

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
Директор ЗПО «ДПТК»  
« 28 » серпня 2026 р.  
**ПОГОДЖЕНО**  
Заступник директора ЗПО «ДПТК»  
« 28 » серпня 2026 р.



## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

**до виконання практичних робіт**

**з освітнього компонента ОК 17**

**«Основи розрахунку будівельних конструкцій»**

для здобувачів фахової передвищої освіти

спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»

25 практичних робіт • 64 години • по 30 індивідуальних варіантів

2026

## АНОТАЦІЯ

Методичні рекомендації містять 25 практичних робіт, узгоджених із робочою програмою ОК 17. Для кожної роботи подано мету, короткий теоретичний мінімум, розрахункові залежності з поясненням позначень, схему, приклад, порядок виконання, 30 індивідуальних варіантів, вимоги до звіту та контрольні запитання.

*Усі числові приклади є навчальними. Під час реального проєктування розрахункові характеристики, коефіцієнти й граничні значення необхідно приймати за чинними нормативними документами та завданням викладача.*

## ОРГАНІЗАЦІЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Загальний обсяг — 64 години. Роботи № 1–12 виконуються у 3 семестрі (34 години), № 13–25 — у 4 семестрі (30 годин). Номер варіанта визначає викладач. Числові характеристики матеріалів, не вміщені у варіанті, викладач надає в довідкових таблицях. Усі обчислення виконують в узгодженій системі одиниць із проміжними результатами.

| Семестр | Практичні роботи | Години | Форма поточного контролю   |
|---------|------------------|--------|----------------------------|
| 3       | №1–12            | 34     | захист розрахункових робіт |
| 4       | №13–25           | 30     | захист розрахункових робіт |

## ВИМОГИ ДО ЗВІТУ

- титульна частина: номер, тема, варіант, ПІБ здобувача, група, дата;
- мета і вихідні дані;
- розрахункова схема з розмірами та навантаженнями;
- формули, підстановка чисел, одиниці вимірювання й проміжні результати;
- підсумкова перевірка та короткий висновок;
- відповіді на контрольні запитання за вказівкою викладача.

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

| Складова                            | Частка |
|-------------------------------------|--------|
| правильність схеми й вихідних даних | 20 %   |
| правильність алгоритму та формул    | 30 %   |
| обчислення, одиниці, перевірки      | 30 %   |
| оформлення й висновок               | 10 %   |
| захист і відповіді                  | 10 %   |

## ЗМІСТ

1. Визначення розрахункових характеристик бетону, арматури та сталі — 2 год. (3 семестр)
2. Збір постійних і тимчасових навантажень та складання сполучень — 4 год. (3 семестр)
3. Розрахунок центрально розтягнутих і стиснутих дерев'яних елементів — 4 год. (3 семестр)
4. Розрахунок дерев'яних елементів на згин і комбіновану дію — 4 год. (3 семестр)
5. Розрахунок з'єднання дерев'яних елементів — 2 год. (3 семестр)
6. Розрахунок сталевих елементів на центральний розтяг або стиск — 2 год. (3 семестр)
7. Розрахунок зварного з'єднання сталевих конструкцій — 2 год. (3 семестр)
8. Розрахунок болтового з'єднання сталевих конструкцій — 2 год. (3 семестр)
9. Розрахунок і добір перерізу сталевої балки — 4 год. (3 семестр)
10. Розрахунок сталевої колони — 4 год. (3 семестр)
11. Визначення зусиль і розрахунок елементів сталевої ферми — 2 год. (3 семестр)
12. Аналіз матеріалів і конструктивних рішень кам'яних та армокам'яних конструкцій — 2 год. (3 семестр)
13. Розрахунок прямокутного залізобетонного перерізу з одиничним армуванням — 4 год. (4 семестр)
14. Розрахунок прямокутного залізобетонного перерізу з подвійним армуванням — 2 год. (4 семестр)
15. Розрахунок залізобетонного елемента таврового перерізу — 2 год. (4 семестр)
16. Перевірка міцності залізобетонної балки за похилим перерізом — 2 год. (4 семестр)
17. Розрахунок позацентрово стиснутої залізобетонної колони — 4 год. (4 семестр)
18. Перевірка тріщиностійкості залізобетонного елемента — 2 год. (4 семестр)
19. Компонування і розрахункова схема плоского залізобетонного перекриття — 2 год. (4 семестр)
20. Розрахунок центрально навантаженого залізобетонного фундаменту під колону — 2 год. (4 семестр)
21. Вибір типу фундаменту та його попередніх розмірів — 2 год. (4 семестр)
22. Перевірка несучої здатності основи фундаменту мілкого закладання — 2 год. (4 семестр)
23. Розрахунок осідання і крену фундаменту мілкого закладання — 2 год. (4 семестр)
24. Визначення несучої здатності палі та компонування ростверку — 2 год. (4 семестр)
25. Розрахунок осідання пальового фундаменту — 2 год. (4 семестр)

# ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

## ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНУ, АРМАТУРИ ТА СТАЛІ

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 3.

### Мета роботи

Навчитися розрізняти нормативний і розрахунковий опори матеріалу, визначати розрахункову характеристику з урахуванням коефіцієнтів надійності та умов роботи, користуватися нормативно-довідковими таблицями.

### Матеріально-технічне забезпечення

Конспект лекцій ОРБК; нормативно-довідкові таблиці характеристик бетону, арматури, сталі, деревини та кам'яної кладки; калькулятор; картка завдання.

### 1. Теоретичні відомості

Нормативний опір  $R_n$  — установлене нормами граничне значення напруження в матеріалі, визначене за результатами випробувань стандартних зразків. Для розрахунків за першою групою граничних станів застосовують розрахунковий опір  $R$ .

У конспекті лекцій наведено залежність:

$$R = R_n \cdot \gamma_n \cdot \gamma_c / \gamma_m, \quad (1.1)$$

де  $R_n$  — нормативний опір матеріалу, МПа;  
 $\gamma_n$  — коефіцієнт надійності щодо призначення;  
 $\gamma_c$  — коефіцієнт умов роботи;  
 $\gamma_m$  — коефіцієнт надійності щодо матеріалу;  
 $R$  — розрахунковий опір, МПа.

Для окремих матеріалів у джерелі застосовано спеціальні записи:

бетон при стиску:

$$R_b = R_{bn} / \gamma_{bc}; \quad (1.2)$$

бетон при розтягу:

$$R_{bt} = R_{btn} / \gamma_{bt}; \quad (1.3)$$

арматура:

$$R_s = R_{sn} / \gamma_s. \quad (1.4)$$

Для першої групи граничних станів наведено  $\gamma_{bc} = 1,3$  і  $\gamma_{bt} = 1,5$ . Для арматури класів А–І та А–ІІ наведено  $\gamma_s = 1,05$ ; для А–ІІІ — 1,10 або 1,07 залежно від діаметра. Значення не переносять автоматично в реальний проєкт: їх звіряють із чинним нормативним документом.

Для деревини такі базові орієнтири: для розтягу вздовж волокон деревини 1-го сорту  $R_n = 20$  МПа,  $R = 10$  МПа; за наявності ослаблень вводиться коефіцієнт 0,8; для стиску деревини 2-го сорту  $R_n = 25$  МПа,  $R = 13$  МПа. Ці дані використовуються далі у практичній роботі № 3.

## 2. Завдання

За виданою викладачем карткою:

1. Установити матеріал, клас або сорт і вид напруженого стану.
2. Виписати з нормативно-довідкової таблиці  $R_n$ .
3. Виписати  $\gamma_n$ ,  $\gamma_s$  і  $\gamma_m$  або спеціальні коефіцієнти для цього матеріалу.
4. Визначити  $R$  за формулою (1.1) або за формулами (1.2)–(1.4).
5. Пояснити, який коефіцієнт зменшує або збільшує результат.
6. Подати висновок із зазначенням одиниць.

### 2.1. Варіанти індивідуальних завдань

Для кожного варіанта визначити розрахунковий опір  $R$  за формулою (1.1) та відсоток його зміни відносно  $R_n$ . Наведені числові значення є навчальними вихідними даними, розробленими для відпрацювання алгоритму; їх не використовують як нормативні характеристики для реального проєктування.

| №  | Матеріал / вид роботи | $R_n$ , МПа | $\gamma_n$ | $\gamma_s$ | $\gamma_m$ | Визначити            |
|----|-----------------------|-------------|------------|------------|------------|----------------------|
| 1  | Бетон, стиск          | 12          | 0,95       | 0,90       | 1,30       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 2  | Бетон, стиск          | 15          | 1,00       | 0,90       | 1,30       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 3  | Бетон, стиск          | 18          | 0,95       | 1,00       | 1,30       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 4  | Бетон, стиск          | 22          | 1,00       | 1,00       | 1,30       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 5  | Бетон, стиск          | 25          | 0,95       | 0,90       | 1,30       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 6  | Бетон, розтяг         | 1,10        | 0,95       | 0,90       | 1,50       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 7  | Бетон, розтяг         | 1,30        | 1,00       | 0,90       | 1,50       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 8  | Бетон, розтяг         | 1,50        | 0,95       | 1,00       | 1,50       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 9  | Бетон, розтяг         | 1,80        | 1,00       | 1,00       | 1,50       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 10 | Бетон, розтяг         | 2,00        | 0,95       | 0,90       | 1,50       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 11 | Арматура, розтяг      | 240         | 1,00       | 1,00       | 1,05       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 12 | Арматура, розтяг      | 300         | 0,95       | 1,00       | 1,07       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 13 | Арматура, розтяг      | 400         | 1,00       | 0,90       | 1,10       | $R$ ; $\Delta R$ , % |
| 14 | Арматура,             | 500         | 0,95       | 1,00       | 1,15       | $R$ ; $\Delta R$ , % |

|    |                  |     |      |      |      |          |
|----|------------------|-----|------|------|------|----------|
|    | розтяг           |     |      |      |      |          |
| 15 | Арматура, розтяг | 600 | 1,00 | 0,90 | 1,20 | R; ΔR, % |
| 16 | Сталь, розтяг    | 235 | 0,95 | 1,00 | 1,05 | R; ΔR, % |
| 17 | Сталь, розтяг    | 245 | 1,00 | 0,90 | 1,05 | R; ΔR, % |
| 18 | Сталь, розтяг    | 275 | 0,95 | 0,90 | 1,10 | R; ΔR, % |
| 19 | Сталь, розтяг    | 325 | 1,00 | 1,00 | 1,10 | R; ΔR, % |
| 20 | Сталь, розтяг    | 345 | 0,95 | 1,00 | 1,10 | R; ΔR, % |
| 21 | Деревина, розтяг | 13  | 0,95 | 0,80 | 1,30 | R; ΔR, % |
| 22 | Деревина, розтяг | 20  | 1,00 | 0,80 | 1,40 | R; ΔR, % |
| 23 | Деревина, стиск  | 25  | 0,95 | 0,90 | 1,30 | R; ΔR, % |
| 24 | Деревина, стиск  | 30  | 1,00 | 0,90 | 1,40 | R; ΔR, % |
| 25 | Деревина, стиск  | 35  | 0,95 | 1,00 | 1,50 | R; ΔR, % |
| 26 | Кладка, стиск    | 2,0 | 0,95 | 0,90 | 1,50 | R; ΔR, % |
| 27 | Кладка, стиск    | 2,5 | 1,00 | 0,90 | 1,50 | R; ΔR, % |
| 28 | Кладка, стиск    | 3,0 | 0,95 | 1,00 | 2,00 | R; ΔR, % |
| 29 | Кладка, стиск    | 4,0 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | R; ΔR, % |
| 30 | Кладка, стиск    | 5,0 | 0,95 | 0,90 | 2,00 | R; ΔR, % |

### 3. Форма картки завдання

Матеріал: \_\_\_\_\_

Клас, марка або сорт: \_\_\_\_\_

Вид роботи матеріалу: \_\_\_\_\_

Нормативне джерело, таблиця: \_\_\_\_\_

$R_n =$  \_\_\_\_\_ МПа;  $\gamma_n =$  \_\_\_\_\_;  $\gamma_c =$  \_\_\_\_\_;  $\gamma_m =$  \_\_\_\_\_.

### 4. Форма таблиці результатів

№ | Матеріал | Вид роботи |  $R_n$ , МПа |  $\gamma_n$  |  $\gamma_c$  |  $\gamma_m$  | R, МПа

|   |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |

### 5. Приклад оформлення обчислення

Нехай за картою задано  $R_n = 25$  МПа,  $\gamma_n = 0,95$ ,  $\gamma_c = 1,00$ ,  $\gamma_m = 1,30$ .

$R = 25 \cdot 0,95 \cdot 1,00 / 1,30 = 18,27$  МПа.

Висновок: для заданих умов розрахунковий опір становить 18,27 МПа і є меншим за нормативний через урахування коефіцієнта надійності щодо матеріалу.

## **6. Контрольні запитання**

1. Що називають нормативним опором?
2. Чому в розрахунку застосовують розрахунковий, а не середній опір?
3. Що враховує  $\gamma_m$ ?
4. Що враховує  $\gamma_s$ ?
5. Як умови експлуатації можуть змінити опір матеріалу?
6. Чому значення коефіцієнтів потрібно брати з нормативного документа для конкретного матеріалу?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

### ЗБІР ПОСТІЙНИХ І ТИМЧАСОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА СКЛАДАННЯ СПОЛУЧЕНЬ

Тривалість: 4 академічні години. Семестр: 3.

#### Мета роботи

Навчитися класифікувати навантаження, визначати нормативні та розрахункові навантаження на 1 м<sup>2</sup> покриття і скласти таблицю збору навантажень.

#### Матеріально-технічне забезпечення

Методичні рекомендації до практичних робіт з ОРБК; конспект лекцій; калькулятор; таблиця варіантів.

#### 1. Теоретичні відомості

Навантаження поділяють на постійні, тимчасові тривалі, короткочасні та особливі. Власна вага конструкцій і шарів покриття належить до постійних навантажень, сніг — до тимчасових.

Розрахункове навантаження визначають множенням нормативного навантаження на коефіцієнт надійності щодо навантаження:

$$q_p = q_n \cdot n, \quad (2.1)$$

де  $q_n$  — нормативне навантаження;

$n$  — коефіцієнт надійності щодо навантаження;

$q_p$  — розрахункове навантаження.

Загальне розрахункове навантаження на покриття:

$$q = q_{p, \text{пост}} + q_{p, \text{тимч}}, \quad (2.2)$$

де  $q_{p, \text{пост}}$  — сума розрахункових постійних навантажень;

$q_{p, \text{тимч}}$  — сума розрахункових тимчасових навантажень.

#### 2. Довідкова таблиця з навчального джерела

Власна вага несучої конструкції — за проєктними даними;  $n = 1,1$ .

Власна вага теплоізоляційних матеріалів — за проєктними даними;  $n = 1,2$ .

