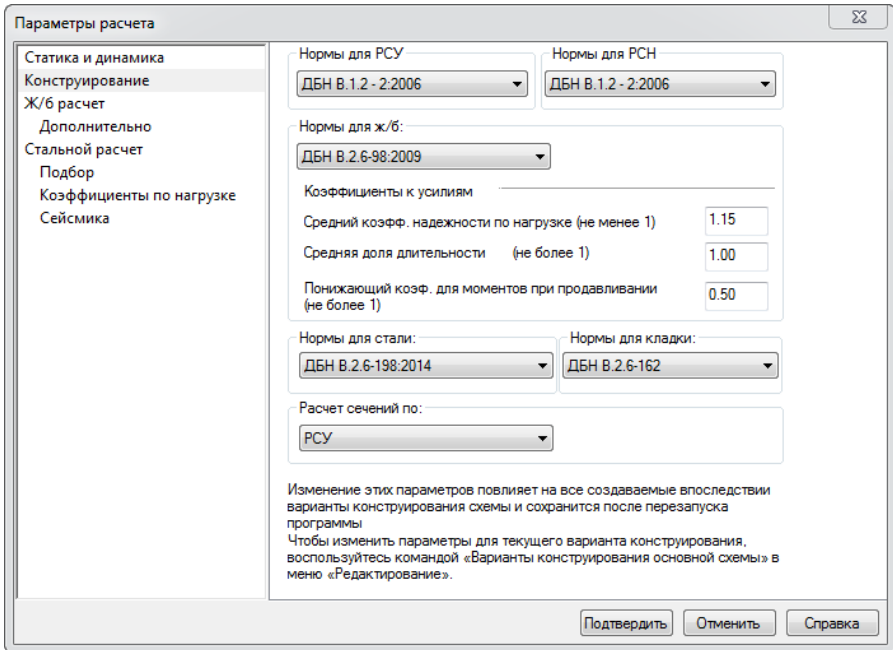







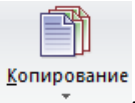



Рис.1.2 – Вікно введення параметрів розрахунку

Натискаємо кнопку  на панелі «Создание», вводимо координати лівої опори ферми ( $x=0$ ,  $z=0$ ) і натискаємо кнопку . На екрані з'явиться вузол 1. Для відображення номеру вузла на нижній панелі інструментів натискаємо кнопку , у вікні, «Показать», що з'явилося, натискаємо кнопку , включаємо нумерацію вузлів (кнопка ) і натискаємо кнопку .

Натискаємо кнопку  - вибір вузлів і клацаємо лівою кнопкою миші на вузлі 1. Вузол 1 стає червоним.


Для формування інших вузлів нижнього поясу на панелі «Редактирование» натискаємо кнопку , вводимо відстань між вузлами ферми  $dx=3$ м, кількість вузлів  $N=4$  (рис. 1.4) і натискаємо кнопку



На екрані з'являються вузли 2-5. Знімаємо виділення з вузла1, натискаючи кнопку  на нижній панелі.

Для формування вузлів верхнього поясу ферми виділяємо вузли 3, 4, 5, у вікні копіювання об'єктів вводимо  $dx=0$ ,  $dz=3m$ ,  $N=1$  і натискаємо кнопку



На екрані з'являються вузли 6, 7, 8 (рис. 1.5). Знімаємо виділення з вузлів, натискаючи кнопку  на нижній панелі.

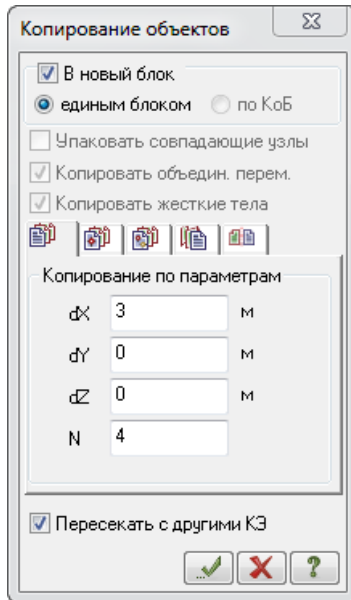


Рис. 1.4 – Вікно копіювання об'єктів

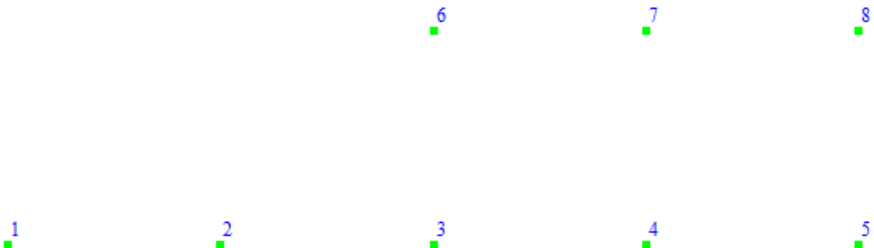




Рис. 1.5 – Вузли ферми



Добавить  
узел

Для введения узла між вузлами 1 і 6 натискаємо напис «Добавить узел» на панелі «Создание» і вибираємо «разделить на N равных частей», вводимо  $N=2$  і клацаємо лівою кнопкою миші по вузлам 1 і 6. Якщо у вікні «Добавить узел» буде стояти позначка   - «Объединить узлы стержнями», то разом із створенням вузла 9 вузли 1-9 і 9-6 будуть з'єднані стрижнями (рис. 1.6).

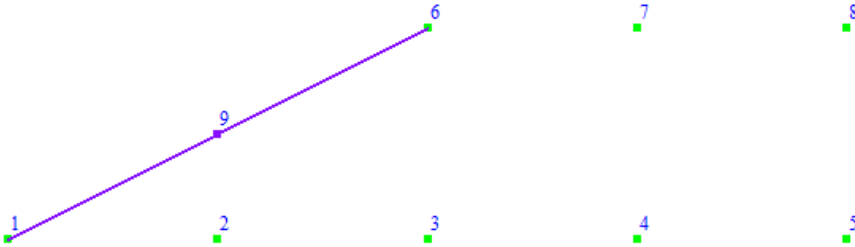
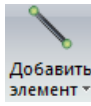


Рис. 1.6 – Введення вузла 9 і об'єднання вузлів стрижнями



Натискаємо кнопку «Добавить элемент» і з'єднуємо вузли стрижнями відповідно до схеми ферми (рис. 1.7).

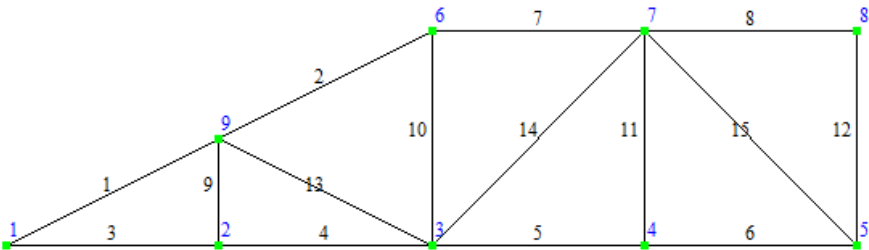






Рис. 1.7 – Схема ферми з нумерацією вузлів і стрижнів



Для вводу опорних в'язів вибираємо вузол 1 (кнопка  на нижній панелі), натискаємо кнопку  на панелі «Жесткости и связи», ставимо позначки X і Z (рис. 1.8), і натискаємо кнопку . Вибраний вузол забарвлюється у синій колір, це означає, що в'язі встановлені. Вибираємо вузол 5, у вікні «Связи в узлах», знімаємо позначку X і натискаємо кнопку . Якщо повзунок (рис. 1.8) пересунути вправо, встановлені в'язі будуть показані у вигляді кольорових квадратиків.

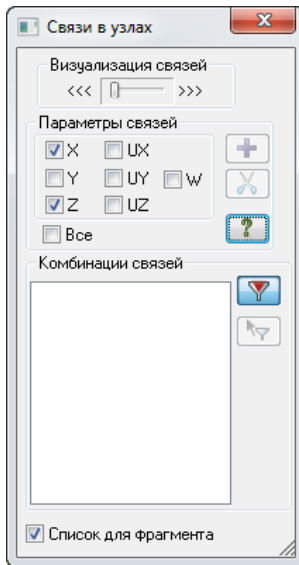
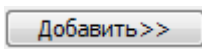


Рис. 1.8 – Вікно введення опорних в'язів

Вводимо поперечні перерізи стрижнів ферми. Натискаємо кнопку



, потім кнопку



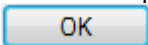
, переходимо на закладку



**I**

і два

рази клацаємо лівою кнопкою миші на кнопку **Два уголка**. У вікні «**Стальное сечение**» вибираємо профіль «**Уголки стальные горячекатаные равнополочные**», нижче вибираємо розміри кутика 70x70x5 (рис. 1.9) і натискаємо кнопку



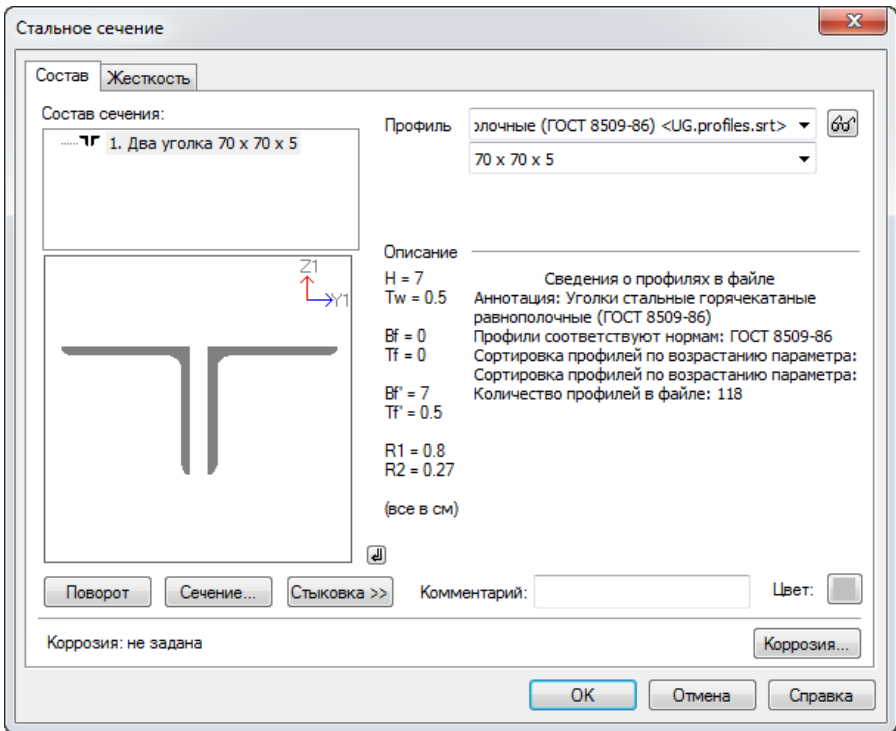




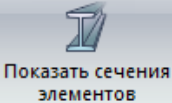



Рис. 1.9 – Вікно вибору кутиків

Віджимаємо кнопку  «Отметка узлов», натискаємо кнопку  - «Отметка элементов» і вибираємо всі стрижні ферми. У вікні «Жесткости и материалы» натискаємо кнопку . Цим самим усім стрижням ферми назначається переріз із двох кутиків 70x70x5. Для того, щоб пересвідчитись, що стрижням ферми призначені жорсткості на панелі швидкого доступу натискаємо кнопку  - «Пространственная модель (3-D графика)» і потім кнопку . Для повороту ферми потрібно затиснути праву кнопку миші і переміщенням миші добитися потрібного положення ферми (рис. 1.10). Для виходу із режиму 3-D потрібно натиснути сіру кнопку .