Навантаження від кранів — за проєктними даними;  $n = 1,3$ .

Снігове навантаження — за нормативними даними;  $n = 1,4$ .

Вітрове навантаження — за нормативними даними;  $n = 1,2$ .

Навантаження у квартирах, лікарнях і дитячих садках з урахуванням обладнання — 150–200 кгс/м<sup>2</sup>;  $n = 1,4$ .

Навантаження у вестибюлях, коридорах і на залізобетонних сходах — 300 кгс/м<sup>2</sup>;  $n = 1,3$ – $1,4$ .

Зосереджене вертикальне нормативне навантаження: для покриттів, терас і горищних перекриттів — 100 кгс; для перекриттів житлових, громадських, сільськогосподарських і промислових будівель — 150 кгс;  $n = 1,2$ .

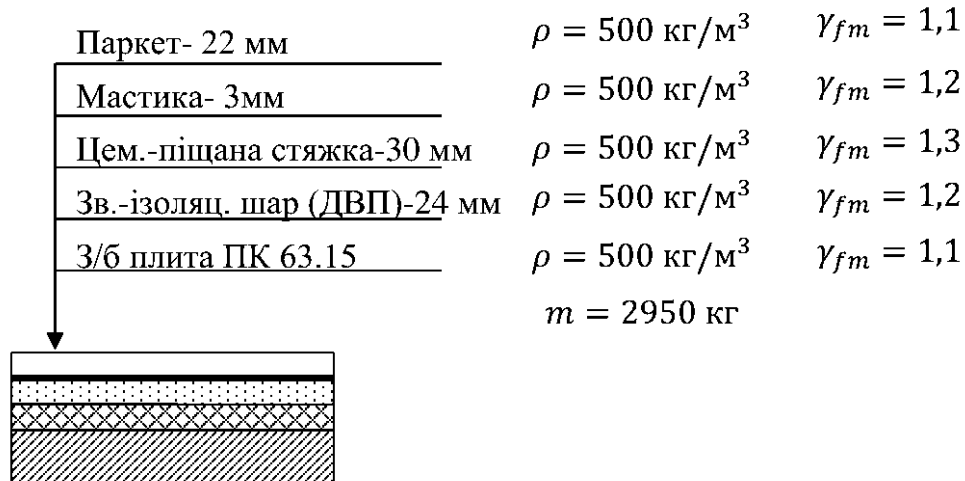


Рисунок 2.1 — Конструкція міжповерхового перекриття

### 3. Порядок виконання

1. За номером варіанта виписати  $m_1 \dots m_5$ .
2. Класифікувати  $m_1 \dots m_4$  як постійні навантаження,  $m_5$  — як тимчасове снігове.
3. Визначити розрахункове значення кожного навантаження за формулою (2.1).
4. Підсумувати окремо постійні та тимчасові навантаження.
5. Визначити загальне навантаження за формулою (2.2).
6. Перевести підсумкові значення в кН/м<sup>2</sup>.
7. Скласти висновок.

Для цієї навчальної вправи прийняти: плити покриття  $n = 1,1$ ; пароізоляція, теплоізоляція і цементна стяжка  $n = 1,2$ ; сніг  $n = 1,4$ .

### 4. Таблиця збору навантажень

| № | Назва шару або впливу  | Вид                                                                                                          | $q_n$ , кгс/м <sup>2</sup> | $n$ | $q_p$ , кгс/м <sup>2</sup> | $q_p$ , кН/м <sup>2</sup> |
|---|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----|----------------------------|---------------------------|
| 1 | Плита покриття         | постійне                                                                                                     | 1,1                        |     |                            |                           |
| 2 | Пароізоляція           | постійне                                                                                                     | 1,2                        |     |                            |                           |
| 3 | Теплоізоляція зі шлаку | постійне                                                                                                     | 1,2                        |     |                            |                           |
| 4 | Цементна стяжка 15 мм  | постійне                                                                                                     | 1,2                        |     |                            |                           |
|   | Разом постійне         |                                                                                                              |                            |     |                            |                           |
| 5 | Сніг                   | тимчасове                                                                                                    | 1,4                        |     |                            |                           |
|   | Разом                  | Варіанти 1–25 відтворено з джерела; варіанти 26–30 розроблено за тією самою структурою зміни вихідних даних. |                            |     |                            |                           |
|   |                        |                                                                                                              |                            |     |                            |                           |

## 5. Вихідні дані за варіантами, кгс/м<sup>2</sup>

| №  | m <sub>1</sub> | m <sub>2</sub> | m <sub>3</sub> | m <sub>4</sub> | m <sub>5</sub> |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1  | 560            | 35             | 62             | 30             | 78             |
| 2  | 561            | 36             | 63             | 30             | 76             |
| 3  | 562            | 37             | 64             | 30             | 77             |
| 4  | 563            | 38             | 65             | 30             | 79             |
| 5  | 564            | 39             | 66             | 31             | 80             |
| 6  | 565            | 40             | 67             | 31             | 75             |
| 7  | 566            | 41             | 68             | 31             | 81             |
| 8  | 567            | 42             | 69             | 31             | 74             |
| 9  | 568            | 43             | 70             | 32             | 82             |
| 10 | 569            | 44             | 71             | 32             | 73             |
| 11 | 570            | 45             | 72             | 32             | 83             |
| 12 | 571            | 46             | 73             | 32             | 72             |
| 13 | 572            | 47             | 74             | 33             | 84             |
| 14 | 573            | 48             | 75             | 33             | 71             |
| 15 | 574            | 49             | 76             | 33             | 85             |
| 16 | 575            | 50             | 77             | 33             | 70             |
| 17 | 576            | 51             | 78             | 34             | 86             |
| 18 | 577            | 52             | 79             | 34             | 69             |
| 19 | 578            | 53             | 80             | 34             | 87             |
| 20 | 579            | 54             | 81             | 34             | 68             |
| 21 | 580            | 55             | 82             | 35             | 88             |
| 22 | 581            | 56             | 83             | 35             | 67             |
| 23 | 582            | 57             | 84             | 35             | 89             |
| 24 | 582            | 58             | 85             | 35             | 66             |
| 25 | 583            | 59             | 86             | 35             | 90             |
| 26 | 584            | 60             | 87             | 36             | 65             |
| 27 | 585            | 61             | 88             | 36             | 91             |
| 28 | 586            | 62             | 89             | 36             | 64             |
| 29 | 587            | 63             | 90             | 37             | 92             |
| 30 | 588            | 64             | 91             | 37             | 63             |

Позначення: m<sub>1</sub> — вага плит покриття; m<sub>2</sub> — пароізоляція; m<sub>3</sub> — теплоізоляція зі шлаку; m<sub>4</sub> — цементна стяжка товщиною 15 мм; m<sub>5</sub> — сніг.

## 6. Приклад виконання для варіанта 1

Постійні навантаження:

плита:  $560 \cdot 1,1 = 616,0$  кгс/м<sup>2</sup>;

пароізоляція:  $35 \cdot 1,2 = 42,0$  кгс/м<sup>2</sup>;

теплоізоляція:  $62 \cdot 1,2 = 74,4 \text{ кгс/м}^2$ ;

стяжка:  $30 \cdot 1,2 = 36,0 \text{ кгс/м}^2$ .

$q_{\text{р,пост}} = 616,0 + 42,0 + 74,4 + 36,0 = 768,4 \text{ кгс/м}^2$ .

Сніг:

$q_{\text{р,тимч}} = 78 \cdot 1,4 = 109,2 \text{ кгс/м}^2$ .

$q = 768,4 + 109,2 = 877,6 \text{ кгс/м}^2 \approx 8,61 \text{ кН/м}^2$ .

Висновок: для варіанта 1 загальне розрахункове навантаження на  $1 \text{ м}^2$  покриття становить  $877,6 \text{ кгс/м}^2$ , або приблизно  $8,61 \text{ кН/м}^2$ .

## 7. Контрольні запитання

1. Які види навантажень ви знаєте?
2. Що відносять до постійних навантажень?
3. Що відносять до тимчасових навантажень?
4. Як визначити розрахункове навантаження?
5. Які навантаження у навчальному приміщенні є постійними, а які — тимчасовими?

# ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

## РОЗРАХУНОК ЦЕНТРАЛЬНО РОЗТЯГНУТИХ І СТИСНУТИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Тривалість: 4 академічні години. Семестр: 3.

### Мета роботи

Навчитися перевіряти міцність центрально-розтягнутого дерев'яного елемента за площею нетто та міцність і стійкість центрально-стиснутого елемента з урахуванням гнучкості й коефіцієнта поздовжнього згину.

### 1. Теоретичні відомості

Центрально-розтягнутим називають елемент, у якому поздовжня сила проходить через центр ваги перерізу й викликає розтяг. Перевірка міцності:

$$\sigma_t = N / A_{\text{нет}} \leq R_t. \quad (3.1)$$

Якщо ослаблення розміщені в межах ділянки довжиною до 200 мм, їх ураховують суміщеними в одному перерізі.

Центрально-стиснутий елемент перевіряють:  
на міцність:

$$\sigma_c = N / A_{\text{нет}} \leq R_c; \quad (3.2)$$

на стійкість:

$$\sigma_c = N / (\varphi A_{\text{роз}}) \leq R_c. \quad (3.3)$$

Гнучкість:

$$\lambda = l_0 / i. \quad (3.4)$$

Для прямокутного перерізу відносно слабшої осі:

$$i = 0,289 h_{\text{min}}. \quad (3.5)$$

Коефіцієнт поздовжнього згину за навчальним джерелом:

при  $\lambda \leq 70$ :

$$\varphi = 1 - 0,8(\lambda/100)^2; \quad (3.6)$$

при  $\lambda > 70$ :

$$\varphi = 3000/\lambda^2. \quad (3.7)$$

Розрахункова довжина за схемою закріплення, наведеною в конспекті:

два шарнірні кінці —  $l_0 = l$ ;

защемлений і вільний кінці —  $l_0 = 2,2l$ ;

защемлений і шарнірний кінці —  $l_0 = 0,8l$ ;  
 два защемлені кінці —  $l_0 = 0,65l$ .

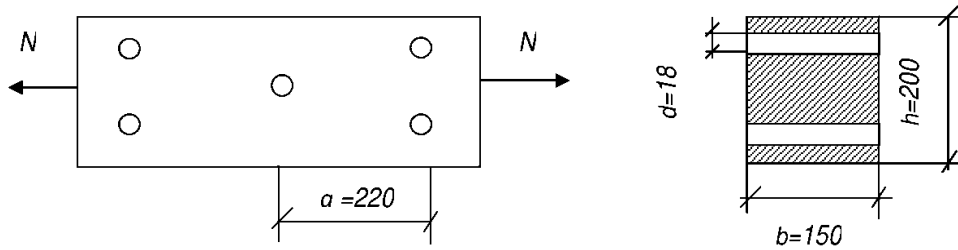


Рисунок 3.1 — Розрахункова схема центрально розтягнутого дерев'яного елемента (джерело: [М4], рисунок 1)

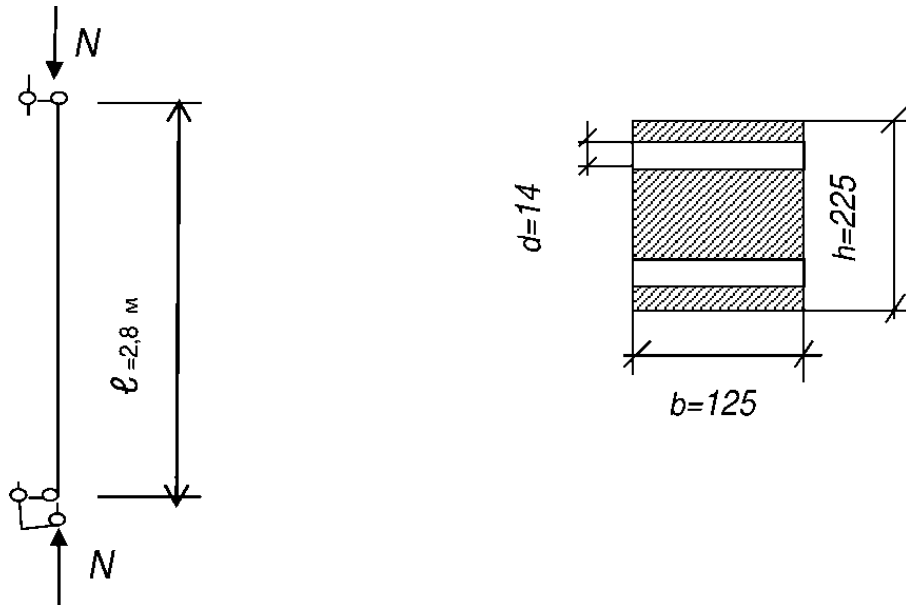


Рисунок 3.2 — Розрахункова схема центрально стиснутого дерев'яного елемента

## 2. Частина А. Центрально-розтягнутий елемент

Завдання з джерела

Перевірити переріз нижнього поясу ферми з деревини дуба 2-го сорту. Переріз ослаблено двома рядами отворів для болтів  $d = 18$  мм;  $N = 160$  кН;  $b = 150$  мм;  $h = 200$  мм; відстань між рядами ослаблень  $a = 220$  мм. Умови експлуатації В-1; ступінь відповідальності споруди — III.

Послідовність розрахунку

1. Розрахунковий опір розтягу:

$$R_t = 7 \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 0,8 / 0,9 = 7,28 \text{ МПа} = 0,728 \text{ кН/см}^2.$$

2. Оскільки  $a = 220 \text{ мм} \geq 200 \text{ мм}$ , у небезпечному перерізі враховують два отвори:

$$\begin{aligned} A_{\text{нет}} &= bh - 2bd = \\ &= 15 \cdot 20 - 2 \cdot 15 \cdot 1,8 = \\ &= 246 \text{ см}^2. \end{aligned}$$

Якщо  $a < 200$  мм, ослаблення в джерелі приймають суміщеними, і для цієї схеми  $A_{\text{нет}} = bh - 3bd$ .

3. Напруження:

$$\sigma_t = N/A_{\text{нет}} = 160/246 = 0,650 \text{ кН/см}^2 = 6,50 \text{ МПа.}$$

4. Перевірка:

$$0,650 \text{ кН/см}^2 < 0,728 \text{ кН/см}^2.$$

Висновок: міцність центрально-розтягнутого елемента забезпечена.

### 3. Частина Б. Центральнo-стиснутий елемент

Завдання з джерела

Перевірити переріз верхнього поясу ферми з деревини ялини 2-го сорту. Переріз ослаблено двома рядами отворів  $d = 14$  мм;  $N = 300$  кН;  $l_0 = 2,8$  м;  $b = 125$  мм;  $h = 225$  мм. Умови експлуатації А-3; ступінь відповідальності споруди — II.