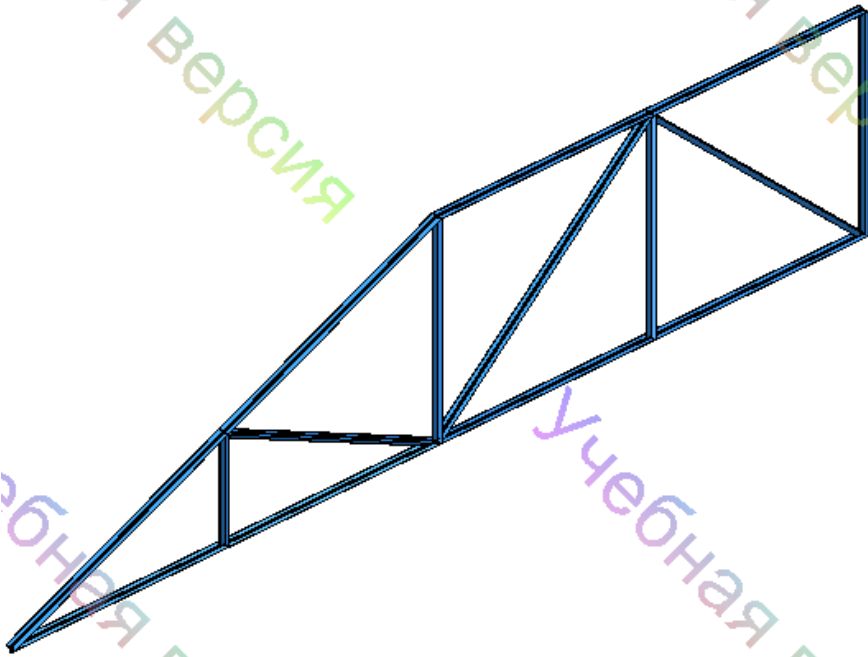










Рис. 1.10 – 3-D модель ферми

Виділяємо вузли ферми, до яких прикладено навантаження (кнопка  на нижній панелі). Натискаємо кнопку  на панелі «Нагрузки» вибираємо тип навантаження , вводимо значення навантаження  $F=12\text{kN}$  (рис. 1. 11) і натискаємо кнопку .

Для відображення на екрані значення навантаження натискаємо кнопку  на нижній панелі, у вікні, «Показать», переходимо до закладки , ставимо позначку  натискаємо кнопку . На екрані тепер буде відображатись ферма з навантаженням (рис1. 12).

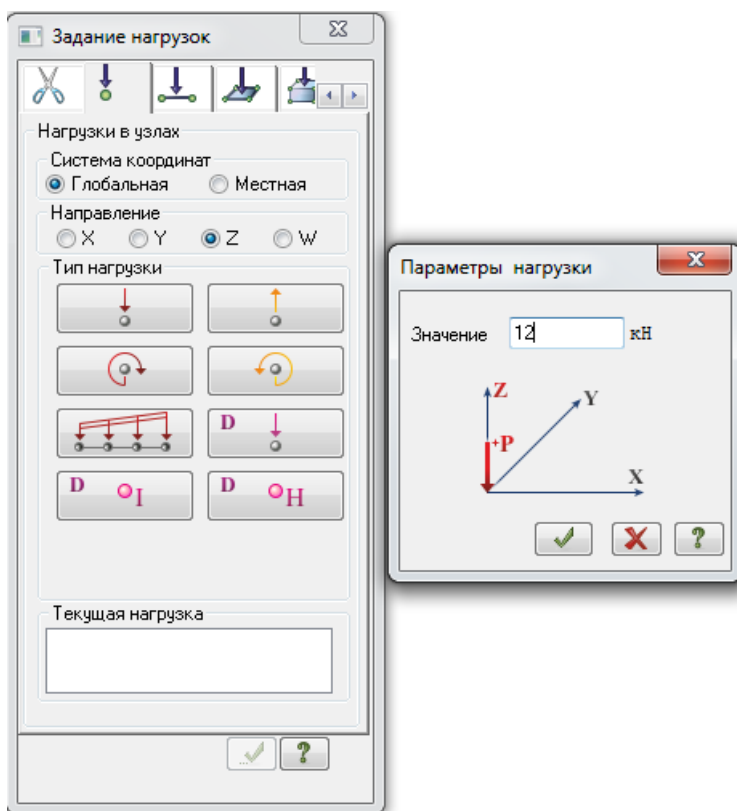


Рис. 1.11 – Вікно введення навантаження

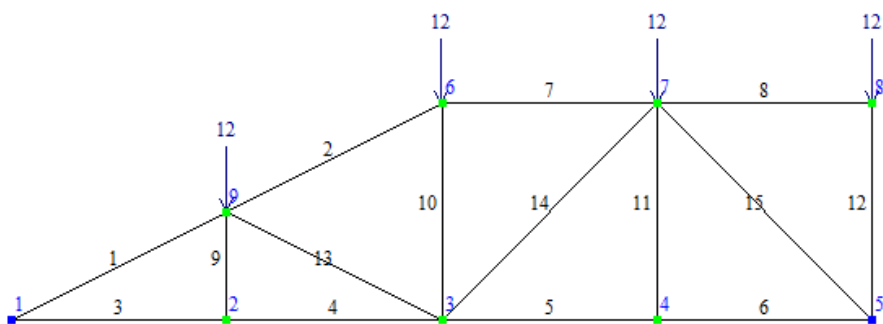





Рис. 1.12 – Розрахункова модель ферми.

Для створення таблиці розрахункових сполучень зусиль (PCY)

переходимо на закладку «Расчет» і натискаємо кнопку  Таблица PCY. У таблиці PCY назначасмо Вид загрузжения  і натискаємо кнопку , яка знаходиться справа від кнопки вибору виду навантаження (рис. 1.13). Потім натискаємо кнопку , яка знаходиться у правому верхньому куті таблиці PCY.

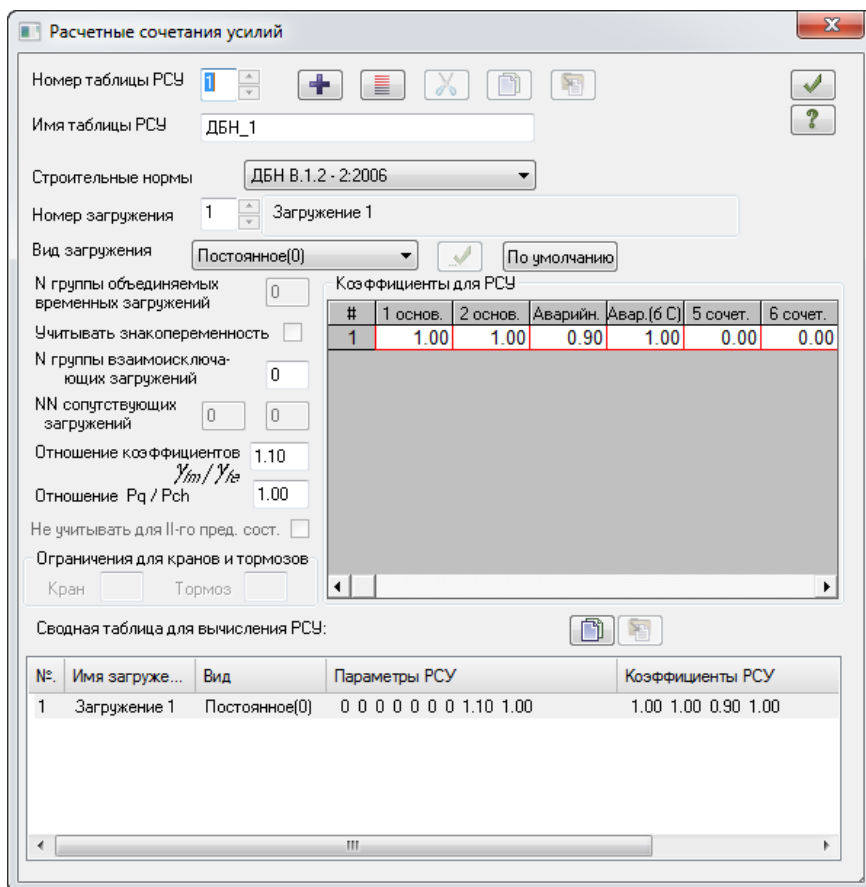






Рис. 1.13 – Вікно формування таблиці PCY


## 1.4 Розрахунок ферми.



Перед виконанням розрахунку потрібно виконати упаковку схеми. Для

цього натискаємо кнопку  «Упаковка  
схемы» на панелі «Редактирование».

Для виконання розрахунку ферми на панелі «Расчет» натискаємо кнопку  - «Выполнить расчет». Після цього потрібно обов'язково переглянути протокол розрахунку (кнопка  «Протокол решения» панелі «Расчет») на предмет виявлення помилок.

Використовуючи вікно «Показать» (кнопка  на нижній панелі), відключаємо нумерацію вузлів і елементів, а також зображення вузлових сил.

Переходимо на закладку «Анализ» і натискаємо кнопку  на панелі «Деформации». На екрані буде відобразитись кольорова мозаїка вертикальних переміщень вузлів ферми. Для відображення числових значень переміщень у

вікні «Показать» переходимо на закладку  і ставимо позначку  - «Значение усилий на мозаике». На екрані будуть відображатись вертикальні переміщення вузлів ферми (рис. 1.14).

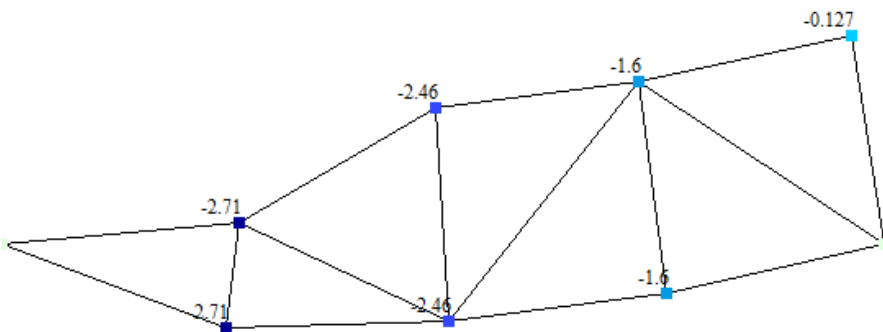






Рис. 1.14 – Вертикальні переміщення вузлів ферми (мм).

Віджимаємо кнопку  і натискаємо кнопку  на панелі «Деформации» для відображення недеформованої ферми. Відображення епюри поздовжніх сил у стрижнях ферми одержимо, натиснувши кнопку  на панелі «Усилия в стержнях». Для відображення числових значень зусиль і штриховки епюри кнопкою  викликаємо вікно «Показать», переходимо на

закладку  і ставимо позначки  і  і натискаємо кнопку



В результаті одержимо епюру поздовжніх сил як це показано на рис. 1.15.

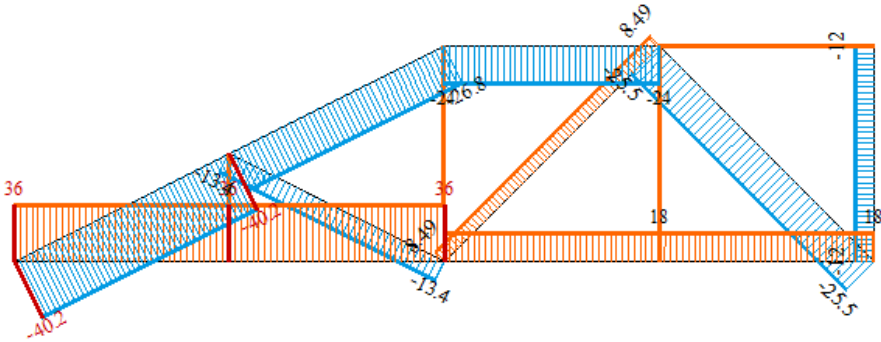



Рис. 1.15 – Епюра поздовжніх сил (кН).

Віджимаємо кнопку **N** і переходимо на закладку «Сталь».



Натискаємо кнопку  на панелі «Конструирование» і у вікні «Жесткости и материалы» переходимо на закладку «Сталь» і натискаємо кнопку **Добавить...**. У вікні «Параметры» вибираємо **Сталь** **C245** і натискаємо кнопку **OK**. У вікні «Жесткости и материалы» включаємо кнопку **Дополнительные характеристики** і натискаємо кнопку **Добавить...**. У вікні «Параметры» встановлюємо:

тип елемента **Ферменный** ;  
 элемент пояса или опорный раскос фермы ;

Kz	1
Ky	1
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>




коэффициенты довжини і


натискаємо кнопку **OK** (рис. 1.16).