Послідовність розрахунку

1. Розрахунковий опір стиску:

$$R_c = 14 \cdot 1,0 \cdot 0,9 / 0,95 = 13,3 \text{ МПа} = 1,33 \text{ кН/см}^2.$$

2. Гнучкість відносно слабшої осі:

$$\lambda = 280 / (0,289 \cdot 22,5) = 43,06.$$

3. Оскільки  $\lambda \leq 70$ :

$$\varphi = 1 - 0,8(43,06/100)^2 = 0,85.$$

4. Площа бруто:

$$A_{\text{бр}} = 12,5 \cdot 22,5 = 281,25 \text{ см}^2.$$

Площа ослаблень:

$$A_{\text{осл}} = 2 \cdot 1,4 \cdot 22,5 = 63,0 \text{ см}^2.$$

25 % від  $A_{\text{бр}} = 70,31 \text{ см}^2$ . Оскільки  $A_{\text{осл}} < 0,25A_{\text{бр}}$ , у прикладі джерела прийнято  $A_{\text{роз}} = A_{\text{бр}} = 281,25 \text{ см}^2$ .

5. Перевірка стійкості:

$$\sigma_c = 300 / (0,85 \cdot 281,25) = 1,25 \text{ кН/см}^2.$$

6. Порівняння:

$$1,25 \text{ кН/см}^2 < 1,33 \text{ кН/см}^2.$$

Висновок: стійкість і міцність центрально-стиснутого елемента забезпечені.

### 3.1. Варіанти індивідуальних завдань

У кожному варіанті виконати дві частини: перевірити центрально-розтягнутий елемент за площею нетто та центрально-стиснутий елемент на міцність і стійкість. Для навчального розрахунку прийняти  $R_t = 7,28$  МПа і  $R_c = 13,3$  МПа. Якщо викладач задає інші породи, сорт або умови експлуатації, опори визначити окремо за нормативно-довідковими таблицями.

Таблиця 3.1 — Варіанти для центрально-розтягнутого елемента

| №  | b×h, мм | n, шт. | d, мм | a, мм | N, кН |
|----|---------|--------|-------|-------|-------|
| 1  | 140×180 | 2      | 18    | 210   | 95    |
| 2  | 150×180 | 2      | 20    | 220   | 105   |
| 3  | 160×180 | 2      | 22    | 240   | 120   |
| 4  | 180×180 | 3      | 14    | 260   | 145   |
| 5  | 200×180 | 2      | 16    | 280   | 185   |
| 6  | 140×200 | 2      | 18    | 210   | 150   |
| 7  | 150×200 | 2      | 20    | 220   | 165   |
| 8  | 160×200 | 3      | 22    | 240   | 100   |
| 9  | 180×200 | 2      | 14    | 260   | 160   |
| 10 | 200×200 | 2      | 16    | 280   | 185   |
| 11 | 140×220 | 2      | 18    | 210   | 150   |
| 12 | 150×220 | 3      | 20    | 220   | 150   |
| 13 | 160×220 | 2      | 22    | 240   | 185   |
| 14 | 180×220 | 2      | 14    | 260   | 240   |
| 15 | 200×220 | 2      | 16    | 280   | 180   |
| 16 | 140×240 | 3      | 18    | 210   | 135   |
| 17 | 150×240 | 2      | 20    | 220   | 165   |
| 18 | 160×240 | 2      | 22    | 240   | 185   |
| 19 | 180×240 | 2      | 14    | 260   | 235   |
| 20 | 200×240 | 3      | 16    | 280   | 250   |
| 21 | 140×260 | 2      | 18    | 210   | 215   |
| 22 | 150×260 | 2      | 20    | 220   | 155   |
| 23 | 160×260 | 2      | 22    | 240   | 175   |
| 24 | 180×260 | 3      | 14    | 260   | 215   |
| 25 | 200×260 | 2      | 16    | 280   | 265   |
| 26 | 140×180 | 2      | 18    | 210   | 125   |
| 27 | 150×180 | 2      | 20    | 220   | 140   |
| 28 | 160×180 | 3      | 22    | 240   | 125   |
| 29 | 180×180 | 2      | 14    | 260   | 130   |
| 30 | 200×180 | 2      | 16    | 280   | 150   |

**Таблиця 3.2 — Варіанти для центрально-стиснутого елемента**

| №  | b×h, мм | n, шт. | d, мм | l <sub>0</sub> , мм | N, кН |
|----|---------|--------|-------|---------------------|-------|
| 1  | 160×180 | 2      | 14    | 2400                | 210   |
| 2  | 180×180 | 2      | 16    | 2800                | 265   |
| 3  | 200×180 | 2      | 18    | 3200                | 300   |
| 4  | 140×180 | 2      | 20    | 3600                | 125   |
| 5  | 150×180 | 2      | 22    | 4000                | 140   |
| 6  | 160×200 | 2      | 14    | 4400                | 100   |
| 7  | 180×200 | 2      | 16    | 2400                | 320   |
| 8  | 200×200 | 2      | 18    | 2800                | 390   |
| 9  | 140×200 | 2      | 20    | 3200                | 180   |
| 10 | 150×200 | 2      | 22    | 3600                | 190   |
| 11 | 160×220 | 2      | 14    | 4000                | 130   |
| 12 | 180×220 | 2      | 16    | 4400                | 175   |
| 13 | 200×220 | 2      | 18    | 2400                | 455   |
| 14 | 140×220 | 2      | 20    | 2800                | 255   |
| 15 | 150×220 | 2      | 22    | 3200                | 265   |
| 16 | 160×240 | 2      | 14    | 3600                | 175   |
| 17 | 180×240 | 2      | 16    | 4000                | 235   |
| 18 | 200×240 | 2      | 18    | 4400                | 295   |
| 19 | 140×240 | 2      | 20    | 2400                | 320   |
| 20 | 150×240 | 2      | 22    | 2800                | 350   |
| 21 | 160×260 | 2      | 14    | 3200                | 240   |
| 22 | 180×260 | 2      | 16    | 3600                | 305   |
| 23 | 200×260 | 2      | 18    | 4000                | 385   |
| 24 | 140×260 | 2      | 20    | 4400                | 125   |
| 25 | 150×260 | 2      | 22    | 2400                | 430   |
| 26 | 160×180 | 2      | 14    | 2800                | 190   |
| 27 | 180×180 | 2      | 16    | 3200                | 240   |
| 28 | 200×180 | 2      | 18    | 3600                | 265   |
| 29 | 140×180 | 2      | 20    | 4000                | 105   |
| 30 | 150×180 | 2      | 22    | 4400                | 115   |

#### 4. Порядок виконання та оформлення

1. Накреслити поздовжню схему кожного елемента і поперечний переріз.
2. Показати напрямок сили N, розміри b і h, отвори та небезпечний переріз.
3. Для розтягнутого елемента визначити A<sub>нет</sub> і перевірити умову (3.1).
4. Для стиснутого елемента визначити l<sub>0</sub>, i, λ і φ.
5. Установити A<sub>роз</sub> з урахуванням ослаблень.
6. Перевірити умови (3.2) і (3.3).
7. Пояснити, яка перевірка є визначальною.
8. Записати окремий висновок для розтягнутого й стиснутого елементів.

## 5. Контрольні запитання

1. Який елемент називають центрально-розтягнутим?
2. Чому при розтягу використовують площу нетто?
3. Як ураховують ослаблення, розміщені в межах 200 мм?
4. Який елемент називають центрально-стиснутим?
5. Чому стиснутий елемент перевіряють не тільки на міцність, а й на стійкість?
6. Що називають розрахунковою довжиною?
7. Як визначають радіус інерції прямокутного перерізу відносно слабшої осі?
8. Що характеризує гнучкість  $\lambda$ ?
9. Як визначають  $\varphi$  при  $\lambda \leq 70$  і при  $\lambda > 70$ ?
10. Як спосіб закріплення кінців впливає на стійкість?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

### Розрахунок дерев'яних елементів на згин і комбіновану дію

Тривалість: 4 академічні години. Семестр: 3.

#### Мета роботи

Добирати прямокутний переріз дерев'яної балки та перевіряти елемент при згині й сумісній дії поздовжньої сили та моменту.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Для шарнірно обпертої балки під рівномірним навантаженням найбільший момент виникає посередині прольоту.
- Перевірка згину виконується за нормальними напруженнями та прогином.
- При комбінованій дії використовують взаємодію часток використання несучої здатності.

#### Розрахункові залежності

$$M_{\max} = ql^2 / 8 \quad (4.1)$$

де:  $q$  — погонне навантаження, кН/м;  $l$  — проліт, м.

$$\sigma_m = M / W \leq R_m \quad (4.2)$$

де:  $W$  — момент опору, см<sup>3</sup>;  $R_m$  — розрахунковий опір згину, МПа.

$$N/(A \cdot R) + M/(W \cdot R_m) \leq 1 \quad (4.3)$$

де: перший доданок характеризує осьову дію, другий — згин; усі величини приводять до узгоджених одиниць.

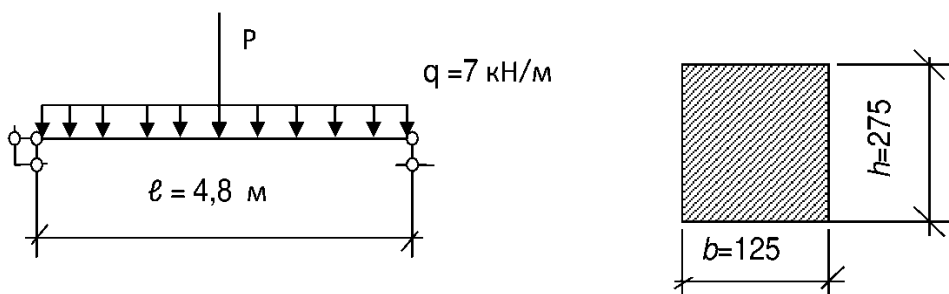


Рисунок 4.1 — Розрахункова схема дерев'яного елемента, що згинається (джерело: [М4], рисунок 3)

#### Приклад виконання

1.  $q=3,2$  кН/м,  $l=4,0$  м:  $M_{\max}=3,2 \cdot 4^2/8=6,4$  кН·м.
2. Для  $b \times h=100 \times 200$  мм  $W=bh^2/6=666,7$  см<sup>3</sup>.
3.  $\sigma_m=6,4 \cdot 10^3/666,7=9,60$  МПа. За  $R_m=13$  МПа міцність забезпечена.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.

4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | q, кН/м | l, м | b×h, мм | N, кН | клас дерева |
|------|---------|------|---------|-------|-------------|
| 1    | 2.2     | 3.00 | 80×180  | 0     | C14         |
| 2    | 2.4     | 3.25 | 90×190  | 20    | C16         |
| 3    | 2.6     | 3.50 | 100×200 | 25    | C18         |
| 4    | 2.8     | 3.75 | 110×210 | 0     | C20         |
| 5    | 3.0     | 4.00 | 120×220 | 35    | C22         |
| 6    | 3.2     | 4.25 | 80×230  | 15    | C24         |
| 7    | 3.4     | 4.50 | 90×180  | 0     | C14         |
| 8    | 3.6     | 3.00 | 100×190 | 25    | C16         |
| 9    | 2.2     | 3.25 | 110×200 | 30    | C18         |
| 10   | 2.4     | 3.50 | 120×210 | 0     | C20         |
| 11   | 2.6     | 3.75 | 80×220  | 15    | C22         |
| 12   | 2.8     | 4.00 | 90×230  | 20    | C24         |
| 13   | 3.0     | 4.25 | 100×180 | 0     | C14         |
| 14   | 3.2     | 4.50 | 110×190 | 30    | C16         |
| 15   | 3.4     | 3.00 | 120×200 | 35    | C18         |
| 16   | 3.6     | 3.25 | 80×210  | 0     | C20         |
| 17   | 2.2     | 3.50 | 90×220  | 20    | C22         |
| 18   | 2.4     | 3.75 | 100×230 | 25    | C24         |
| 19   | 2.6     | 4.00 | 110×180 | 0     | C14         |
| 20   | 2.8     | 4.25 | 120×190 | 35    | C16         |
| 21   | 3.0     | 4.50 | 80×200  | 15    | C18         |
| 22   | 3.2     | 3.00 | 90×210  | 0     | C20         |
| 23   | 3.4     | 3.25 | 100×220 | 25    | C22         |
| 24   | 3.6     | 3.50 | 110×230 | 30    | C24         |
| 25   | 2.2     | 3.75 | 120×180 | 0     | C14         |
| 26   | 2.4     | 4.00 | 80×190  | 15    | C16         |
| 27   | 2.6     | 4.25 | 90×200  | 20    | C18         |
| 28   | 2.8     | 4.50 | 100×210 | 0     | C20         |
| 29   | 3.0     | 3.00 | 110×220 | 30    | C22         |
| 30   | 3.2     | 3.25 | 120×230 | 35    | C24         |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Де виникає  $M_{\max}$  у шарнірно обпертій балці?
2. Як визначають момент опору прямокутника?
3. Чому окремо перевіряють прогин?
4. Як враховують комбіновану дію?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

### Розрахунок з'єднання дерев'яних елементів

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 3.

#### Мета роботи

Визначати несучу здатність простого нагельного або лобового з'єднання дерев'яних елементів.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Зусилля у з'єднанні передається через зминання деревини, вигин нагеля або сколювання.
- Кількість нагелів визначають за найменшою несучою здатністю одного зрізу.
- Розміщення кріплень повинно задовольняти мінімальні відстані між ними та до крайок.

#### Розрахункові залежності

$$n = N / (T_{\min} \cdot n_z) \quad (5.1)$$

де:  $n$  — потрібна кількість нагелів;  $N$  — зусилля, кН;  $T_{\min}$  — найменша несуча здатність одного умовного зрізу, кН;  $n_z$  — кількість площин зрізу.

$$\tau = N / A_{sk} \leq R_{sk} \quad (5.2)$$

де:  $A_{sk}$  — площа сколювання, см<sup>2</sup>;  $R_{sk}$  — розрахунковий опір сколюванню, МПа.