Параметры	
Нормы проектирования	ДБН В.2.6-198:2014
Номер	1
Комментарий	Характеристики
<b>Тип элемента</b>	
Ферменный	<input checked="" type="radio"/>
Колонна	<input type="radio"/>
Балка	<input type="radio"/>
<b>Коэффициенты условий работы и надежности</b>	
Ус устойчивости	1
Ус прочности	1
Уп	1
Дополнительный Ус=0.8	<input type="checkbox"/>
<b>Предельная гибкость</b>	
элемент пояса или опорный раскос фермы	<input checked="" type="radio"/>
неопорный элемент решетки фермы	<input type="radio"/>
одиночный элемент структурной конструкц...	<input type="radio"/>
прочий	<input type="radio"/>
На сжатие	180-60а
На растяжение	300
<b>Расчетные длины</b>	
Kz	1
Ky	1
использовать коэффициенты длины	<input checked="" type="checkbox"/>

Рис. 1.16 – Вікно введення додаткових характеристик

Виділяємо всі стрижні ферми (кнопка  на нижній панелі) у вікні «Жесткости и материалы» знімаємо позначку  Жесткость, встановлюємо позначку  Материалы і натискаємо кнопку . Закриваємо вікно «Жесткости и материалы» (кнопка ).

Для підбору перерізів стрижнів ферми натискаємо кнопку  Расчет і кнопку  у вікні «Стальной расчет» (рис. 1.17).

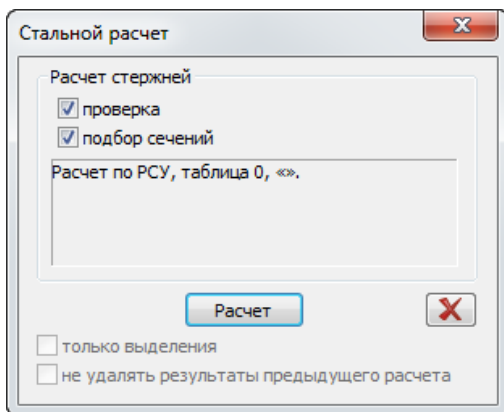




Рис. 1.17 -

Після виконання розрахунку натискаємо кнопку  «Сечения» і у вікні «Подобранные сечения» (рис. 1.18) встановлюємо позначку  «Показать».

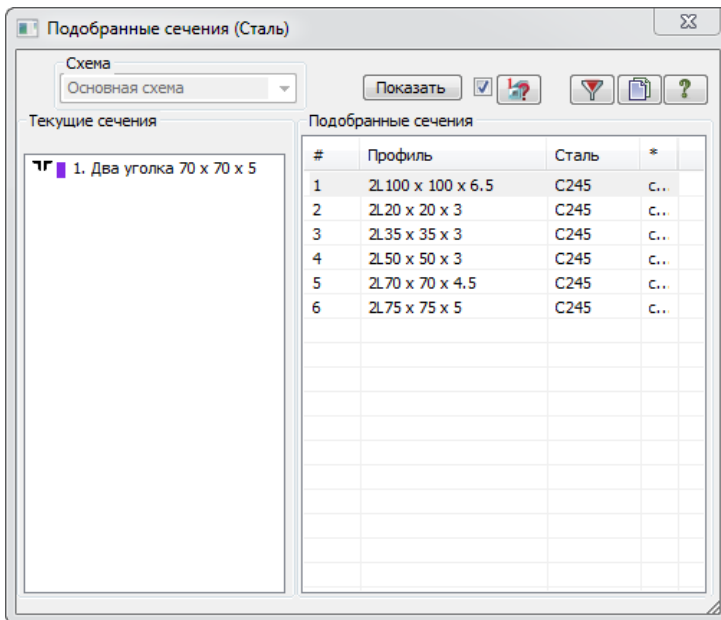


Рис. 1.18 – Результаты подбора перерезів стрижнів ферми.

На схемі ферми будуть відображатись номери підібраних перерізів (рис. 1.19).

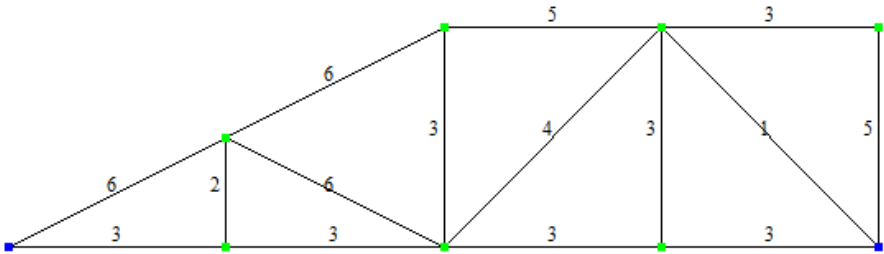


Рис. 1.19 – Номери підібраних перерізів.

Таким чином, у результаті розрахунку підібрані перерізи кутиків для всіх стрижнів ферми.

### 1.5 Формування пояснювальної записки.

При оформленні задачі 1 у пояснювальній записці повинно бути:

- Вихідні дані ферми (рис. 1.1);
- Розрахункова модель ферми із нумерацією вузлів і елементів і з показом навантаження (рис. 1.12);
- Вертикальні переміщення ферми (рис. 1.14);
- Епюра поздовжніх сил (рис. 1.15);
- Результати підбору перерізів стрижнів ферми (рис. 1.18);
- Номери підібраних перерізів (рис. 1.19).

## Задача № 2. Розрахунок плоскої залізобетонної рами.

### 2.1. Склад завдання:

1. Сформувати геометричну схему рами, встановити опорні в'язі, ввести жорсткість стержнів рами, ввести задані варіанти навантажень.
2. Сформуванати розрахункові сполучення зусиль і виконати розрахунок рами.
3. За результатами розрахунку виконати підбір армування стержнів рами.
4. Сформуванати пояснювальну записку.

### 2.2. Вихідні дані.

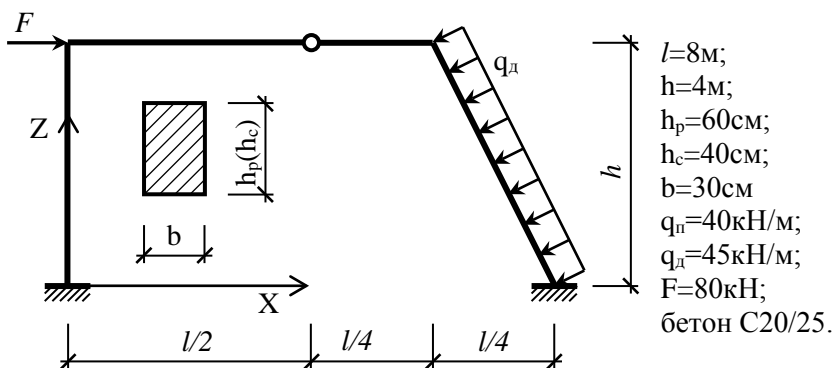




Рис.2.1 – Розрахункова схема рами

$q_n$  – постійне навантаження, яке діє по усім ригелям рами (на схемі рами воно не показане);  $q_d$  – довготривале навантаження;  $F$  – короткочасне навантаження.

### 2.3. Формування розрахункової моделі рами.

Для створення нового проекту ПК ЛІРА-САПР на панелі швидкого доступу натискаємо на піктограму  - «Создать новый документ» у вікні, що з'явилося (рис. 2.2), вибираємо:

- признак схеми - «2 – Три степени свободы в узле (перемещения X, Z, Uy)»;
- вводим найменування задачі.

Після цього натискаємо кнопку  - «Подтвердить».

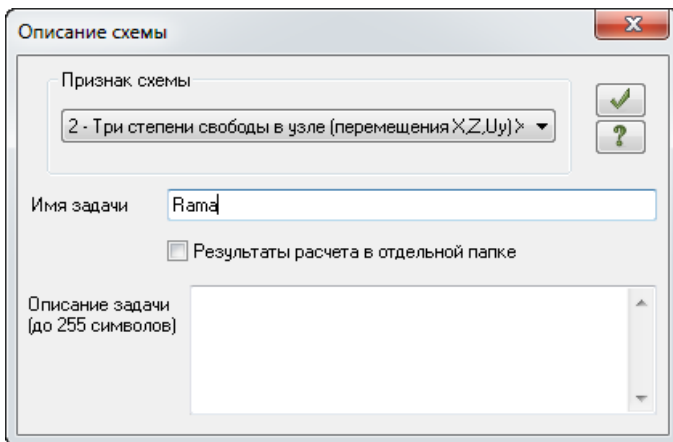

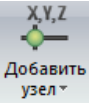



Рис. 2.2 - Вікно вибору признаку схеми

Перед початком роботи необхідно виконати налаштування параметрів

ПК ЛІРА-САПР за допомогою кнопки  на верхній панелі так, як це було здійснено для ферми.

Далі вводимо вузли рами. Для цього натискаємо кнопку  на панелі «Создание», вводимо координати лівої опори рами ( $X=0, Z=0$ ) (рис.2.3) і

натискаємо кнопку . На екрані з'явиться вузол 1.

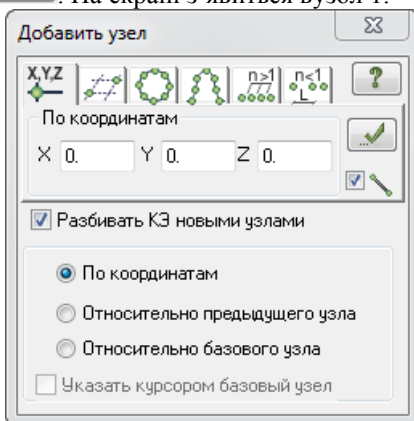







Рис. 2.3 – Вікно вводу координат вузлів

Для відображення номеру вузла на нижній панелі інструментів натискаємо кнопку , у вікні «Показати», що з'явилося, натискаємо кнопку , включаємо нумерацію вузлів (кнопка ) і натискаємо кнопку .

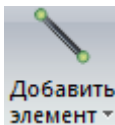
Для вводу інших вузлів рами у вікні «Добавить узел» (рис. 2.3) вводим координати вузлів рами, кожен раз натискаючи кнопку . Після вводу всіх вузлів на екрані повинні бути відображені вузли рами (рис. 2.4).

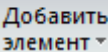


1

2

Рис. 2.4 – Вузли рами



Натискаємо кнопку  і з'єднуємо вузли стрижнями відповідно до схеми рами (рис. 2.5).

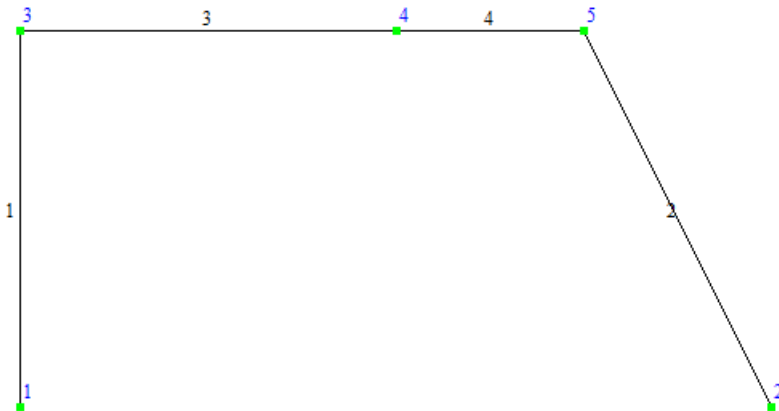





Рис. 2.5 – Схема рами з нумерацією вузлів і стрижнів

Для вводу шарніру слід пам'ятати, що шарнір встановлюється на початку, або в кінці стрижня, а не у вузлі рами. Так як шарнір у даному випадку з'єднує стрижні 3 і 4, його можна встановити у кінці стрижня 3, або на початку стрижня 4. Встановимо шарнір у кінці стрижня 3. Для цього виділяємо стрижень 3 (кнопка  на нижній панелі) і переходимо до

закладки «Работа со стержнями». Натискаємо кнопку ,

ЦУ 0. кН\*м

(рис. 2.6) у другому вузлі (кінець стрижня) і

натискаємо кнопку . У кінці стрижня 3 з'являється шарнір, який можна бачити на екрані.

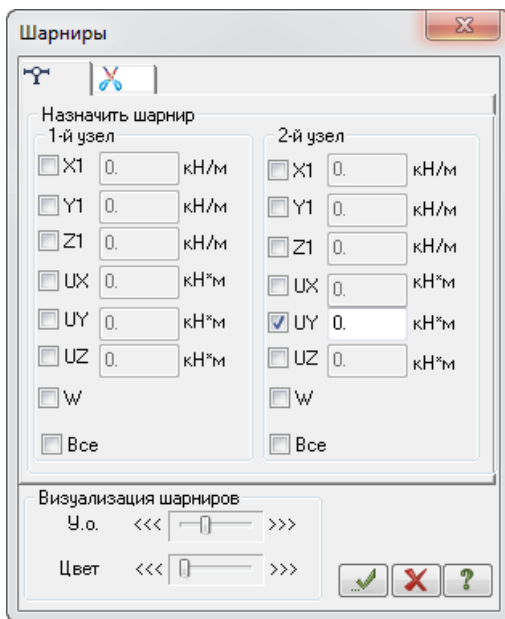






Рис. 2.6 – Вікно вводу шарнірів

Для вводу опорних в'язів вибираємо вузол 1 (кнопка  на нижній панелі), натискаємо кнопку  на панелі «Жесткости и связи», ставимо позначки X, Z, Uy, що означає встановлення жорсткого защемлення (рис. 2.7), і натискаємо кнопку . Вибраний вузол забарвлюється у синій колір, це означає, що в'язі встановлені. Вибираємо вузол 2, у вікні «Связи в узлах», знімаємо позначку Uy, залишаючи позначки X, Z, і натискаємо кнопку . Якщо повзунок (рис. 2.7) пересунути вправо, встановлені в'язі будуть показані у вигляді кольорових квадратиків.



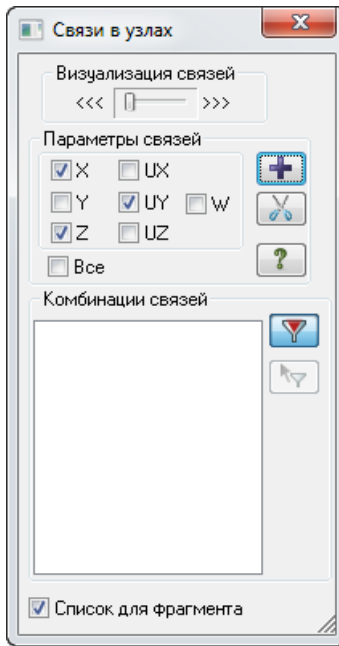

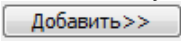





Рис. 2.7 – Вікно введення в'язів


Далі вводимо характеристики поперечних перерізів стрижнів рами. На панелі «Жесткости и связи», натискаємо кнопку , у вікні «Жесткости и материалы», натискаємо кнопку  і два рази клацаємо лівою




кнопкою миші на кнопку  Брус. У вікні «Задание стандартного сечения» вводимо модуль пружності, розміри поперечного перерізу стояків і власну вагу залізобетону (рис. 2.8) і натискаємо кнопку .

Виділяємо стояки рами (стрижні 1 і 2) і у вікні «Жесткости и материалы», натискаємо кнопку . Тим самим будуть назначені параметри перерізу стояків рами. Для вводу параметрів перерізу ригеля рами два рази клацаємо лівою кнопкою миші на



кнопку  Брус і вводимо модуль пружності, розміри поперечного перерізу ригелів і власну вагу залізобетону. Далі виділяємо ригелі рами (стрижні 3 і 4)

і у вікні «Жесткости и материалы», натискаємо кнопку . Закриваємо вікно «Жесткости и материалы».

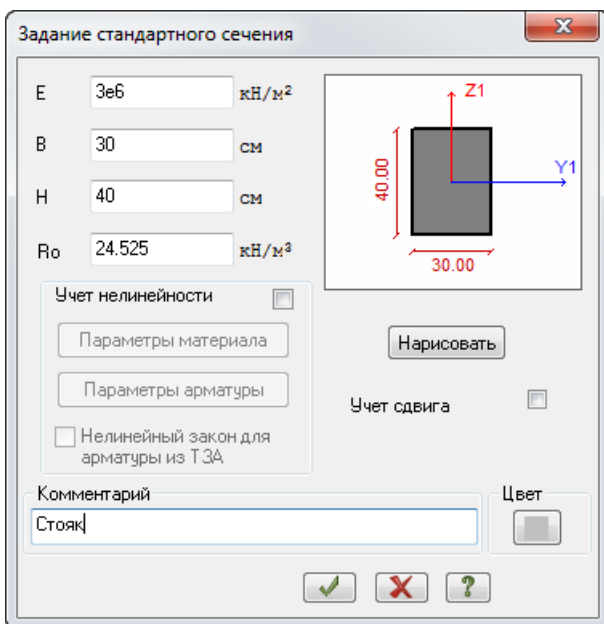

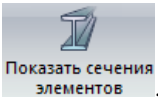



Рис. 2.8 – Вікно вводу параметрів перерізу

Для того, щоб пересвідчитись, що стрижням рами призначені жорсткості на панелі швидкого доступу натискаємо кнопку  і потім

кнопку . На екрані одержимо 3-D модель рами (рис. 2.9). Для виходу із режиму 3-D потрібно натиснути сіру кнопку .

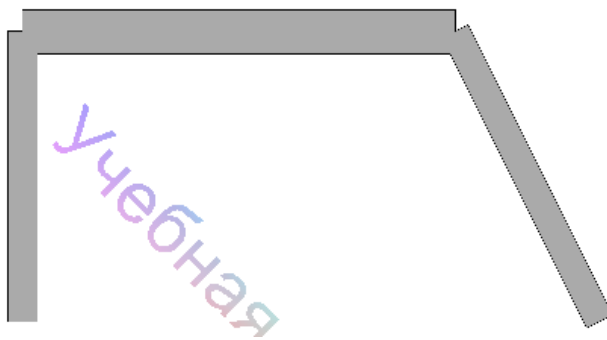




Рис. 2.9 - 3-D модель рами

Все навантаження, яке діє на раму будемо прикладати у вигляді чотирьох завантажень – власна вага, постійне, тимчасове довготривале і тимчасове короткочасне.

Для прикладення власної ваги на панелі «**Нагрузки**» натискаємо кнопку , вводимо коефіцієнт надійності 1.1 (рис. 2.10) і натискаємо кнопку .

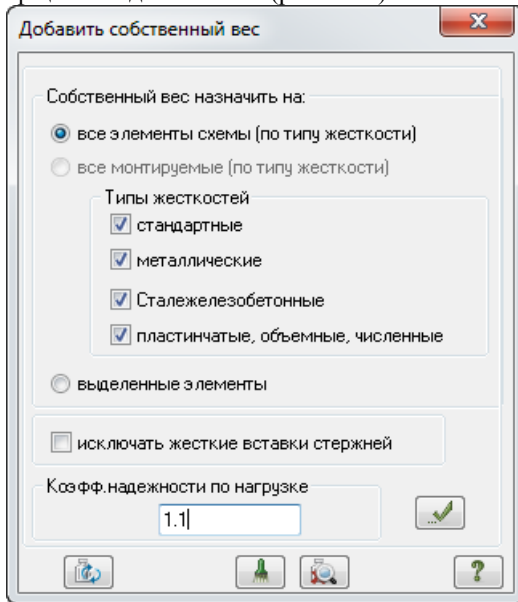







Рис. 2.10 – Вікно вводу власної ваги

Для відображення навантаження і його значення у вікні «**Показать**» (кнопка  на нижній панелі) переходимо на закладку , встановлюємо позначки  і  і натискаємо кнопку . В результаті одержуємо відображення навантаження і його числового значення (рис. 2.11).

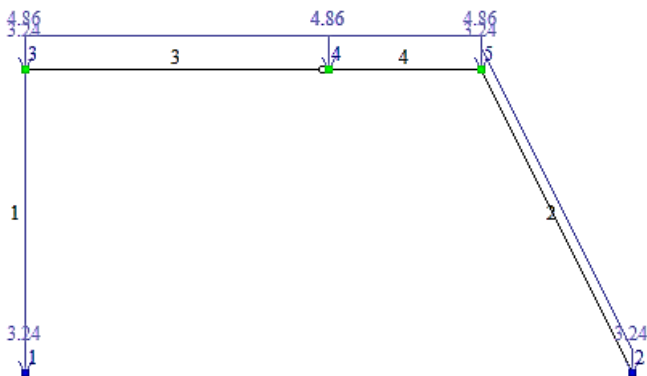

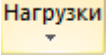
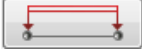



Рис. 2.11 – Перше завантаження (власна вага)

Для вводу наступного, постійного завантаження  $q_n = 40 \text{ кН/м}$ , яке прикладається до всіх ригелів рами, виділяємо всі ригелі (стрижні 3 і 4), кнопкою  на нижній панелі встановлюємо завантаження №2 і на панелі

«Нагрузки» натискаємо кнопку . Вибираємо «Нагрузки на стержни» і у вікні «Задание нагрузок» натискаємо кнопку  (рис. 2.12). У вікні «Параметры» вводим значения навантаження і натискаємо кнопку .

Постійне завантаження показано на рис. 2.13.

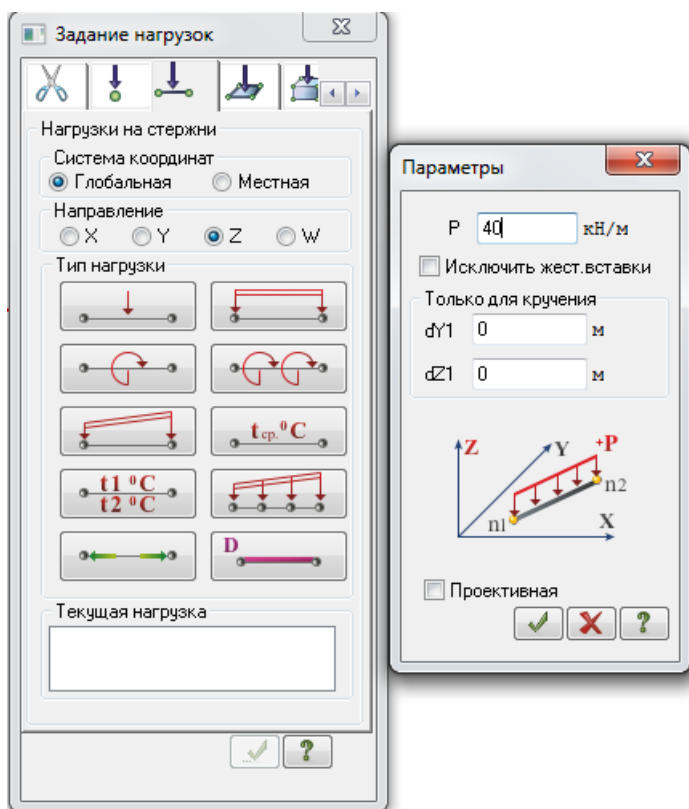


Рис. 2.12 – Вікна вводу постійного навантаження

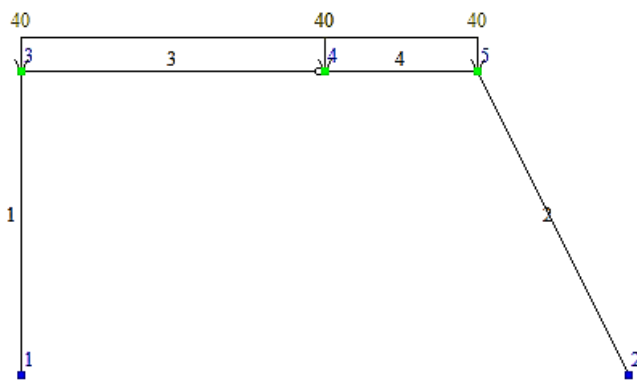

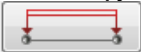



Рис. 2.13 – Друге завантаження (постійне)

Для вводу третього, тимчасового довготривалого навантаження, яке діє нормально до стояка 2 ( $q_d = 45 \text{ кН/м}$ ), кнопкою  на нижній панелі встановлюємо навантаження №3. Вибираємо правий стояк (стрижень 2), у вікні «Задание нагрузок» вибираємо місцеву систему координат і натискаємо кнопку  (рис. 2.14). У вікні «Параметры» вводим значения навантаження і натискаємо кнопку . На екрані відображається введене навантаження (рис. 2.15).