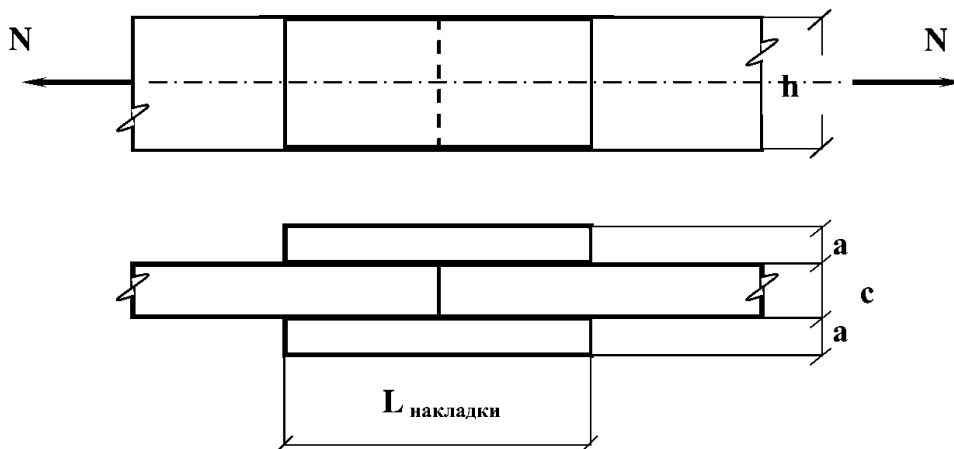


Рисунок 5.1 — Розрахункова схема нагельного з'єднання

#### Приклад виконання

1.  $N=54$  кН,  $T_{\min}=9$  кН, з'єднання двозрізне:  $n=54/(9 \cdot 2)=3$ .
2. З урахуванням симетрії та конструктивних вимог приймаємо 4 нагелі.
3. Після добору перевіряємо відстані до торця, крайки та між нагелями.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.

5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | N, кН | тип           | d, мм | товщина елемента, мм | T <sub>min</sub> , кН |
|------|-------|---------------|-------|----------------------|-----------------------|
| 1    | 36    | нагельне      | 10    | 50                   | 6                     |
| 2    | 42    | болтове       | 12    | 60                   | 7                     |
| 3    | 48    | цвяхове       | 14    | 70                   | 8                     |
| 4    | 54    | лобова врубка | 16    | 80                   | 9                     |
| 5    | 60    | нагельне      | 18    | 90                   | 10                    |
| 6    | 66    | болтове       | 10    | 50                   | 11                    |
| 7    | 72    | цвяхове       | 12    | 60                   | 6                     |
| 8    | 78    | лобова врубка | 14    | 70                   | 7                     |
| 9    | 84    | нагельне      | 16    | 80                   | 8                     |
| 10   | 90    | болтове       | 18    | 90                   | 9                     |
| 11   | 36    | цвяхове       | 10    | 50                   | 10                    |
| 12   | 42    | лобова врубка | 12    | 60                   | 11                    |
| 13   | 48    | нагельне      | 14    | 70                   | 6                     |
| 14   | 54    | болтове       | 16    | 80                   | 7                     |
| 15   | 60    | цвяхове       | 18    | 90                   | 8                     |
| 16   | 66    | лобова врубка | 10    | 50                   | 9                     |
| 17   | 72    | нагельне      | 12    | 60                   | 10                    |
| 18   | 78    | болтове       | 14    | 70                   | 11                    |
| 19   | 84    | цвяхове       | 16    | 80                   | 6                     |
| 20   | 90    | лобова врубка | 18    | 90                   | 7                     |
| 21   | 36    | нагельне      | 10    | 50                   | 8                     |
| 22   | 42    | болтове       | 12    | 60                   | 9                     |
| 23   | 48    | цвяхове       | 14    | 70                   | 10                    |
| 24   | 54    | лобова врубка | 16    | 80                   | 11                    |
| 25   | 60    | нагельне      | 18    | 90                   | 6                     |
| 26   | 66    | болтове       | 10    | 50                   | 7                     |
| 27   | 72    | цвяхове       | 12    | 60                   | 8                     |
| 28   | 78    | лобова врубка | 14    | 70                   | 9                     |
| 29   | 84    | нагельне      | 16    | 80                   | 10                    |
| 30   | 90    | болтове       | 18    | 90                   | 11                    |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Які граничні стани можливі у нагельному з'єднанні?
2. Що таке площа зрізу?
3. Чому приймають найменшу несучу здатність?
4. Навіщо нормують відстані між кріпленнями?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

### Розрахунок сталевго елемента на центральний розтяг або стиск

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 3.

#### Мета роботи

Виконувати перевірку міцності розтягнутого та стійкості стиснутого сталевго стержня.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Для розтягнутого елемента визначальною може бути площа нетто.
- Стиснутий елемент перевіряють за гнучкістю і загальною стійкістю відносно обох головних осей.
- Профіль добирають із сортаменту за потрібною площею, а потім перевіряють.

#### Розрахункові залежності

$$\sigma = N / A_n \leq R_y \gamma_c \quad (6.1)$$

де:  $A_n$  — площа нетто,  $\text{см}^2$ ;  $R_y$  — розрахунковий опір сталі, МПа;  $\gamma_c$  — коефіцієнт умов роботи.

$$N / (\varphi A) \leq R_y \gamma_c \quad (6.2)$$

де:  $\varphi$  — коефіцієнт стійкості, що відповідає гнучкості  $\lambda = l_0 / i$ .

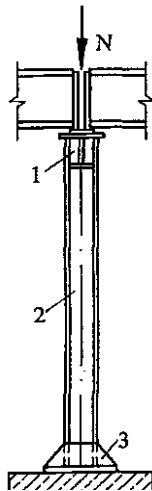


Рисунок 6.1 — Центральна стиснута суцільна сталева колона

#### Приклад виконання

1.  $N=420$  кН,  $R_y=230$  МПа,  $\gamma_c=1,0$ . Потрібна площа розтягу  $A_{req}=420 \cdot 10 / 230 = 18,26 \text{ см}^2$ .
2. Прийнятий профіль має  $A_n=20,0 \text{ см}^2$ :  $\sigma=420 \cdot 10 / 20 = 210 \text{ МПа} \leq 230 \text{ МПа}$ .
3. Для стиску додатково визначають  $\lambda_x$ ,  $\lambda_y$  і відповідний  $\varphi$ .

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.

5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | N, кН | l, м | сталь | схема закріплення     | γс   |
|------|-------|------|-------|-----------------------|------|
| 1    | 280   | 2.8  | C235  | шарнір–шарнір         | 0.90 |
| 2    | 315   | 3.1  | C245  | защемлення–шарнір     | 0.95 |
| 3    | 350   | 3.4  | C255  | защемлення–вільний    | 1.00 |
| 4    | 385   | 3.7  | C275  | защемлення–защемлення | 0.90 |
| 5    | 420   | 4.0  | C345  | шарнір–шарнір         | 0.95 |
| 6    | 455   | 4.3  | C235  | защемлення–шарнір     | 1.00 |
| 7    | 490   | 4.6  | C245  | защемлення–вільний    | 0.90 |
| 8    | 525   | 2.8  | C255  | защемлення–защемлення | 0.95 |
| 9    | 560   | 3.1  | C275  | шарнір–шарнір         | 1.00 |
| 10   | 595   | 3.4  | C345  | защемлення–шарнір     | 0.90 |
| 11   | 280   | 3.7  | C235  | защемлення–вільний    | 0.95 |
| 12   | 315   | 4.0  | C245  | защемлення–защемлення | 1.00 |
| 13   | 350   | 4.3  | C255  | шарнір–шарнір         | 0.90 |
| 14   | 385   | 4.6  | C275  | защемлення–шарнір     | 0.95 |
| 15   | 420   | 2.8  | C345  | защемлення–вільний    | 1.00 |
| 16   | 455   | 3.1  | C235  | защемлення–защемлення | 0.90 |
| 17   | 490   | 3.4  | C245  | шарнір–шарнір         | 0.95 |
| 18   | 525   | 3.7  | C255  | защемлення–шарнір     | 1.00 |
| 19   | 560   | 4.0  | C275  | защемлення–вільний    | 0.90 |
| 20   | 595   | 4.3  | C345  | защемлення–защемлення | 0.95 |
| 21   | 280   | 4.6  | C235  | шарнір–шарнір         | 1.00 |
| 22   | 315   | 2.8  | C245  | защемлення–шарнір     | 0.90 |
| 23   | 350   | 3.1  | C255  | защемлення–вільний    | 0.95 |
| 24   | 385   | 3.4  | C275  | защемлення–защемлення | 1.00 |
| 25   | 420   | 3.7  | C345  | шарнір–шарнір         | 0.90 |
| 26   | 455   | 4.0  | C235  | защемлення–шарнір     | 0.95 |
| 27   | 490   | 4.3  | C245  | защемлення–вільний    | 1.00 |
| 28   | 525   | 4.6  | C255  | защемлення–защемлення | 0.90 |
| 29   | 560   | 2.8  | C275  | шарнір–шарнір         | 0.95 |
| 30   | 595   | 3.1  | C345  | защемлення–шарнір     | 1.00 |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Коли площа нетто менша за площу бруто?
2. Як визначають розрахункову довжину?
3. Яка вісь є небезпечною для стійкості?
4. Чому після добору профілю виконують перевірку?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

### Розрахунок зварного з'єднання сталевих конструкцій

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 3.

#### Мета роботи

Визначати потрібну розрахункову довжину кутових зварних швів у простому з'єднанні.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Зварний шов має забезпечити передавання розрахункового зусилля між елементами.
- Розрахунок кутового шва виконують за небезпечним перерізом металу шва або межі сплавлення.
- Ефективна площа шва залежить від катета та розрахункової довжини.

#### Розрахункові залежності

$$l_{w,\Sigma} = N / (\beta_f \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c) \quad (7.1)$$

де:  $l_{w,\Sigma}$  — сумарна ефективна довжина всіх однакових швів;  $k_f$  — катет;  $\beta_f$  — коефіцієнт переходу до розрахункової товщини;  $R_{wf}$  — розрахунковий опір шва. Для варіанта беруть число швів  $n$  з таблиці.

$$l_{geom,1} = l_{w,\Sigma} / n + 2k_f \quad (7.2)$$

де:  $l_{geom,1}$  — потрібна геометрична довжина одного з  $n$  однакових швів з урахуванням його кінцевих ділянок. За округлення довжини вгору перевіряють, щоб  $n(l_{geom,1} - 2k_f) \geq l_{w,\Sigma}$ .

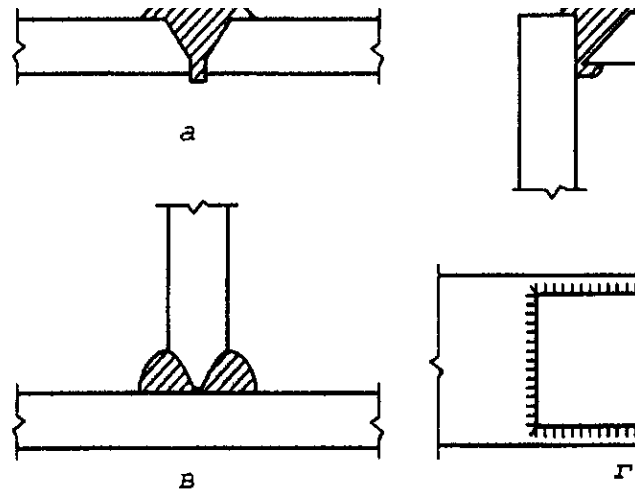


Рисунок 7.1 — Основні види зварних з'єднань

#### Приклад виконання

1.  $N=180$  кН,  $k_f=6$  мм,  $\beta_f=0,7$ ,  $R_{wf}=180$  МПа,  $\gamma_c=1,0$ .
2. Сумарно  $l_{w,\Sigma}=180000/(0,7 \cdot 6 \cdot 180)=238,1$  мм.
3. За  $n=2$  ефективна довжина одного шва становить 119,1 мм; геометрична — не менше  $119,1+2 \cdot 6=131,1$  мм. Приймаємо по 140 мм:  $2(140-12)=256$  мм  $\geq 238,1$  мм. Конструктивні обмеження перевіряють окремо.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.

2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | N, кН | kf, мм | Rwf, МПа | кількість швів | схема    |
|------|-------|--------|----------|----------------|----------|
| 1    | 120   | 4      | 160      | 4              | лобова   |
| 2    | 135   | 6      | 170      | 2              | флангова |
| 3    | 150   | 8      | 180      | 2              | лобова   |
| 4    | 165   | 10     | 190      | 4              | флангова |
| 5    | 180   | 4      | 200      | 2              | лобова   |
| 6    | 195   | 6      | 160      | 2              | флангова |
| 7    | 210   | 8      | 170      | 4              | лобова   |
| 8    | 225   | 10     | 180      | 2              | флангова |
| 9    | 240   | 4      | 190      | 2              | лобова   |
| 10   | 255   | 6      | 200      | 4              | флангова |
| 11   | 120   | 8      | 160      | 2              | лобова   |
| 12   | 135   | 10     | 170      | 2              | флангова |
| 13   | 150   | 4      | 180      | 4              | лобова   |
| 14   | 165   | 6      | 190      | 2              | флангова |
| 15   | 180   | 8      | 200      | 2              | лобова   |
| 16   | 195   | 10     | 160      | 4              | флангова |
| 17   | 210   | 4      | 170      | 2              | лобова   |
| 18   | 225   | 6      | 180      | 2              | флангова |
| 19   | 240   | 8      | 190      | 4              | лобова   |
| 20   | 255   | 10     | 200      | 2              | флангова |
| 21   | 120   | 4      | 160      | 2              | лобова   |
| 22   | 135   | 6      | 170      | 4              | флангова |
| 23   | 150   | 8      | 180      | 2              | лобова   |
| 24   | 165   | 10     | 190      | 2              | флангова |
| 25   | 180   | 4      | 200      | 4              | лобова   |
| 26   | 195   | 6      | 160      | 2              | флангова |
| 27   | 210   | 8      | 170      | 2              | лобова   |
| 28   | 225   | 10     | 180      | 4              | флангова |
| 29   | 240   | 4      | 190      | 2              | лобова   |
| 30   | 255   | 6      | 200      | 2              | флангова |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Що називають катетом кутового шва?
2. Які перерізи шва можуть бути розрахунковими?
3. Чому геометрична довжина більша за розрахункову?
4. Як розподіляється зусилля між симетричними швами?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8

### Розрахунок болтового з'єднання сталевих конструкцій

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 3.

#### Мета роботи

Визначати кількість болтів і перевіряти болтове з'єднання на зріз та зминання.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Несуча здатність одного болта визначається мінімумом за зрізом болта та зминанням з'єднуваних елементів.
- Кількість болтів округлюють у більший бік; після цього перевіряють ослаблений переріз основного елемента.
- Схема розміщення повинна відповідати конструктивним відстаням.

#### Розрахункові залежності

$$Q_b = \min(Q_{bs}, Q_{bp}) \quad (8.1)$$

де:  $Q_{bs}$  — несуча здатність болта на зріз;  $Q_{bp}$  — несуча здатність на зминання, кН.

$$n = N / (Q_b \cdot \gamma_c) \quad (8.2)$$

де:  $n$  — потрібна кількість болтів;  $N$  — розрахункове зусилля, кН.

$$\sigma_{net} = N / A_n \leq R_{y\gamma_c} \quad (8.3)$$

де:  $A_n$  — площа нетто з урахуванням отворів.