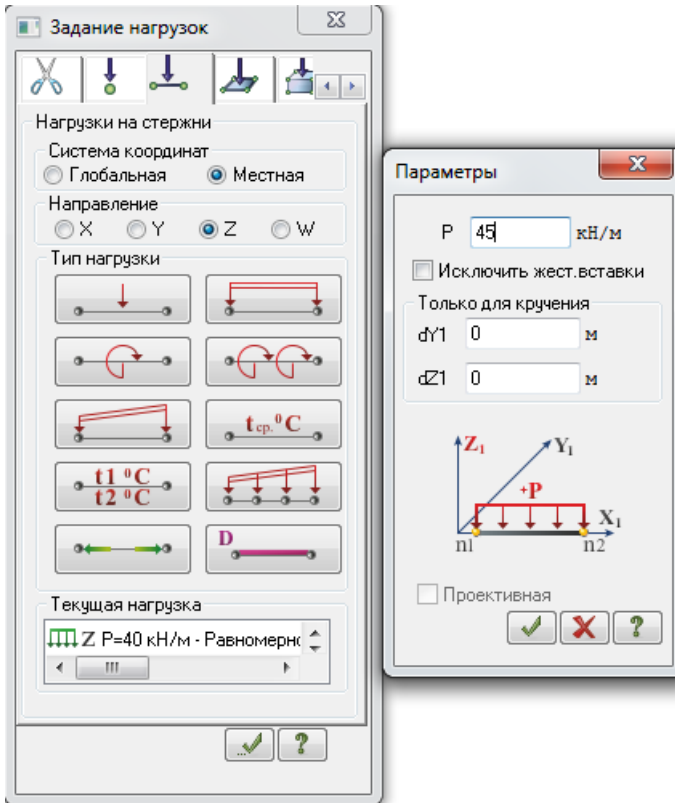


Рис. 2.14 – Вікна введення тимчасового довготривалого навантаження

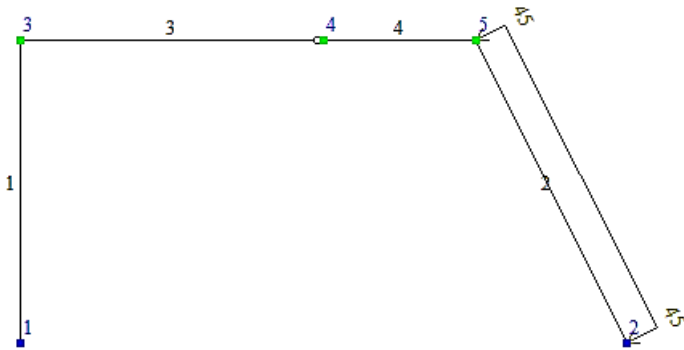








Рис. 2.15 – Третє завантаження (тимчасове довготривале)

Для вводу четвертого, тимчасового короткочасного завантаження, яке діє у вузлі 3 ( $F = 80\text{кН}$ ), кнопкою  на нижній панелі встановлюємо завантаження №4. Вибираємо вузол 3 (кнопка  на нижній панелі), у вікні «Задание нагрузок» переходимо на закладку , вказуємо глобальну систему координат, напрям дії навантаження  і натискаємо кнопку  (рис. 2.16). У вікні «Параметры нагрузки» вводимо значення навантаження (величину навантаження вводимо із знаком «мінус», так як напрям дії навантаження співпадає з напрямом осі X) і натискаємо кнопку .

Тимчасове короткочасне завантаження показано на рис. 2.17.

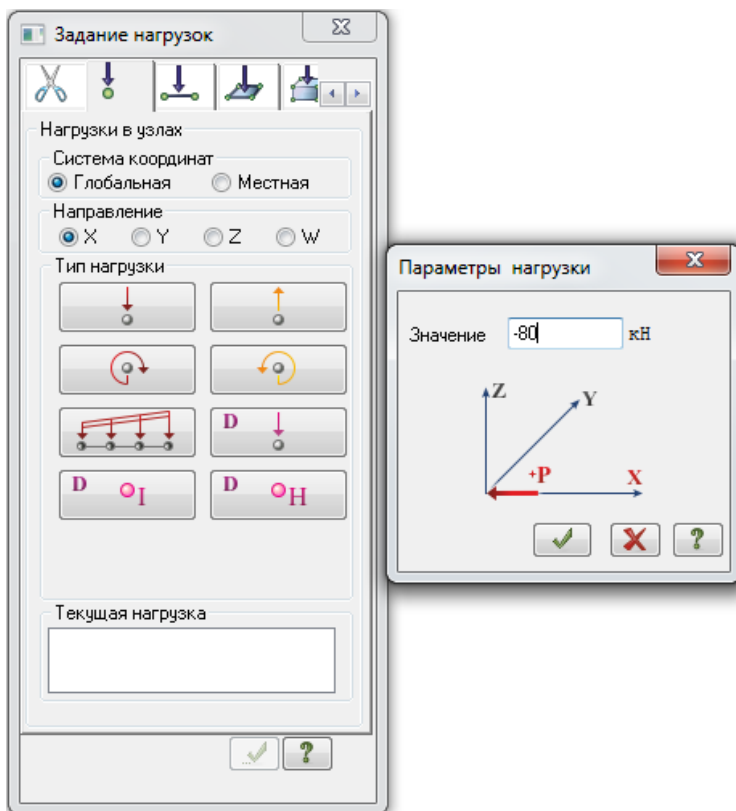


Рис. 2.16 – Вікна введення тимчасового короткочасного навантаження

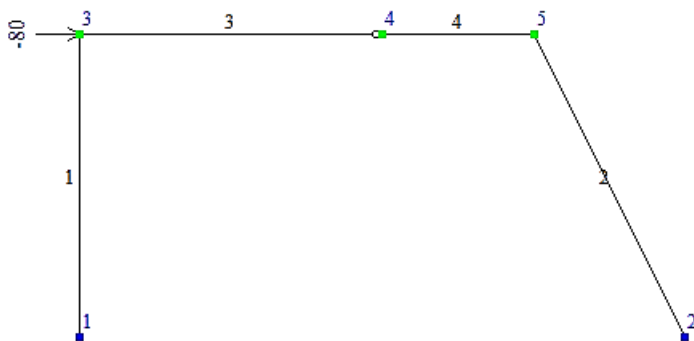




Рис. 2.17 – Четверте завантаження (тимчасове короткочасне)

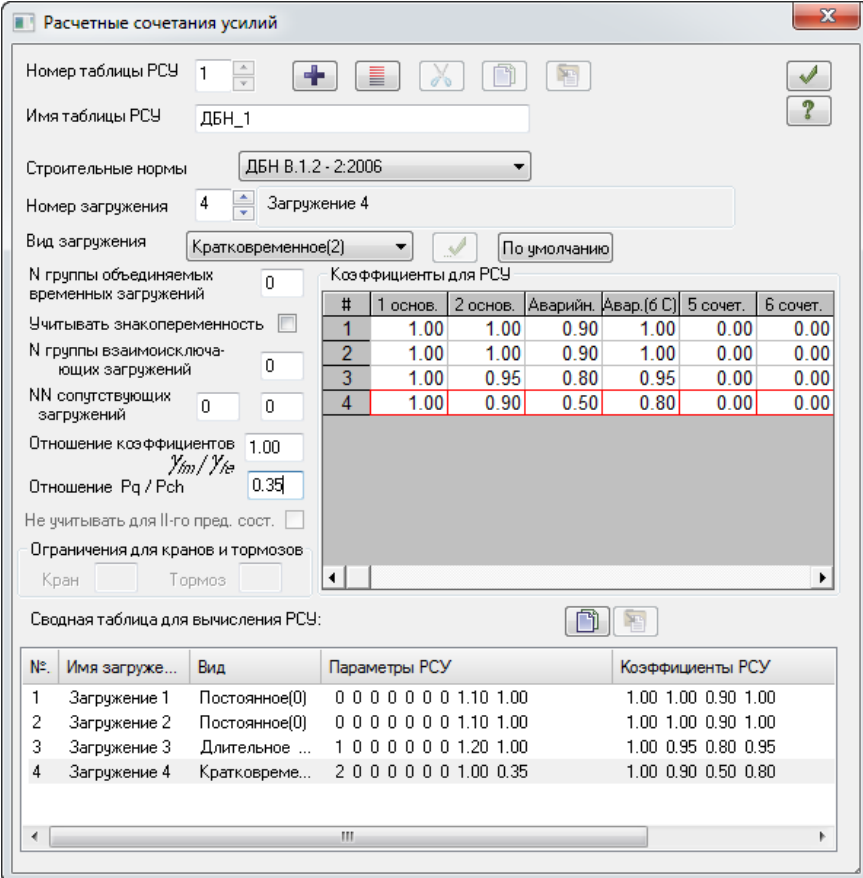




Переходимо на закладку «Расчет» і натискаємо кнопку . У таблиці РСУ вводимо вид завантаження для кожного завантаження, кожен раз натискаючи кнопку  справа від виду завантаження (рис. 2.18):

- 1- «Постоянная»;
- 2- «Постоянная»;
- 3- «Временная длительная»;
- 4- «Кратковременная».

Всі завантаження повинні відобразитись у нижньому вікні таблиці РСУ. Коефіцієнти РСУ формуються автоматично, але їх, за бажанням, можна коригувати вручну.



Расчетные сочетания усилий

Номер таблицы РСУ: 1

Имя таблицы РСУ: ДБН\_1

Строительные нормы: ДБН В.1.2 - 2:2006

Номер загрузки: 4

Вид загрузки: Кратковременное(2)


Кoeffициенты для РСУ

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

Сводная таблица для вычисления РСУ:


№.	Имя загрузки...	Вид	Параметры РСУ				Кoeffициенты РСУ					
1	Загрузка 1	Постоянное(0)	0	0	0	0	1.10	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00
2	Загрузка 2	Постоянное(0)	0	0	0	0	1.10	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00
3	Загрузка 3	Длительное ...	1	0	0	0	1.20	1.00	1.00	0.95	0.80	0.95
4	Загрузка 4	Кратковреме...	2	0	0	0	1.00	0.35	1.00	0.90	0.50	0.80



Рис. 2.18 – Вікно формування таблиці РСУ


Після заповнення таблиці РСУ натискаємо кнопку  у правому верхньому куті таблиці РСУ.




## 2.4 Розрахунок рами.







Перед виконанням розрахунку потрібно виконати упаковку схеми. Для

цього натискаємо кнопку  Упаковка  
схемы на панелі «Редактирование».

Для виконання розрахунку рами на панелі «Расчет» натискаємо кнопку  - «Выполнить расчет». Після цього потрібно обов'язково переглянути протокол розрахунку (кнопка  Протокол решения панелі «Расчет») на предмет виявлення помилок.

Використовуючи вікно «Показать» (кнопка  на нижній панелі), відключаємо нумерацію вузлів і елементів, а також зображення навантажень.

Переходимо на закладку «Анализ», на нижній панелі за допомогою кнопок   встановлюємо перше завантаження і натискаємо кнопку 

на панелі «Усилия в стержнях». У вікні «Показать» переходимо на закладку  встановлюємо позначки   і   і натискаємо кнопку . В результаті на екрані буде відображатись еюра згинальних моментів від дії першого завантаження (рис. 2.19).

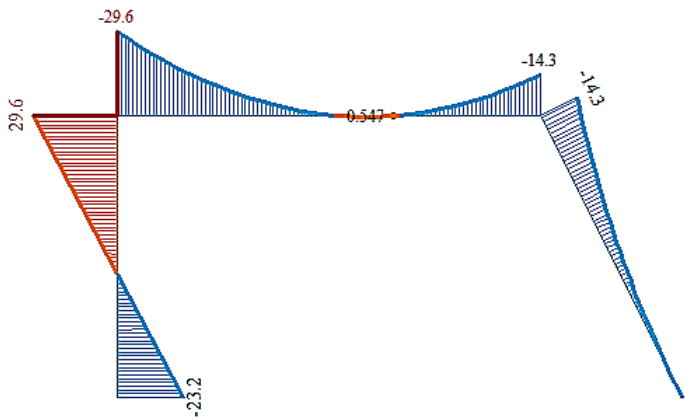


Рис. 2.19 – Еюра згинальних моментів від дії власної ваги конструкцій (кНм)

Послідовно натиснувши кнопки  $Q_z$  і  $N$  на панелі «Усилия в стержнях», одержимо епюри поперечних і поздовжніх сил у стрижнях рами (рис. 2.20, 2.21).