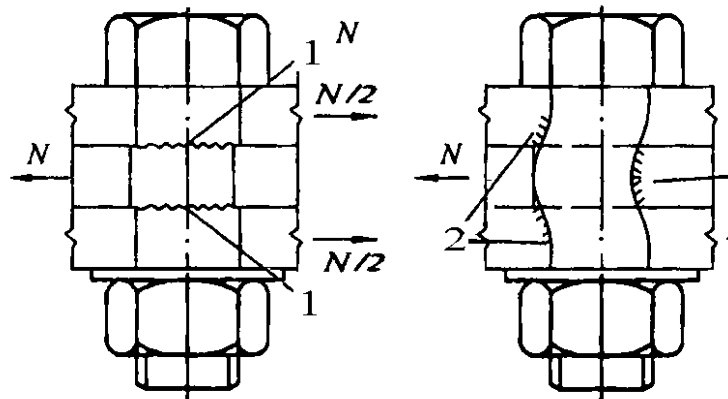


Рисунок 8.1 — Робота болтового з'єднання при дії зсувних зусиль

#### Приклад виконання

1.  $N=240$  кН;  $Q_{bs}=52$  кН;  $Q_{bp}=46$  кН. Отже,  $Q_b=46$  кН.
2.  $n=240/46=5,22$ ; приймаємо 6 болтів.
3. Після компоновання  $2 \times 3$  перевіряємо площу нетто та відстані між отворами.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.

4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | N, кН | d, мм | Q <sub>bs</sub> , кН | Q <sub>bp</sub> , кН | схема      |
|------|-------|-------|----------------------|----------------------|------------|
| 1    | 150   | 16    | 38                   | 34                   | двозрізна  |
| 2    | 170   | 18    | 42                   | 37                   | однозрізна |
| 3    | 190   | 20    | 46                   | 40                   | двозрізна  |
| 4    | 210   | 22    | 50                   | 43                   | однозрізна |
| 5    | 230   | 24    | 54                   | 46                   | двозрізна  |
| 6    | 250   | 16    | 58                   | 49                   | однозрізна |
| 7    | 270   | 18    | 38                   | 52                   | двозрізна  |
| 8    | 290   | 20    | 42                   | 34                   | однозрізна |
| 9    | 310   | 22    | 46                   | 37                   | двозрізна  |
| 10   | 330   | 24    | 50                   | 40                   | однозрізна |
| 11   | 150   | 16    | 54                   | 43                   | двозрізна  |
| 12   | 170   | 18    | 58                   | 46                   | однозрізна |
| 13   | 190   | 20    | 38                   | 49                   | двозрізна  |
| 14   | 210   | 22    | 42                   | 52                   | однозрізна |
| 15   | 230   | 24    | 46                   | 34                   | двозрізна  |
| 16   | 250   | 16    | 50                   | 37                   | однозрізна |
| 17   | 270   | 18    | 54                   | 40                   | двозрізна  |
| 18   | 290   | 20    | 58                   | 43                   | однозрізна |
| 19   | 310   | 22    | 38                   | 46                   | двозрізна  |
| 20   | 330   | 24    | 42                   | 49                   | однозрізна |
| 21   | 150   | 16    | 46                   | 52                   | двозрізна  |
| 22   | 170   | 18    | 50                   | 34                   | однозрізна |
| 23   | 190   | 20    | 54                   | 37                   | двозрізна  |
| 24   | 210   | 22    | 58                   | 40                   | однозрізна |
| 25   | 230   | 24    | 38                   | 43                   | двозрізна  |
| 26   | 250   | 16    | 42                   | 46                   | однозрізна |
| 27   | 270   | 18    | 46                   | 49                   | двозрізна  |
| 28   | 290   | 20    | 50                   | 52                   | однозрізна |
| 29   | 310   | 22    | 54                   | 34                   | двозрізна  |
| 30   | 330   | 24    | 58                   | 37                   | однозрізна |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Які перевірки визначають несучу здатність болта?
2. Чому кількість болтів округлюють угору?
3. Як отвори впливають на площу нетто?
4. Що перевіряють після компонування болтів?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9

### Розрахунок і добір перерізу сталеві балки

Тривалість: 4 академічні години. Семестр: 3.

#### Мета роботи

Визначати розрахунковий момент, потрібний момент опору та добирати прокатний переріз сталеві балки.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Балку перевіряють за міцністю, загальною стійкістю та жорсткістю.
- Попередній добір виконують за потрібним моментом опору.
- Після добору профілю уточнюють власну вагу і повторюють перевірки.

#### Розрахункові залежності

$$M_{\max} = ql^2/8 \quad (9.1)$$

де:  $q$  — повне розрахункове навантаження;  $l$  — проліт.

$$W_{\text{req}} = M_{\max}/(R_{y\gamma c}) \quad (9.2)$$

де:  $W_{\text{req}}$  — потрібний момент опору,  $\text{см}^3$ ; одиниці  $M$  і  $R_y$  мають бути узгоджені.

$$f = 5ql^4/(384EI) \leq f_u \quad (9.3)$$

де:  $f$  — прогин;  $E$  — модуль пружності;  $I$  — момент інерції;  $f_u$  — граничний прогин.

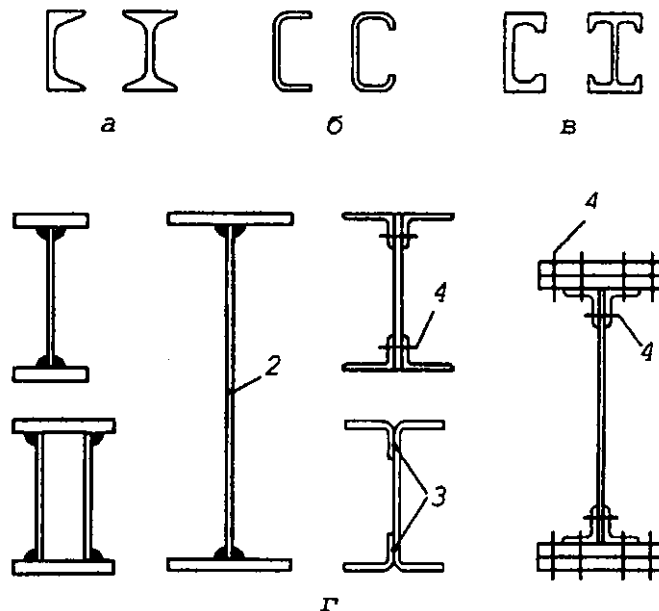


Рисунок 9.1 — Типи поперечних перерізів сталевих балок

#### Приклад виконання

1.  $q=24 \text{ кН/м}$ ,  $l=6 \text{ м}$ :  $M_{\max}=108 \text{ кН}\cdot\text{м}$ .
2. За  $R_y=230 \text{ МПа}$   $W_{\text{req}}=108 \cdot 10^3/230=469,6 \text{ см}^3$ .
3. Із сортаменту приймають профіль з  $W_x \geq 470 \text{ см}^3$  і перевіряють прогин.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.

2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | q, кН/м | l, м | сталь | f <sub>u</sub> | тип балки |
|------|---------|------|-------|----------------|-----------|
| 1    | 16      | 4.50 | C235  | l/200          | складена  |
| 2    | 18      | 4.75 | C245  | l/250          | прокатна  |
| 3    | 20      | 5.00 | C255  | l/200          | прокатна  |
| 4    | 22      | 5.25 | C275  | l/250          | складена  |
| 5    | 24      | 5.50 | C345  | l/200          | прокатна  |
| 6    | 26      | 5.75 | C235  | l/250          | прокатна  |
| 7    | 28      | 6.00 | C245  | l/200          | складена  |
| 8    | 30      | 6.25 | C255  | l/250          | прокатна  |
| 9    | 32      | 4.50 | C275  | l/200          | прокатна  |
| 10   | 34      | 4.75 | C345  | l/250          | складена  |
| 11   | 16      | 5.00 | C235  | l/200          | прокатна  |
| 12   | 18      | 5.25 | C245  | l/250          | прокатна  |
| 13   | 20      | 5.50 | C255  | l/200          | складена  |
| 14   | 22      | 5.75 | C275  | l/250          | прокатна  |
| 15   | 24      | 6.00 | C345  | l/200          | прокатна  |
| 16   | 26      | 6.25 | C235  | l/250          | складена  |
| 17   | 28      | 4.50 | C245  | l/200          | прокатна  |
| 18   | 30      | 4.75 | C255  | l/250          | прокатна  |
| 19   | 32      | 5.00 | C275  | l/200          | складена  |
| 20   | 34      | 5.25 | C345  | l/250          | прокатна  |
| 21   | 16      | 5.50 | C235  | l/200          | прокатна  |
| 22   | 18      | 5.75 | C245  | l/250          | складена  |
| 23   | 20      | 6.00 | C255  | l/200          | прокатна  |
| 24   | 22      | 6.25 | C275  | l/250          | прокатна  |
| 25   | 24      | 4.50 | C345  | l/200          | складена  |
| 26   | 26      | 4.75 | C235  | l/250          | прокатна  |
| 27   | 28      | 5.00 | C245  | l/200          | прокатна  |
| 28   | 30      | 5.25 | C255  | l/250          | складена  |
| 29   | 32      | 5.50 | C275  | l/200          | прокатна  |
| 30   | 34      | 5.75 | C345  | l/250          | прокатна  |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Які перевірки виконують для балки?
2. Як отримують потрібний момент опору?
3. Навіщо враховувати власну вагу профілю?
4. Від чого залежить прогин?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 10

### Розрахунок сталевих колони

Тривалість: 4 академічні години. Семестр: 3.

#### Мета роботи

Добирати переріз суцільної сталевих колони за умовою загальної стійкості.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Розрахункова довжина залежить від геометричної довжини та закріплення кінців.
- Гнучкість визначають відносно обох осей; небезпечною є більша гнучкість.
- Несучу здатність стиснутого елемента зменшує коефіцієнт стійкості  $\varphi$ .

#### Розрахункові залежності

$$l_0 = \mu l \quad (10.1)$$

де:  $\mu$  — коефіцієнт розрахункової довжини;  $l$  — геометрична довжина.

$$\lambda = l_0 / i \quad (10.2)$$

де:  $i$  — радіус інерції перерізу.

$$A_{req} = N / (\varphi R_{y\gamma c}) \quad (10.3)$$

де:  $A_{req}$  — потрібна площа перерізу;  $\varphi$  уточнюють ітераційно після добору профілю.

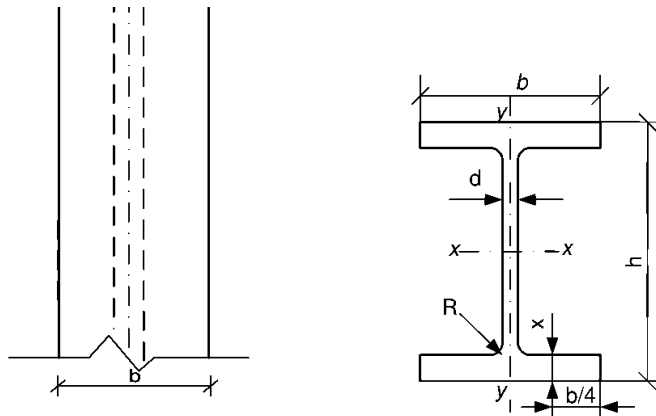


Рисунок 10.1 — Фрагмент і поперечний переріз сталевих колони

#### Приклад виконання

1.  $N=900$  кН,  $R_y=230$  МПа, попередньо  $\varphi=0,75$ .
2.  $A_{req}=900 \cdot 10 / (0,75 \cdot 230)=52,17$  см<sup>2</sup>.
3. Добирають профіль  $A \geq 52,2$  см<sup>2</sup>, визначають  $\lambda_x$ ,  $\lambda_y$ , уточнюють  $\varphi$  та повторно перевіряють  $N/(\varphi A)$ .

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.

5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | N, кН | l, м | сталь | схема закріплення     | $\gamma_c$ |
|------|-------|------|-------|-----------------------|------------|
| 1    | 650   | 2.8  | C235  | шарнір–шарнір         | 0.90       |
| 2    | 720   | 3.1  | C245  | защемлення–шарнір     | 0.95       |
| 3    | 790   | 3.4  | C255  | защемлення–вільний    | 1.00       |
| 4    | 860   | 3.7  | C275  | защемлення–защемлення | 0.90       |
| 5    | 930   | 4.0  | C345  | шарнір–шарнір         | 0.95       |
| 6    | 1000  | 4.3  | C235  | защемлення–шарнір     | 1.00       |
| 7    | 1070  | 4.6  | C245  | защемлення–вільний    | 0.90       |
| 8    | 1140  | 2.8  | C255  | защемлення–защемлення | 0.95       |
| 9    | 1210  | 3.1  | C275  | шарнір–шарнір         | 1.00       |
| 10   | 1280  | 3.4  | C345  | защемлення–шарнір     | 0.90       |
| 11   | 650   | 3.7  | C235  | защемлення–вільний    | 0.95       |
| 12   | 720   | 4.0  | C245  | защемлення–защемлення | 1.00       |
| 13   | 790   | 4.3  | C255  | шарнір–шарнір         | 0.90       |
| 14   | 860   | 4.6  | C275  | защемлення–шарнір     | 0.95       |
| 15   | 930   | 2.8  | C345  | защемлення–вільний    | 1.00       |
| 16   | 1000  | 3.1  | C235  | защемлення–защемлення | 0.90       |
| 17   | 1070  | 3.4  | C245  | шарнір–шарнір         | 0.95       |
| 18   | 1140  | 3.7  | C255  | защемлення–шарнір     | 1.00       |
| 19   | 1210  | 4.0  | C275  | защемлення–вільний    | 0.90       |
| 20   | 1280  | 4.3  | C345  | защемлення–защемлення | 0.95       |
| 21   | 650   | 4.6  | C235  | шарнір–шарнір         | 1.00       |
| 22   | 720   | 2.8  | C245  | защемлення–шарнір     | 0.90       |
| 23   | 790   | 3.1  | C255  | защемлення–вільний    | 0.95       |
| 24   | 860   | 3.4  | C275  | защемлення–защемлення | 1.00       |
| 25   | 930   | 3.7  | C345  | шарнір–шарнір         | 0.90       |
| 26   | 1000  | 4.0  | C235  | защемлення–шарнір     | 0.95       |
| 27   | 1070  | 4.3  | C245  | защемлення–вільний    | 1.00       |
| 28   | 1140  | 4.6  | C255  | защемлення–защемлення | 0.90       |
| 29   | 1210  | 2.8  | C275  | шарнір–шарнір         | 0.95       |
| 30   | 1280  | 3.1  | C345  | защемлення–шарнір     | 1.00       |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Від чого залежить  $\mu$ ?
2. Як визначити небезпечну вісь?
3. Чому добір колони є ітераційним?
4. Що характеризує  $\phi$ ?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 11

### Визначення зусиль і розрахунок елементів сталеві ферми

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 3.

#### Мета роботи

Визначати опорні реакції та осьові зусилля у стержнях простої ферми, а також перевіряти вибраний стержень.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Вузли ідеальної ферми вважають шарнірними, а навантаження прикладеним у вузлах.
- Спочатку визначають реакції, потім — зусилля методом вирізання вузлів або перерізів.
- Розтягнуті стержні перевіряють за міцністю, стиснуті — за стійкістю.

#### Розрахункові залежності

$$\Sigma F_x=0; \Sigma F_y=0; \Sigma M=0 \quad (11.1)$$

де: рівняння рівноваги ферми або відсіченої частини.

$$\sigma = N/A \leq R_{y\gamma c} \quad (11.2)$$

де: перевірка розтягнутого стержня.

$$N/(\varphi A) \leq R_{y\gamma c} \quad (11.3)$$

де: перевірка стиснутого стержня.

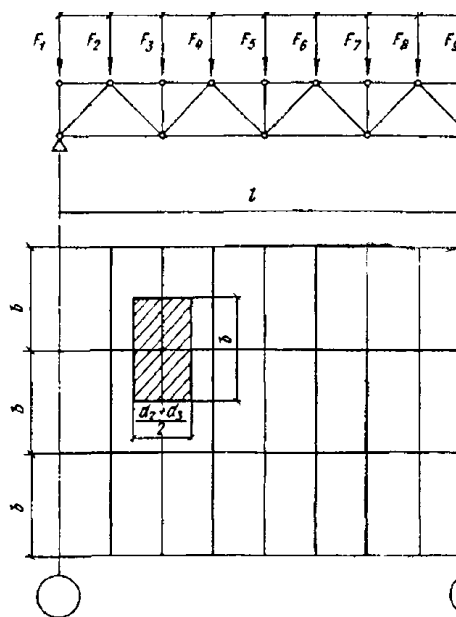


Рисунок 11.1 — Розрахункова схема сталеві ферми (джерело: [П4], рисунок 9.7)

#### Приклад виконання

1. Для симетричної ферми з двома вузловими силами по 40 кН реакції опор  $R_A=R_B=40$  кН.
2. У першому вузлі для розкошу під кутом  $45^\circ$ :  $Nd \cdot \sin 45^\circ = 40$ , звідки  $Nd=56,6$  кН.
3. Знак зусилля визначають за прийнятим припущенням про розтяг; далі стержень перевіряють за відповідною формулою.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.

2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | проліт, м | висота, м | панелей | P, кН | сталь |
|------|-----------|-----------|---------|-------|-------|
| 1    | 12        | 2.4       | 4       | 25    | C235  |
| 2    | 13        | 2.7       | 6       | 30    | C245  |
| 3    | 14        | 3.0       | 8       | 35    | C255  |
| 4    | 15        | 3.3       | 4       | 40    | C275  |
| 5    | 16        | 3.6       | 6       | 45    | C345  |
| 6    | 17        | 2.4       | 8       | 50    | C235  |
| 7    | 12        | 2.7       | 4       | 55    | C245  |
| 8    | 13        | 3.0       | 6       | 60    | C255  |
| 9    | 14        | 3.3       | 8       | 25    | C275  |
| 10   | 15        | 3.6       | 4       | 30    | C345  |
| 11   | 16        | 2.4       | 6       | 35    | C235  |
| 12   | 17        | 2.7       | 8       | 40    | C245  |
| 13   | 12        | 3.0       | 4       | 45    | C255  |
| 14   | 13        | 3.3       | 6       | 50    | C275  |
| 15   | 14        | 3.6       | 8       | 55    | C345  |
| 16   | 15        | 2.4       | 4       | 60    | C235  |
| 17   | 16        | 2.7       | 6       | 25    | C245  |
| 18   | 17        | 3.0       | 8       | 30    | C255  |
| 19   | 12        | 3.3       | 4       | 35    | C275  |
| 20   | 13        | 3.6       | 6       | 40    | C345  |
| 21   | 14        | 2.4       | 8       | 45    | C235  |
| 22   | 15        | 2.7       | 4       | 50    | C245  |
| 23   | 16        | 3.0       | 6       | 55    | C255  |
| 24   | 17        | 3.3       | 8       | 60    | C275  |
| 25   | 12        | 3.6       | 4       | 25    | C345  |
| 26   | 13        | 2.4       | 6       | 30    | C235  |
| 27   | 14        | 2.7       | 8       | 35    | C245  |
| 28   | 15        | 3.0       | 4       | 40    | C255  |
| 29   | 16        | 3.3       | 6       | 45    | C275  |
| 30   | 17        | 3.6       | 8       | 50    | C345  |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Які припущення приймають для ідеальної ферми?
2. Коли зручний метод вузлів?
3. Як визначають знак зусилля?
4. Чим відрізняється перевірка розкосу на стиск?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 12

### Аналіз матеріалів і конструктивних рішень кам'яних та армокам'яних конструкцій

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 3.

#### Мета роботи

Обґрунтовано вибирати матеріал кладки, перев'язку та схему армування для заданих умов.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Кам'яна кладка є комплексним матеріалом із каменів і розчину; її робота залежить від міцності компонентів та якості перев'язки.
- Сітчасте армування підвищує опір поперечним деформаціям, а поздовжнє — несучу здатність і тріщиностійкість окремих елементів.
- У цій роботі виконується конструктивний аналіз без непідтверджених числових коефіцієнтів.

#### Розрахункові залежності

$$\eta = N/(A \cdot R) \quad (12.1)$$

де:  $\eta$  — умовний рівень використання перерізу;  $N$  — поздовжня сила;  $A$  — площа кладки;  $R$  — прийнятий розрахунковий опір за виданою таблицею.

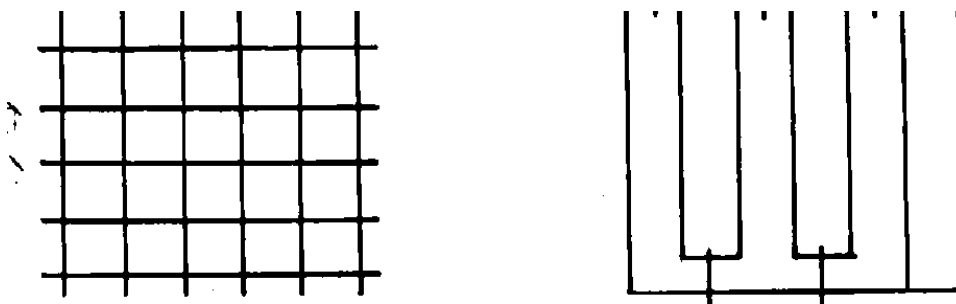


Рисунок 12.1 — Сітки для поперечного армування кладки

#### Приклад виконання

1. Для внутрішньої стіни опалюваної будівлі вибрано повнотілу цеглу та цементно-вапняний розчин.
2. Для простінка з підвищеним стиском передбачено сітчасте армування у горизонтальних швах.
3. У висновку фіксують матеріал, товщину, перев'язку, місце армування і чинники довговічності.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

## Індивідуальні завдання

| Вар. | елемент            | матеріал         | розчин | поверхів | армування     |
|------|--------------------|------------------|--------|----------|---------------|
| 1    | стіна              | цегла керамічна  | M25    | 1        | сітчасте      |
| 2    | простінок          | цегла силікатна  | M50    | 2        | без армування |
| 3    | стовп              | блоки бетонні    | M75    | 3        | без армування |
| 4    | ділянка під опорою | камінь природний | M100   | 4        | сітчасте      |
| 5    | стіна              | цегла керамічна  | M25    | 5        | без армування |
| 6    | простінок          | цегла силікатна  | M50    | 1        | без армування |
| 7    | стовп              | блоки бетонні    | M75    | 2        | сітчасте      |
| 8    | ділянка під опорою | камінь природний | M100   | 3        | без армування |
| 9    | стіна              | цегла керамічна  | M25    | 4        | без армування |
| 10   | простінок          | цегла силікатна  | M50    | 5        | сітчасте      |
| 11   | стовп              | блоки бетонні    | M75    | 1        | без армування |
| 12   | ділянка під опорою | камінь природний | M100   | 2        | без армування |
| 13   | стіна              | цегла керамічна  | M25    | 3        | сітчасте      |
| 14   | простінок          | цегла силікатна  | M50    | 4        | без армування |
| 15   | стовп              | блоки бетонні    | M75    | 5        | без армування |
| 16   | ділянка під опорою | камінь природний | M100   | 1        | сітчасте      |
| 17   | стіна              | цегла керамічна  | M25    | 2        | без армування |
| 18   | простінок          | цегла силікатна  | M50    | 3        | без армування |
| 19   | стовп              | блоки бетонні    | M75    | 4        | сітчасте      |
| 20   | ділянка під опорою | камінь природний | M100   | 5        | без армування |
| 21   | стіна              | цегла керамічна  | M25    | 1        | без армування |
| 22   | простінок          | цегла силікатна  | M50    | 2        | сітчасте      |
| 23   | стовп              | блоки бетонні    | M75    | 3        | без армування |
| 24   | ділянка під опорою | камінь природний | M100   | 4        | без армування |
| 25   | стіна              | цегла керамічна  | M25    | 5        | сітчасте      |
| 26   | простінок          | цегла силікатна  | M50    | 1        | без армування |
| 27   | стовп              | блоки бетонні    | M75    | 2        | без армування |
| 28   | ділянка під опорою | камінь природний | M100   | 3        | сітчасте      |
| 29   | стіна              | цегла керамічна  | M25    | 4        | без армування |
| 30   | простінок          | цегла силікатна  | M50    | 5        | без армування |

## Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

## Контрольні запитання

1. Від чого залежить міцність кладки?
2. Яка роль перев'язки?
3. Коли застосовують сітчасте армування?
4. Які рішення підвищують довговічність кладки?

## Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

## Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 13

### Розрахунок прямокутного залізобетонного перерізу з одиничним армуванням

Тривалість: 4 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Визначати потрібну площу розтягнутої арматури прямокутного перерізу з одиничним армуванням.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Внутрішній момент сприймається парою сил у стиснутому бетоні та розтягнутій арматурі.
- Положення нейтральної осі має відповідати області застосування одиничного армування.
- Після розрахунку добирають фактичні стержні і перевіряють мінімальне та максимальне армування.

#### Розрахункові залежності

$$\alpha m = M / (f_{cd} \cdot b \cdot d^2) \quad (13.1)$$

де:  $\alpha m$  — безрозмірний момент;  $M$  — момент;  $b$  — ширина;  $d$  — робоча висота.

$$x = \xi d \quad (13.2)$$

де:  $x$  — висота стиснутої зони;  $\xi$  — відносна висота.

$$A_s = M / (f_{yd} \cdot z) \quad (13.3)$$

де:  $A_s$  — площа розтягнутої арматури;  $f_{yd}$  — розрахунковий опір арматури;  $z$  — плече внутрішньої пари сил.

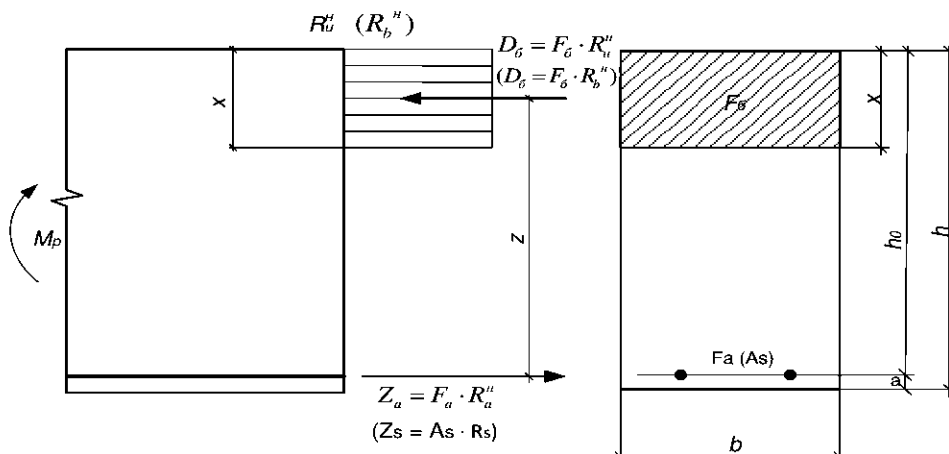


Рисунок 13.1 — Напружений стан прямокутного залізобетонного перерізу

#### Приклад виконання

1.  $M=90 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ,  $b=250 \text{ мм}$ ,  $d=450 \text{ мм}$ ,  $f_{cd}=14,5 \text{ МПа}$ ,  $f_{yd}=365 \text{ МПа}$ .
2. Для навчального прикладу прийнято  $\xi \approx 0,9$ ,  $d=405 \text{ мм}$ .
3.  $A_s=90 \cdot 10^6 / (365 \cdot 405)=609 \text{ мм}^2$ . Приймаємо  $3\varnothing 16$ :  $A_{s,prov}=603 \text{ мм}^2$ ; остаточно перевіряють точним алгоритмом джерела.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.

3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | M, кН·м | b, мм | h, мм | a, мм | бетон  | арматура |
|------|---------|-------|-------|-------|--------|----------|
| 1    | 70      | 200   | 400   | 35    | C12/15 | A400C    |
| 2    | 80      | 225   | 425   | 40    | C16/20 | A500C    |
| 3    | 90      | 250   | 450   | 45    | C20/25 | A400C    |
| 4    | 100     | 275   | 475   | 50    | C25/30 | A500C    |
| 5    | 110     | 300   | 500   | 35    | C30/35 | A400C    |
| 6    | 120     | 200   | 525   | 40    | C12/15 | A500C    |
| 7    | 130     | 225   | 550   | 45    | C16/20 | A400C    |
| 8    | 140     | 250   | 400   | 50    | C20/25 | A500C    |
| 9    | 150     | 275   | 425   | 35    | C25/30 | A400C    |
| 10   | 160     | 300   | 450   | 40    | C30/35 | A500C    |
| 11   | 70      | 200   | 475   | 45    | C12/15 | A400C    |
| 12   | 80      | 225   | 500   | 50    | C16/20 | A500C    |
| 13   | 90      | 250   | 525   | 35    | C20/25 | A400C    |
| 14   | 100     | 275   | 550   | 40    | C25/30 | A500C    |
| 15   | 110     | 300   | 400   | 45    | C30/35 | A400C    |
| 16   | 120     | 200   | 425   | 50    | C12/15 | A500C    |
| 17   | 130     | 225   | 450   | 35    | C16/20 | A400C    |
| 18   | 140     | 250   | 475   | 40    | C20/25 | A500C    |
| 19   | 150     | 275   | 500   | 45    | C25/30 | A400C    |
| 20   | 160     | 300   | 525   | 50    | C30/35 | A500C    |
| 21   | 70      | 200   | 550   | 35    | C12/15 | A400C    |
| 22   | 80      | 225   | 400   | 40    | C16/20 | A500C    |
| 23   | 90      | 250   | 425   | 45    | C20/25 | A400C    |
| 24   | 100     | 275   | 450   | 50    | C25/30 | A500C    |
| 25   | 110     | 300   | 475   | 35    | C30/35 | A400C    |
| 26   | 120     | 200   | 500   | 40    | C12/15 | A500C    |
| 27   | 130     | 225   | 525   | 45    | C16/20 | A400C    |
| 28   | 140     | 250   | 550   | 50    | C20/25 | A500C    |
| 29   | 150     | 275   | 400   | 35    | C25/30 | A400C    |
| 30   | 160     | 300   | 425   | 40    | C30/35 | A500C    |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Що таке робоча висота  $d$ ?
2. Які сили утворюють внутрішню пару?
3. Коли одиничного армування недостатньо?
4. Як добирають фактичні стержні?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 14

### Розрахунок прямокутного залізобетонного перерізу з подвійним армуванням

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Визначати площі розтягнутої та стиснутої арматури прямокутного перерізу з подвійним армуванням.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Подвійне армування застосовують, коли розміри перерізу обмежені або момент перевищує можливість одинично армованого перерізу.
- Граничну частину моменту сприймають бетон і розтягнута арматура, надлишок — парюю стиснутої та додаткової розтягнутої арматури.
- Положення стиснутої арматури визначає плече другої внутрішньої пари.