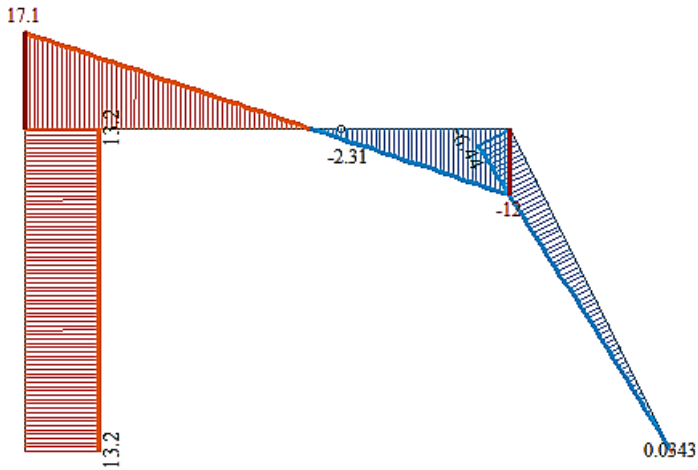


Рис. 2.20 – Епюра поперечних сил від дії власної ваги конструкцій (кН)

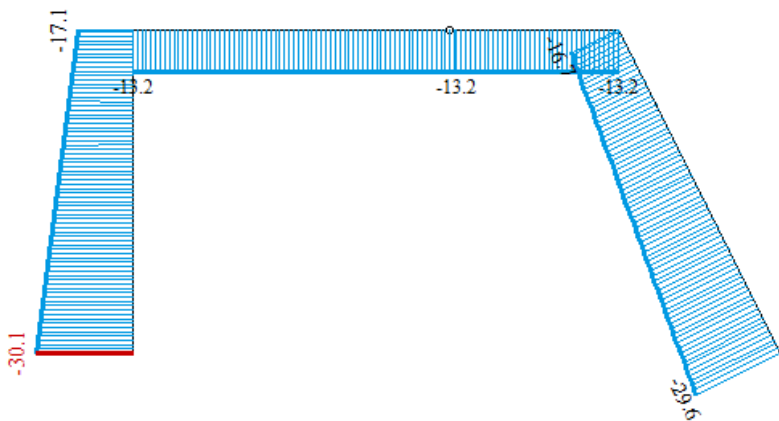


Рис. 2.21 – Епюра поздовжніх сил від дії власної ваги конструкцій (кН)

На нижній панелі за допомогою кнопок  $\blacktriangle$   $\blacktriangledown$  встановлюємо друге завантаження і за допомогою кнопок  $M_y$ ,  $Q_z$  і  $N$  на панелі «Усилия в стержнях» одержуємо епюри зусиль від другого завантаження (рис. 2.22-2.24).

Встановлюючи завантаження № 3 і № 4 одержуємо епюри зусиль від цих завантажень (рис. 2.25-2.30).

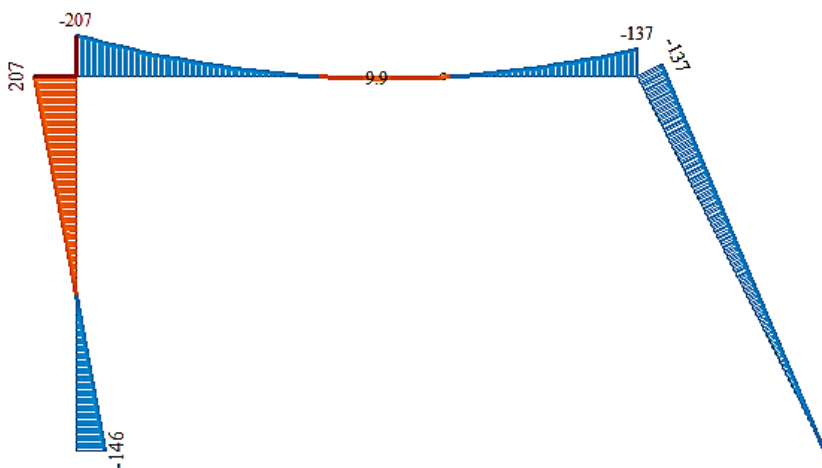


Рис. 2.22 – Епюра згинальних моментів від дії постійного навантаження (кНм)

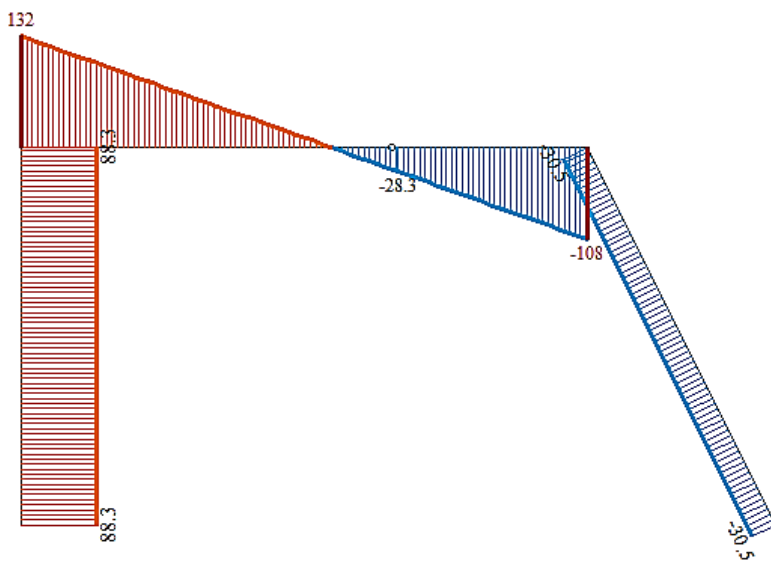


Рис. 2.23 – Епюра поперечних сил від дії постійного навантаження (кН)

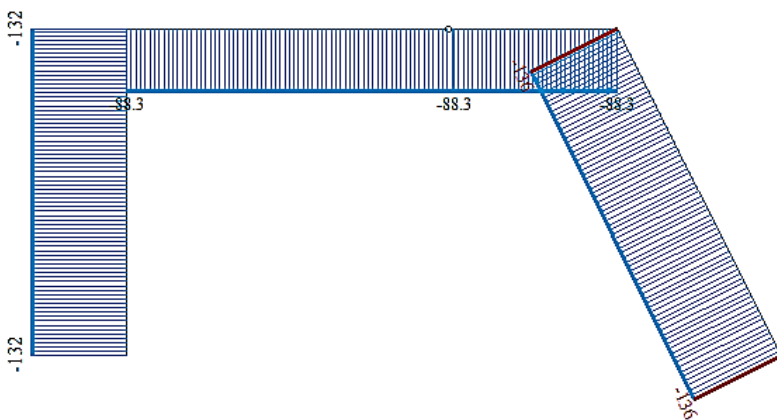


Рис. 2.24 – Епюра поздовжніх сил від дії постійного навантаження (кН)

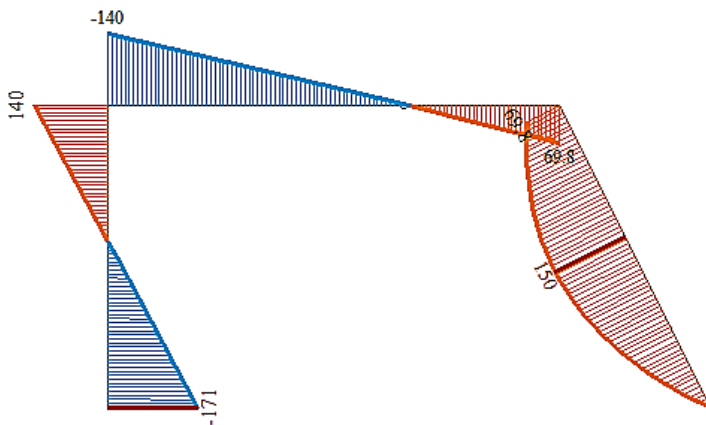


Рис. 2.25 – Епюра згинальних моментів від дії довготривалого навантаження

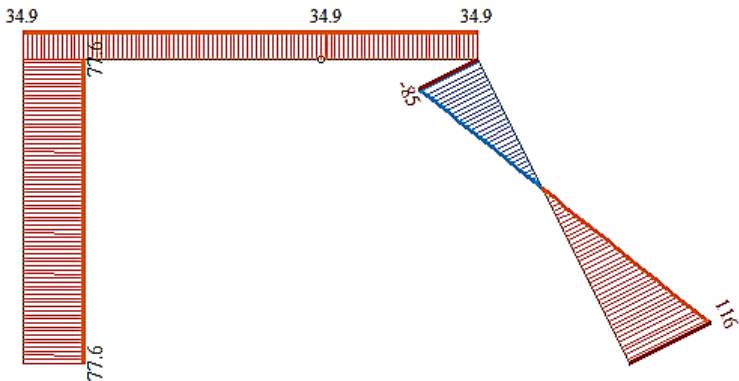


Рис. 2.26 – Епюра поперечних сил від дії довготривалого навантаження

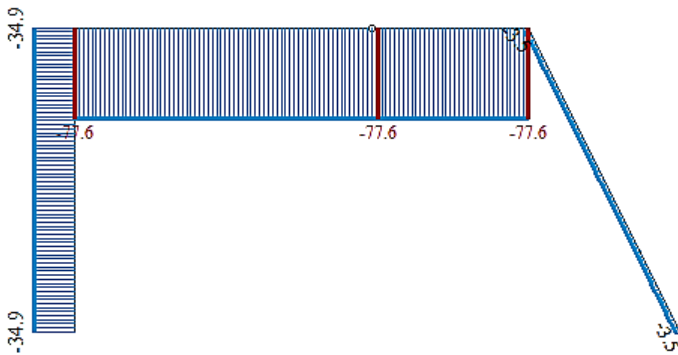


Рис. 2.27 – Епюра поздовжніх сил від дії довготривалого навантаження

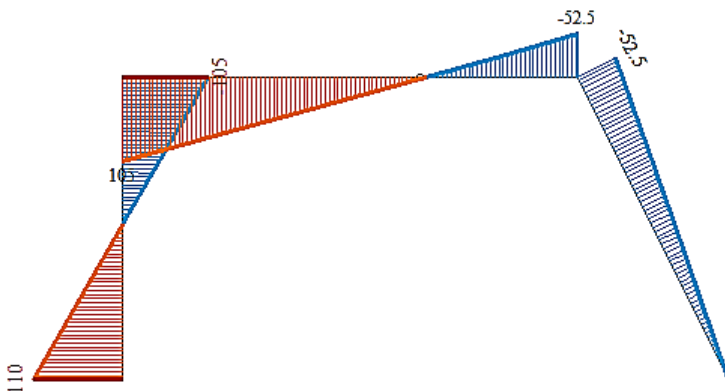


Рис. 2.28 – Епюра згинальних моментів від дії короткочасного навантаження

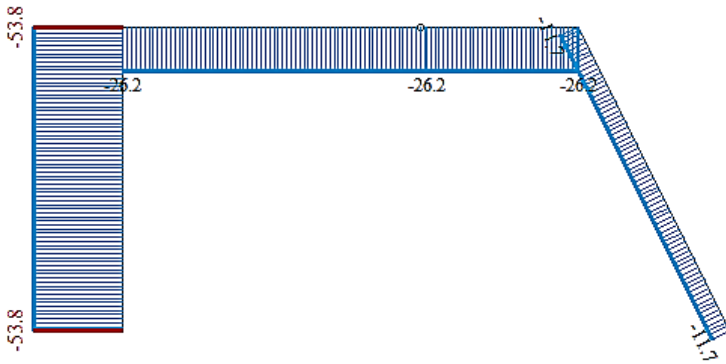


Рис. 2.29 – Епюра поперечних сил від дії короточасного навантаження

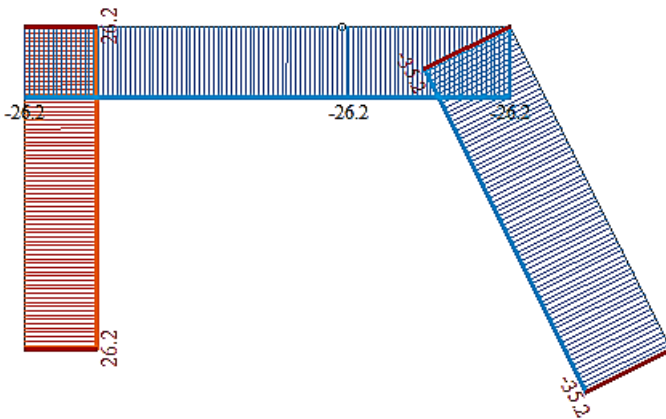


Рис. 2.30 – Епюра поздовжніх сил від дії короточасного навантаження



Переходимо на закладку «Железобетон» і натискаємо кнопку **Варианти**. У вікні «Варианти конструирования» (рис. 2.31) встановлюємо

Расчет сечений по:

РСУ

і натискаємо кнопку , після чого

закриваємо вікно.

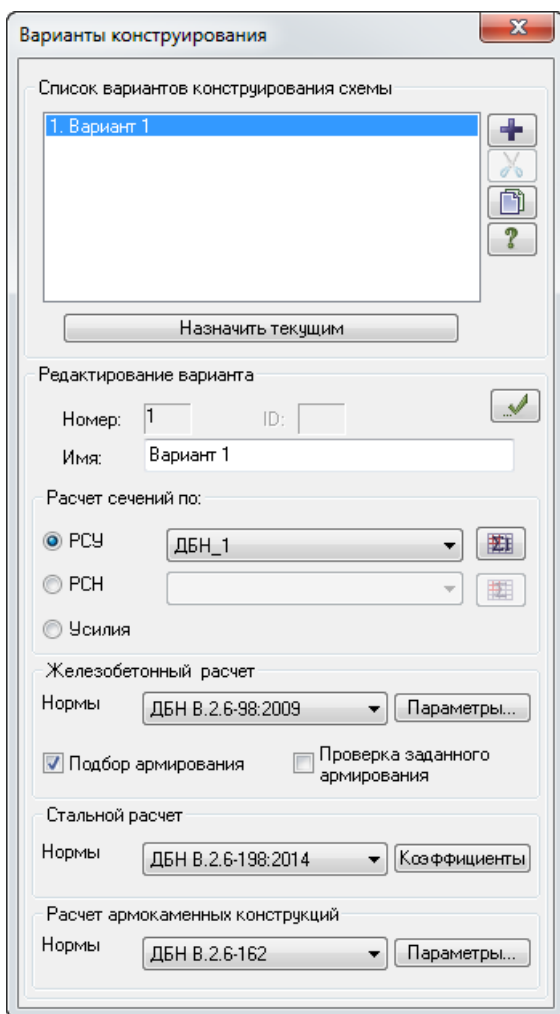



Рис. 2.31 – Вікно введення варіантів конструювання.



Натискаємо кнопку  і у вікні «Жесткости и материалы» переходимо на закладку Ж/Б (рис. 2.32).



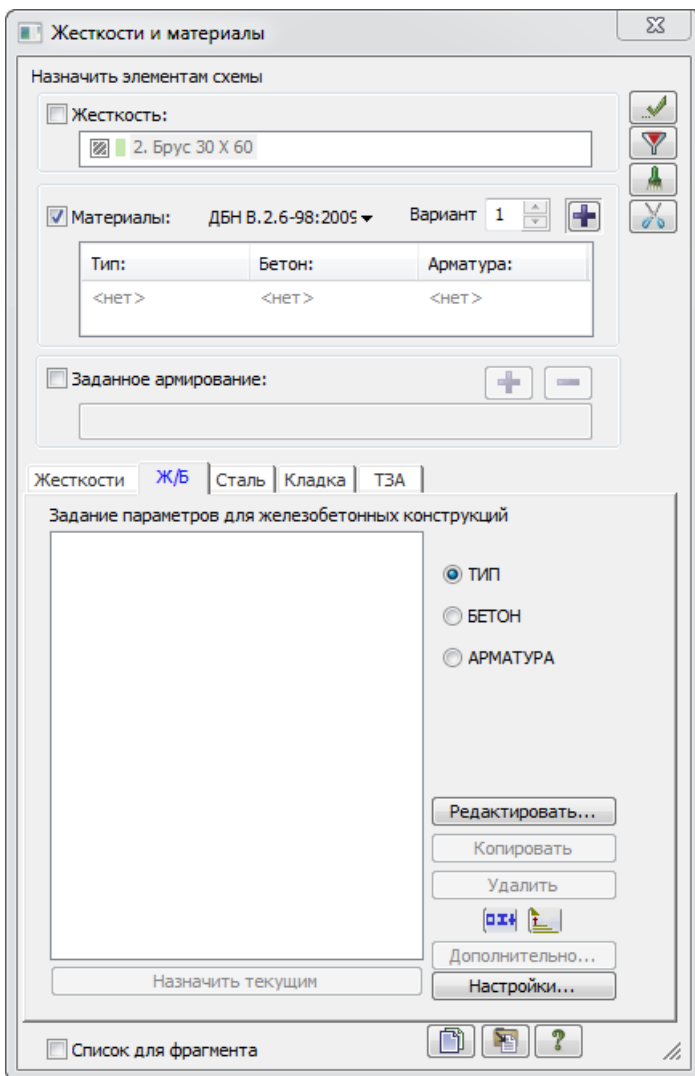


Рис. 2.32 – Вікно введення матеріалів.

Спочатку встановлюємо кнопку  ТИП для вибору типу конструкції і натискаємо кнопку . У вікні «ДБН В.2.6-98-2009. Материалы для расчета ЖБ» клацаємо лівою кнопкою миші на першому рядку таблиці  ТИП СТЕРЖЕНЬ. На правій половині таблиці з'являться параметри для стрижневих елементів (рис. 2.33).

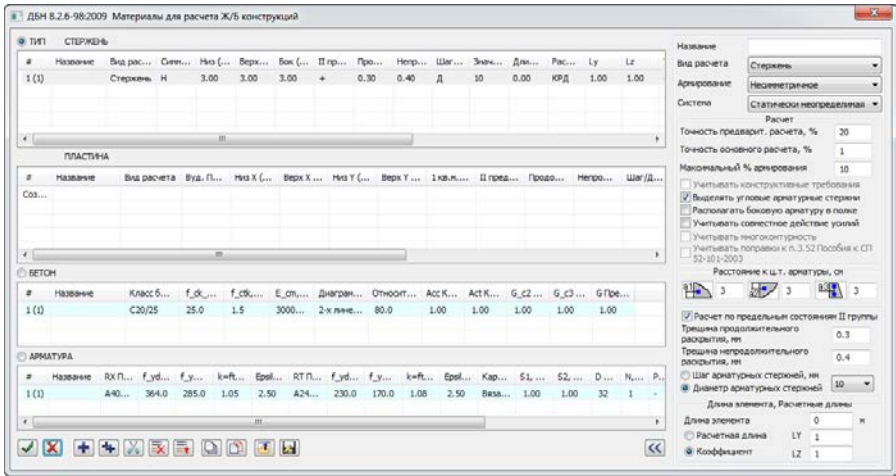
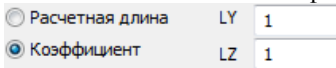


Рис. 2.33 – Встановлення параметрів стрижня

Встановлюємо коефіцієнти розрахункової довжини рівні 1



Клацаємо лівою кнопкою миші на першому рядку таблиці **БЕТОН**. На правій половині таблиці встановлюємо клас бетону, інші параметри залишаємо без змін (рис. 2.34).

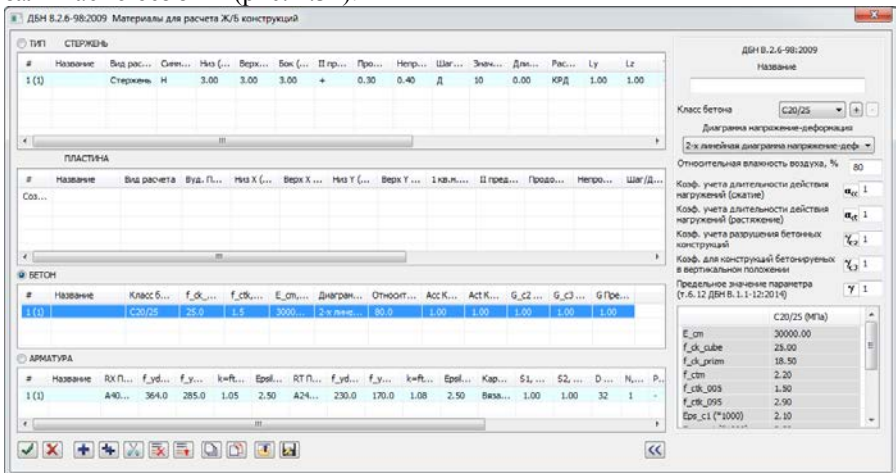


Рис. 2.34 – Встановлення параметрів бетону

Клацаємо лівою кнопкою миші на першому рядку таблиці **АРМАТУРА** і вибираємо клас арматури. Параметри арматури у правій половині таблиці залишаємо без змін (рис. 2.35).

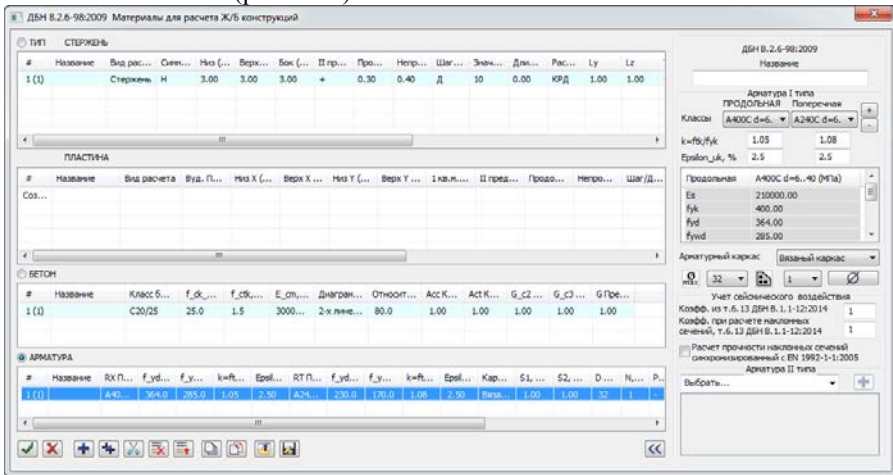


Рис. 2.36 – Встановлення параметрів арматури

Для завершення натискаємо кнопку

У вікні «Жесткости и материалы» клацаємо лівою кнопкою миші **1. Стержень.** і натискаємо кнопку **Назначить текущим**. Виділяємо всі стрижні рами (кнопка на нижній панелі) і у вікні «Жесткости и материалы» (кнопка  **Жесткость:** не повинна бути відмічена) натискаємо кнопку . Закриваємо вікно «Жесткости и материалы».

Для підбору арматури натискаємо кнопку **Расчет**. У вікні «Расчет и конструирование железобетонных элементов» натискаємо кнопку **Подтвердить**.

Натискаємо на текст кнопки **Несимметрия** і вибираємо несиметричне армування. Натискаємо кнопку **Эпюры/ мозаика** і вибираємо епюри армування.

Для відображення армування у стрижнях в вигляді відсотків натискаємо кнопку . В результаті одержимо епюру % армування (рис. 2.37).

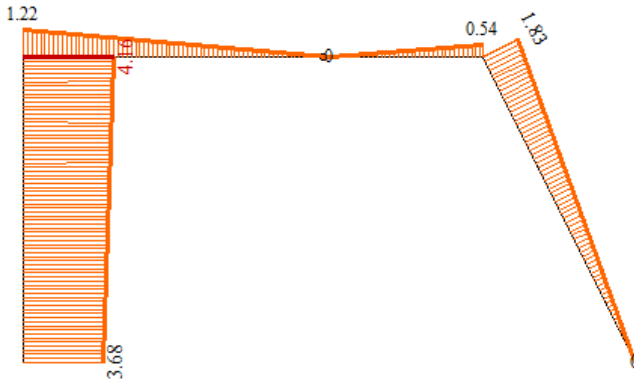




Рис. 2.37 – Епюра армування стрижнів рами (%)

Покажемо розташування арматурних стрижнів для найбільш армованого елемента (в даному випадку це стрижень 1). Натискаємо кнопку  на нижній панелі і клацаємо лівою кнопкою миші на стрижень 1. Відкривається вікно, в якому зібрані дані по елементу 1 і переходимо на закладку , де в таблиці показано армування стрижня 1 в  $\text{см}^2$  (рис. 2.38). Якщо встановити позначку  Показати, одержимо рисунок з розміщенням арматурних стрижнів у поперечному перерізі стрижня 1.