#### Розрахункові залежності

$$M_2 = M - M_{\lim} \quad (14.1)$$

де:  $M_2$  — частина моменту, яку сприймає подвійне армування.

$$A_{s'} = M_2 / [f_{yd}(d - a')] \quad (14.2)$$

де:  $A_{s'}$  — площа стиснутої арматури;  $a'$  — відстань до її центра.

$$A_s = A_{s,\lim} + A_{s'} \quad (14.3)$$

де:  $A_s$  — сумарна площа розтягнутої арматури у спрощеному навчальному алгоритмі;  $A_{s,\lim}$  — задана в таблиці площа для сприйняття  $M_{\lim}$ , яку у повному розрахунку визначають за роботою № 13.

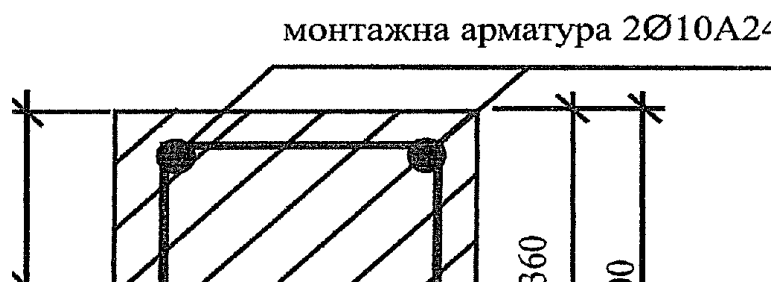


Рисунок 14.1 — Поперечний переріз залізобетонної балки з робочою арматурою

#### Приклад виконання

1.  $M=180 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ,  $M_{\lim}=140 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ,  $d=500 \text{ мм}$ ,  $a'=40 \text{ мм}$ ,  $f_{yd}=365 \text{ МПа}$ ,  $A_{s,\lim}=903 \text{ мм}^2$  (навчальні вихідні дані).
2.  $M_2=40 \text{ кН}\cdot\text{м}$ ;  $A_{s'}=40 \cdot 10^6 / [365 \cdot 460]=238 \text{ мм}^2$ .
3.  $A_s=903+238=1141 \text{ мм}^2$ ; добирають стержні з фактичною площею не менше  $1141 \text{ мм}^2$ .

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.

4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | M, кН·м | M <sub>lim</sub> , кН·м | d, мм | a', мм | f <sub>yd</sub> , МПа | A <sub>s,lim</sub> , мм <sup>2</sup> |
|------|---------|-------------------------|-------|--------|-----------------------|--------------------------------------|
| 1    | 140     | 115                     | 420   | 35     | 365                   | 883                                  |
| 2    | 150     | 120                     | 440   | 40     | 435                   | 738                                  |
| 3    | 160     | 125                     | 460   | 45     | 365                   | 876                                  |
| 4    | 170     | 130                     | 480   | 50     | 435                   | 732                                  |
| 5    | 180     | 155                     | 500   | 35     | 365                   | 999                                  |
| 6    | 190     | 160                     | 520   | 40     | 435                   | 832                                  |
| 7    | 200     | 165                     | 540   | 45     | 365                   | 985                                  |
| 8    | 210     | 170                     | 420   | 50     | 435                   | 1095                                 |
| 9    | 220     | 195                     | 440   | 35     | 365                   | 1428                                 |
| 10   | 230     | 200                     | 460   | 40     | 435                   | 1176                                 |
| 11   | 140     | 105                     | 480   | 45     | 365                   | 705                                  |
| 12   | 150     | 110                     | 500   | 50     | 435                   | 595                                  |
| 13   | 160     | 135                     | 520   | 35     | 365                   | 837                                  |
| 14   | 170     | 140                     | 540   | 40     | 435                   | 701                                  |
| 15   | 180     | 145                     | 420   | 45     | 365                   | 1113                                 |
| 16   | 190     | 150                     | 440   | 50     | 435                   | 922                                  |
| 17   | 200     | 175                     | 460   | 35     | 365                   | 1226                                 |
| 18   | 210     | 180                     | 480   | 40     | 435                   | 1014                                 |
| 19   | 220     | 185                     | 500   | 45     | 365                   | 1193                                 |
| 20   | 230     | 190                     | 520   | 50     | 435                   | 988                                  |
| 21   | 140     | 115                     | 540   | 35     | 365                   | 686                                  |
| 22   | 150     | 120                     | 420   | 40     | 435                   | 773                                  |
| 23   | 160     | 125                     | 440   | 45     | 365                   | 916                                  |
| 24   | 170     | 130                     | 460   | 50     | 435                   | 764                                  |
| 25   | 180     | 155                     | 480   | 35     | 365                   | 1041                                 |
| 26   | 190     | 160                     | 500   | 40     | 435                   | 865                                  |
| 27   | 200     | 165                     | 520   | 45     | 365                   | 1023                                 |
| 28   | 210     | 170                     | 540   | 50     | 435                   | 851                                  |
| 29   | 220     | 195                     | 420   | 35     | 365                   | 1496                                 |
| 30   | 230     | 200                     | 440   | 40     | 435                   | 1229                                 |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Коли застосовують подвійне армування?
2. Як визначають надлишковий момент?
3. Від чого залежить A<sub>s</sub>'?
4. Де розміщують стиснуту арматуру?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 15

### Розрахунок залізобетонного елемента таврового перерізу

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Встановлювати положення нейтральної осі та визначати арматуру таврового залізобетонного перерізу.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Спочатку перевіряють, чи вміщується стиснута зона в полиці.
- Якщо нейтральна вісь у полиці, переріз розраховують як прямокутний шириною  $b_f$ .
- Якщо вісь проходить у ребрі, момент поділяють на частину полиці та ребра.

#### Розрахункові залежності

$$M_f = f_{cd} \cdot b_f \cdot h_f \cdot (d - 0,5h_f) \quad (15.1)$$

де:  $M_f$  — момент, який може сприйняти стиснута полиця;  $b_f$  — розрахункова ширина полиці;  $h_f$  — її товщина.

$$A_s = M / (f_{yd} \cdot z) \quad (15.2)$$

де: формула для випадку нейтральної осі у полиці після уточнення  $z$ .

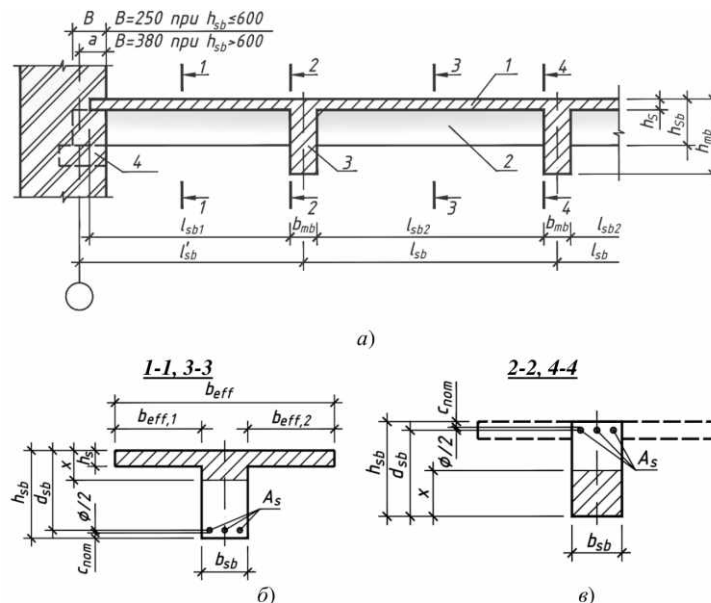


Рисунок 15.1 — Розрахункові перерізи таврової другорядної балки (джерело: [П2], рисунок 2.12)

#### Приклад виконання

1.  $b_f=1000$  мм,  $h_f=80$  мм,  $d=450$  мм,  $f_{cd}=14,5$  МПа.
2.  $M_f=14,5 \cdot 1000 \cdot 80 \cdot (450-40)=475,6$  кН·м.
3. За  $M=160$  кН·м <  $M_f$  нейтральна вісь у полиці; далі переріз розраховують як прямокутний шириною 1000 мм.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.

2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

## Індивідуальні завдання

| Вар. | M, кН·м | b <sub>f</sub> , мм | h <sub>f</sub> , мм | b, мм | h, мм | бетон  |
|------|---------|---------------------|---------------------|-------|-------|--------|
| 1    | 120     | 800                 | 70                  | 200   | 420   | C12/15 |
| 2    | 135     | 900                 | 80                  | 225   | 445   | C16/20 |
| 3    | 150     | 1000                | 90                  | 250   | 470   | C20/25 |
| 4    | 165     | 1100                | 100                 | 275   | 495   | C25/30 |
| 5    | 180     | 1200                | 110                 | 200   | 520   | C30/35 |
| 6    | 195     | 800                 | 70                  | 225   | 545   | C12/15 |
| 7    | 210     | 900                 | 80                  | 250   | 420   | C16/20 |
| 8    | 225     | 1000                | 90                  | 275   | 445   | C20/25 |
| 9    | 240     | 1100                | 100                 | 200   | 470   | C25/30 |
| 10   | 255     | 1200                | 110                 | 225   | 495   | C30/35 |
| 11   | 120     | 800                 | 70                  | 250   | 520   | C12/15 |
| 12   | 135     | 900                 | 80                  | 275   | 545   | C16/20 |
| 13   | 150     | 1000                | 90                  | 200   | 420   | C20/25 |
| 14   | 165     | 1100                | 100                 | 225   | 445   | C25/30 |
| 15   | 180     | 1200                | 110                 | 250   | 470   | C30/35 |
| 16   | 195     | 800                 | 70                  | 275   | 495   | C12/15 |
| 17   | 210     | 900                 | 80                  | 200   | 520   | C16/20 |
| 18   | 225     | 1000                | 90                  | 225   | 545   | C20/25 |
| 19   | 240     | 1100                | 100                 | 250   | 420   | C25/30 |
| 20   | 255     | 1200                | 110                 | 275   | 445   | C30/35 |
| 21   | 120     | 800                 | 70                  | 200   | 470   | C12/15 |
| 22   | 135     | 900                 | 80                  | 225   | 495   | C16/20 |
| 23   | 150     | 1000                | 90                  | 250   | 520   | C20/25 |
| 24   | 165     | 1100                | 100                 | 275   | 545   | C25/30 |
| 25   | 180     | 1200                | 110                 | 200   | 420   | C30/35 |
| 26   | 195     | 800                 | 70                  | 225   | 445   | C12/15 |
| 27   | 210     | 900                 | 80                  | 250   | 470   | C16/20 |
| 28   | 225     | 1000                | 90                  | 275   | 495   | C20/25 |
| 29   | 240     | 1100                | 100                 | 200   | 520   | C25/30 |
| 30   | 255     | 1200                | 110                 | 225   | 545   | C30/35 |

## Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

## Контрольні запитання

1. Що називають ефективною шириною полиці?
2. Як перевірити положення нейтральної осі?
3. Коли тавр розраховують як прямокутник?
4. Як змінюється алгоритм, якщо вісь у ребрі?

## Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

## Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 16

### Перевірка міцності залізобетонної балки за похилим перерізом

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Перевіряти несучу здатність залізобетонної балки за поперечною силою та добирати хомути.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Похилі тріщини виникають у приопорній зоні під дією головних розтягувальних напружень.
- Поперечну силу сприймають бетон і поперечна арматура; також перевіряють стиснуту смугу між тріщинами.
- Крок хомутів обмежують розрахунковими й конструктивними вимогами.

#### Розрахункові залежності

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c} + V_{Rd,s} \quad (16.1)$$

де:  $V_{Ed}$  — розрахункова поперечна сила;  $V_{Rd,c}$  — складова бетону;  $V_{Rd,s}$  — складова хомутів.

$$V_{Rd,s} = (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta \quad (16.2)$$

де:  $A_{sw}$  — площа гілок хомути;  $s$  — крок;  $z$  — внутрішнє плече;  $\theta$  — кут похилої тріщини.

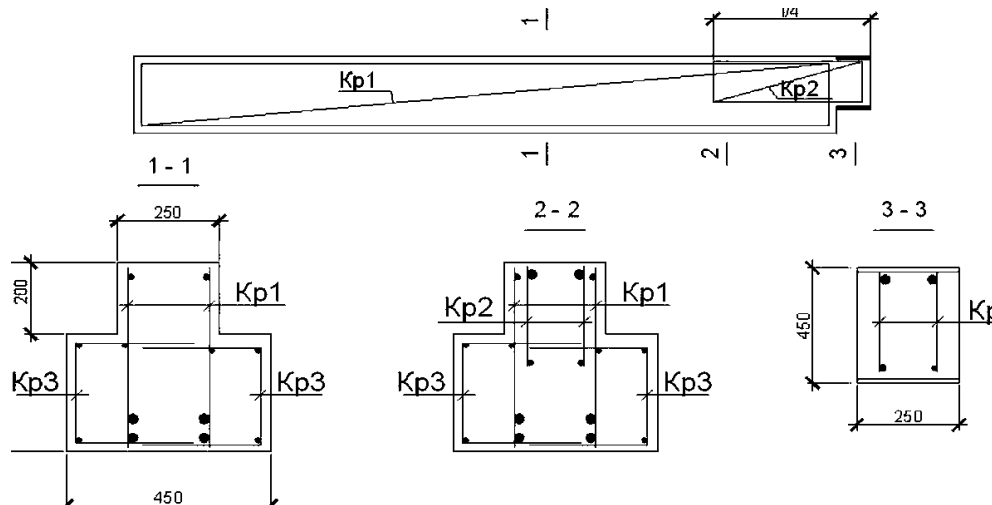


Рисунок 16.1 — Схема армування залізобетонного ригеля

#### Приклад виконання

1.  $V_{Ed}=120$  кН,  $V_{Rd,c}=45$  кН; хомут  $2\varnothing 8$  має  $A_{sw}=100,5$  мм<sup>2</sup>,  $f_{yd}=280$  МПа,  $z=405$  мм,  $\cot \theta=1$ .
2. Потрібно  $V_{Rd,s} \geq 75$  кН.  $s \leq 100,5 \cdot 280 \cdot 405 / 75000 = 152$  мм.
3. Приймаємо  $s=150$  мм і перевіряємо інші конструктивні межі.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.