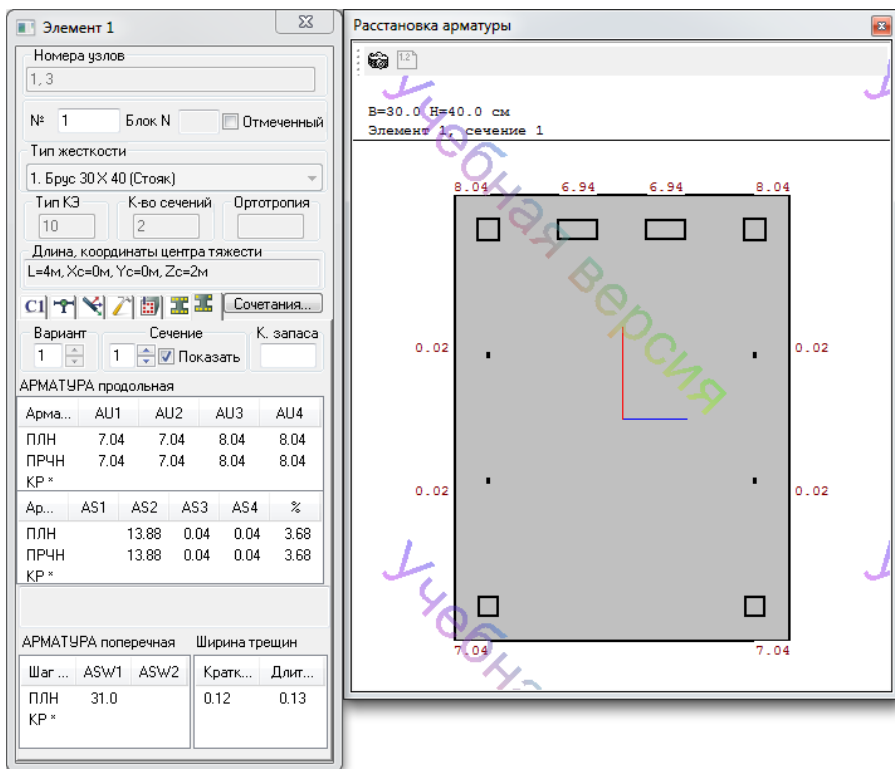


Рис. 2.38 – Армования элемента 1

## 2.5 Формування пояснювальної записки.

При оформленні задачі 2 у пояснювальній записці повинно бути:

- Вихідні дані рами (рис. 2.1);
- Розрахункова модель рами із нумерацією вузлів і елементів і з показом навантаження (рис. 1.11, 2.13, 2.15, 2.17);
- Епюри зусиль (рис. 2.19- 2.30);
- Результати підбору арматури (рис. 2.37-2.38);

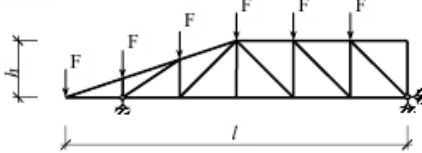
## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Программный комплекс ЛИРА-САПР. Руководство пользователя. Обучающие примеры. Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е., Ромашкина М.А. Под ред. академика РААСН Городецкого А.С. Электронное издание, 2017г., - 535с.
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. Барабаш М.С., Кір'язев П.М., Лапенко О.І., Ромашкіна М.А. / Мурашко Л. А. , Колякова В.Н., Сморгалов Д.В. Основы комп'ютерного моделювання. Навч. посібник/ – Київ : НАУ, 2018. – 492 с.
4. Сорока М.М. Розв'язок нелінійних задач будівельної механіки. Навч. посібник. – Одеса: ОДАБА, 2018. – 202 с.

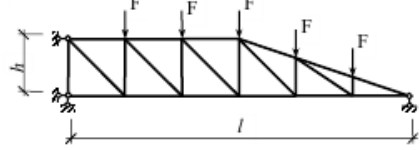
## Вихідні дані для виконання курсової роботи. Задача №1.

## Розрахунок металевої ферми.

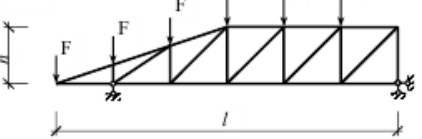
1



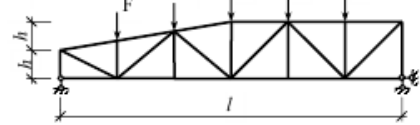
2



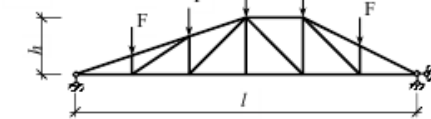
3



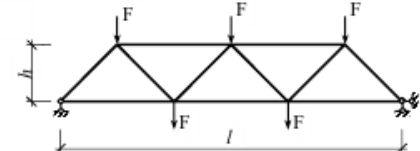
4



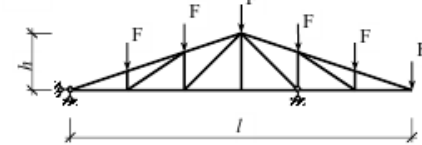
5



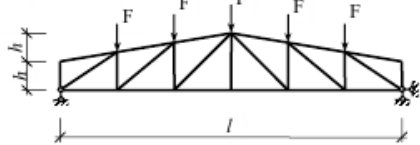
6



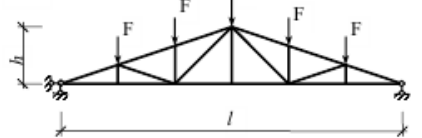
7



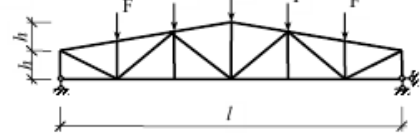
8



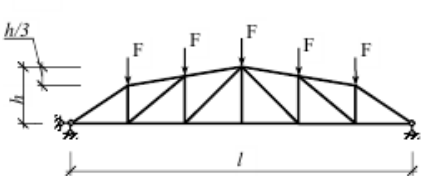
9



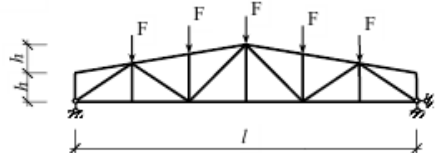
10



11



12

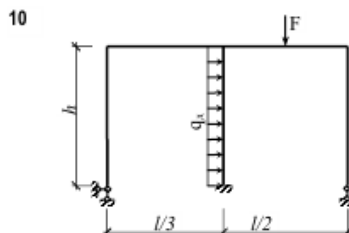
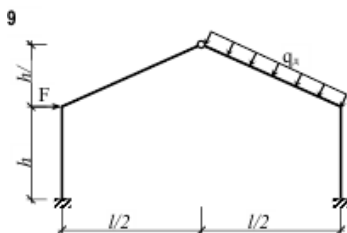
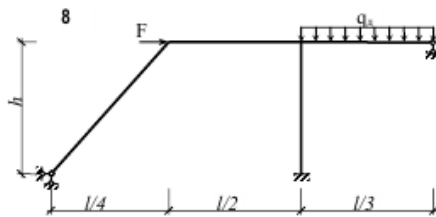
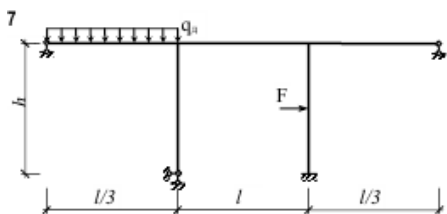
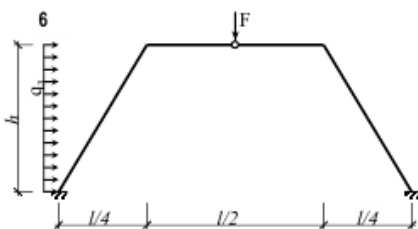
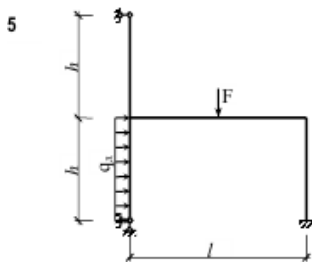
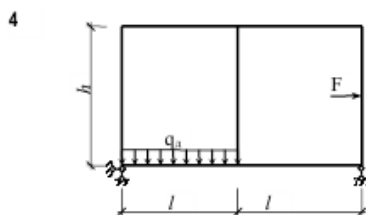
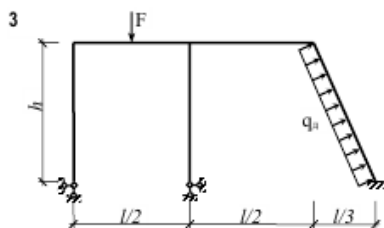
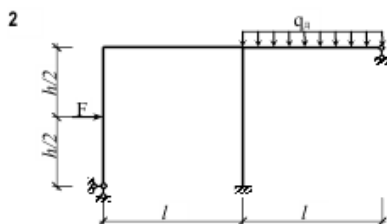
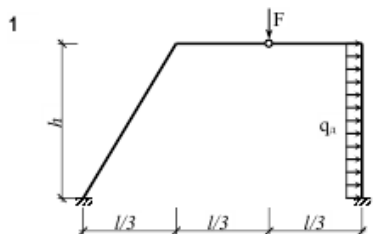


Таблиця Розміри ферм та навантаження.

№	Розміри		№	Навантаження
	<i>l</i> (м)	<i>h</i> (м)		<b>F</b> (кН)
1	18	2,5	1	10
2	20	3,0	2	12
3	24	3,2	3	15
4	28	3,6	4	16
5	30	4,0	5	18
6	32	4,2	6	20
7	15	2,1	7	21
8	21	2,6	8	24
9	27	3,0	9	26
10	24	3,2	10	19
11	20	2,7	11	17
12	18	2,2	12	11
13	27	2,8	13	16
14	24	2,1	14	13
15	32	3,5	15	17
16	30	3,2	16	23
17	27	3,0	17	28
18	24	2,8	18	26
19	21	2,2	19	20
20	15	1,8	20	22



## Задача №2. Розрахунок плоскої залізобетонної рами.



Таблиця. Розміри рами та навантаження.

№	$l$ (м)	$h$ (м)	$b_p=b_c$ (см)	$h_p$ (см)	$h_c$ (см)	№	$q_p$ (кН/м)	$q_d$ (кН/м)	F (кН)	Бетон
1	12	5,4	35	70	50	1	26	35	93	C16/20
2	10	4,2	30	60	40	2	30	33	86	C20/25
3	8	3,6	20	50	30	3	19	44	94	C25/30
4	6	3,0	20	40	40	4	21	36	102	C30/35
5	15	5,0	40	80	50	5	23	41	85	C32/40
6	9	4,2	30	65	45	6	25	39	111	C16/20
7	6	3,3	20	45	40	7	26	37	113	C20/25
8	8	4,0	25	55	40	8	27	42	97	C25/30
9	9	4,5	25	60	45	9	28	46	87	C30/35
10	11	3,6	35	65	40	10	19	44	76	C32/40
11	13	4,8	40	70	60	11	18	34	88	C16/20
12	10	3,2	30	55	40	12	15	45	108	C20/25
13	8	3,0	20	45	40	13	31	32	85	C25/30
14	14	4,5	40	80	50	14	22	37	104	C30/35
15	12	3,6	35	65	45	15	24	42	91	C32/40
16	15	5,1	40	80	50	16	32	35	89	C16/20
17	9	4,2	30	55	45	17	33	38	79	C20/25
18	10	3,9	30	60	45	18	29	33	109	C25/30
19	7	4,0	20	50	40	19	27	45	86	C30/35
20	11	5,4	35	65	40	20	26	31	97	C32/40

$q_p$  – постійне навантаження, прикладається до усіх ригелів рами;

$q_d$  – довготривале навантаження;

F – короткочасне навантаження.

Стержні рами армуються поздовжньою арматурою А400С та поперечною А240С.