4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | VEd, кН | b, мм | h, мм | Asw, мм <sup>2</sup> | f <sub>yd</sub> , МПа | z, мм |
|------|---------|-------|-------|----------------------|-----------------------|-------|
| 1    | 80      | 200   | 400   | 100.5                | 280                   | 350   |
| 2    | 90      | 225   | 425   | 125.6                | 300                   | 375   |
| 3    | 100     | 250   | 450   | 150.7                | 320                   | 400   |
| 4    | 110     | 275   | 475   | 175.8                | 340                   | 425   |
| 5    | 120     | 300   | 500   | 100.5                | 280                   | 450   |
| 6    | 130     | 200   | 525   | 125.6                | 300                   | 475   |
| 7    | 140     | 225   | 550   | 150.7                | 320                   | 350   |
| 8    | 150     | 250   | 400   | 175.8                | 340                   | 375   |
| 9    | 160     | 275   | 425   | 100.5                | 280                   | 400   |
| 10   | 170     | 300   | 450   | 125.6                | 300                   | 425   |
| 11   | 80      | 200   | 475   | 150.7                | 320                   | 450   |
| 12   | 90      | 225   | 500   | 175.8                | 340                   | 475   |
| 13   | 100     | 250   | 525   | 100.5                | 280                   | 350   |
| 14   | 110     | 275   | 550   | 125.6                | 300                   | 375   |
| 15   | 120     | 300   | 400   | 150.7                | 320                   | 400   |
| 16   | 130     | 200   | 425   | 175.8                | 340                   | 425   |
| 17   | 140     | 225   | 450   | 100.5                | 280                   | 450   |
| 18   | 150     | 250   | 475   | 125.6                | 300                   | 475   |
| 19   | 160     | 275   | 500   | 150.7                | 320                   | 350   |
| 20   | 170     | 300   | 525   | 175.8                | 340                   | 375   |
| 21   | 80      | 200   | 550   | 100.5                | 280                   | 400   |
| 22   | 90      | 225   | 400   | 125.6                | 300                   | 425   |
| 23   | 100     | 250   | 425   | 150.7                | 320                   | 450   |
| 24   | 110     | 275   | 450   | 175.8                | 340                   | 475   |
| 25   | 120     | 300   | 475   | 100.5                | 280                   | 350   |
| 26   | 130     | 200   | 500   | 125.6                | 300                   | 375   |
| 27   | 140     | 225   | 525   | 150.7                | 320                   | 400   |
| 28   | 150     | 250   | 550   | 175.8                | 340                   | 425   |
| 29   | 160     | 275   | 400   | 100.5                | 280                   | 450   |
| 30   | 170     | 300   | 425   | 125.6                | 300                   | 475   |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Чому тріщини біля опори похилі?
2. Яку роль відіграє бетон?
3. Як крок хомутів впливає на V<sub>Rd,s</sub>?
4. Які додаткові перевірки потрібні?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 17

### Розрахунок позацентрово стиснутої залізобетонної колони

Тривалість: 4 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Враховувати ексцентриситет, гнучкість і добирати поздовжню арматуру залізобетонної колони.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Ексцентриситет створює згинальний момент  $M=N \cdot e$ .
- Для гнучкої колони враховують додатковий момент від поздовжнього вигину.
- Несучу здатність забезпечують бетон стиснутої зони та поздовжня арматура; хомути фіксують стержні й обмежують їх випинання.

#### Розрахункові залежності

$$M_{Ed} = N_{Ed} \cdot e_0 \quad (17.1)$$

де:  $M_{Ed}$  — момент;  $N_{Ed}$  — поздовжня сила;  $e_0$  — початковий ексцентриситет.

$$\lambda = l_0 / i \quad (17.2)$$

де:  $\lambda$  — гнучкість;  $l_0$  — розрахункова довжина;  $i$  — радіус інерції.

$$e = M_{Ed} / N_{Ed} \quad (17.3)$$

де:  $e$  — розрахунковий ексцентриситет після врахування всіх моментів.

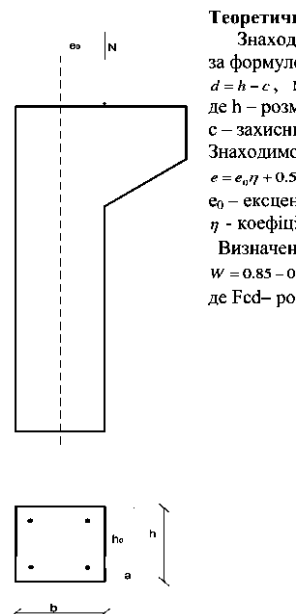


Рисунок 17.1 — Схема позацентрово стиснутої залізобетонної колони

#### Приклад виконання

1.  $N_{Ed}=900$  кН,  $e_0=0,12$  м:  $M_{Ed}=108$  кН·м.
2. Для  $b=h=400$  мм  $i=h/\sqrt{12}=115,5$  мм; за  $l_0=3,6$  м  $\lambda=31,2$ .
3. За отриманими  $N$ ,  $M$  і  $\lambda$  арматуру добирають за алгоритмом/таблицями джерела, після чого перевіряють мінімальний відсоток і крок хомутів.

## Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

## Індивідуальні завдання

| Вар. | NEd, кН | e <sub>0</sub> , мм | b×h, мм | l <sub>0</sub> , м | бетон  |
|------|---------|---------------------|---------|--------------------|--------|
| 1    | 650     | 60                  | 300×400 | 3.0                | C12/15 |
| 2    | 720     | 75                  | 350×450 | 3.3                | C16/20 |
| 3    | 790     | 90                  | 400×500 | 3.6                | C20/25 |
| 4    | 860     | 105                 | 450×350 | 3.9                | C25/30 |
| 5    | 930     | 120                 | 300×400 | 4.2                | C30/35 |
| 6    | 1000    | 135                 | 350×450 | 4.5                | C12/15 |
| 7    | 1070    | 60                  | 400×500 | 3.0                | C16/20 |
| 8    | 1140    | 75                  | 450×350 | 3.3                | C20/25 |
| 9    | 1210    | 90                  | 300×400 | 3.6                | C25/30 |
| 10   | 1280    | 105                 | 350×450 | 3.9                | C30/35 |
| 11   | 650     | 120                 | 400×500 | 4.2                | C12/15 |
| 12   | 720     | 135                 | 450×350 | 4.5                | C16/20 |
| 13   | 790     | 60                  | 300×400 | 3.0                | C20/25 |
| 14   | 860     | 75                  | 350×450 | 3.3                | C25/30 |
| 15   | 930     | 90                  | 400×500 | 3.6                | C30/35 |
| 16   | 1000    | 105                 | 450×350 | 3.9                | C12/15 |
| 17   | 1070    | 120                 | 300×400 | 4.2                | C16/20 |
| 18   | 1140    | 135                 | 350×450 | 4.5                | C20/25 |
| 19   | 1210    | 60                  | 400×500 | 3.0                | C25/30 |
| 20   | 1280    | 75                  | 450×350 | 3.3                | C30/35 |
| 21   | 650     | 90                  | 300×400 | 3.6                | C12/15 |
| 22   | 720     | 105                 | 350×450 | 3.9                | C16/20 |
| 23   | 790     | 120                 | 400×500 | 4.2                | C20/25 |
| 24   | 860     | 135                 | 450×350 | 4.5                | C25/30 |
| 25   | 930     | 60                  | 300×400 | 3.0                | C30/35 |
| 26   | 1000    | 75                  | 350×450 | 3.3                | C12/15 |
| 27   | 1070    | 90                  | 400×500 | 3.6                | C16/20 |
| 28   | 1140    | 105                 | 450×350 | 3.9                | C20/25 |
| 29   | 1210    | 120                 | 300×400 | 4.2                | C25/30 |
| 30   | 1280    | 135                 | 350×450 | 4.5                | C30/35 |

## Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

## Контрольні запитання

1. Що таке ексцентриситет?
2. Як гнучкість впливає на момент?
3. Яка роль поздовжньої арматури?
4. Для чого потрібні хомути?

## Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 18

### Перевірка тріщиностійкості залізобетонного елемента

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Виконувати навчальну перевірку утворення та ширини розкриття тріщин у залізобетонному елементі.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Тріщиностійкість належить до другої групи граничних станів.
- Спочатку порівнюють діючий момент із моментом утворення тріщин; якщо тріщини можливі — оцінюють їх ширину.
- Результат порівнюють із допустимим значенням для заданих умов експлуатації.

#### Розрахункові залежності

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W \quad (18.1)$$

де:  $M_{cr}$  — момент утворення тріщин;  $f_{ctm}$  — середня міцність бетону на розтяг;  $W$  — момент опору приведенного перерізу.

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (18.2)$$

де:  $w_k$  — розрахункова ширина тріщини;  $s_{r,max}$  — максимальний крок тріщин;  $\varepsilon_{sm}$ ,  $\varepsilon_{cm}$  — середні деформації арматури та бетону.

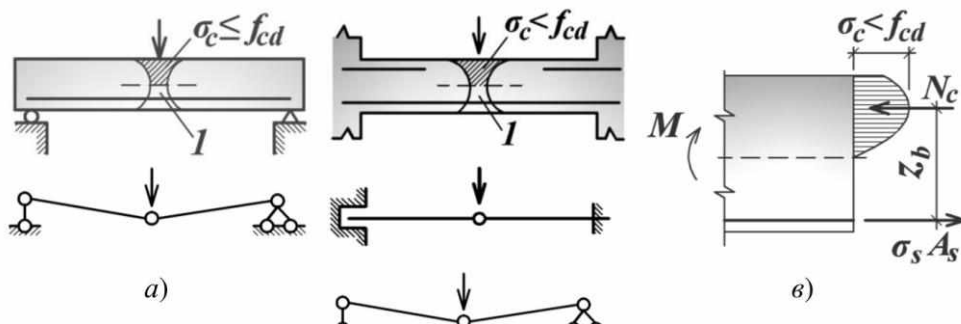


Рисунок 18.1 — Утворення тріщин і пластичних шарнірів у залізобетонній балці

#### Приклад виконання

1.  $f_{ctm}=2,2$  МПа,  $W=0,045$  м<sup>3</sup>:  $M_{cr}=2,2 \cdot 10^3 \cdot 0,045=99$  кН·м.
2. За  $M_{Ed}=120$  кН·м тріщини можливі, тому виконують другу стадію.
3. Якщо  $s_{r,max}=160$  мм і різниця деформацій 0,0012,  $w_k=0,192$  мм; за допустимих 0,30 мм умова виконується.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.

5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

## Індивідуальні завдання

| Вар. | MEd, кН·м | fctm, МПа | W, м³ | sr,max, мм | Δε     | wlim, мм |
|------|-----------|-----------|-------|------------|--------|----------|
| 1    | 80        | 1.8       | 0.035 | 120        | 0.0008 | 0.20     |
| 2    | 90        | 2.0       | 0.040 | 130        | 0.0009 | 0.25     |
| 3    | 100       | 2.2       | 0.045 | 140        | 0.0010 | 0.30     |
| 4    | 110       | 2.4       | 0.050 | 150        | 0.0011 | 0.20     |
| 5    | 120       | 2.6       | 0.055 | 160        | 0.0012 | 0.25     |
| 6    | 130       | 2.8       | 0.060 | 170        | 0.0013 | 0.30     |
| 7    | 140       | 1.8       | 0.035 | 180        | 0.0008 | 0.20     |
| 8    | 150       | 2.0       | 0.040 | 120        | 0.0009 | 0.25     |
| 9    | 160       | 2.2       | 0.045 | 130        | 0.0010 | 0.30     |
| 10   | 170       | 2.4       | 0.050 | 140        | 0.0011 | 0.20     |
| 11   | 80        | 2.6       | 0.055 | 150        | 0.0012 | 0.25     |
| 12   | 90        | 2.8       | 0.060 | 160        | 0.0013 | 0.30     |
| 13   | 100       | 1.8       | 0.035 | 170        | 0.0008 | 0.20     |
| 14   | 110       | 2.0       | 0.040 | 180        | 0.0009 | 0.25     |
| 15   | 120       | 2.2       | 0.045 | 120        | 0.0010 | 0.30     |
| 16   | 130       | 2.4       | 0.050 | 130        | 0.0011 | 0.20     |
| 17   | 140       | 2.6       | 0.055 | 140        | 0.0012 | 0.25     |
| 18   | 150       | 2.8       | 0.060 | 150        | 0.0013 | 0.30     |
| 19   | 160       | 1.8       | 0.035 | 160        | 0.0008 | 0.20     |
| 20   | 170       | 2.0       | 0.040 | 170        | 0.0009 | 0.25     |
| 21   | 80        | 2.2       | 0.045 | 180        | 0.0010 | 0.30     |
| 22   | 90        | 2.4       | 0.050 | 120        | 0.0011 | 0.20     |
| 23   | 100       | 2.6       | 0.055 | 130        | 0.0012 | 0.25     |
| 24   | 110       | 2.8       | 0.060 | 140        | 0.0013 | 0.30     |
| 25   | 120       | 1.8       | 0.035 | 150        | 0.0008 | 0.20     |
| 26   | 130       | 2.0       | 0.040 | 160        | 0.0009 | 0.25     |
| 27   | 140       | 2.2       | 0.045 | 170        | 0.0010 | 0.30     |
| 28   | 150       | 2.4       | 0.050 | 180        | 0.0011 | 0.20     |
| 29   | 160       | 2.6       | 0.055 | 120        | 0.0012 | 0.25     |
| 30   | 170       | 2.8       | 0.060 | 130        | 0.0013 | 0.30     |

## Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

## Контрольні запитання

1. До якої групи належить тріщиностійкість?
2. Що показує  $M_{cr}$ ?
3. Від чого залежить крок тріщин?
4. Чому допустима ширина залежить від умов експлуатації?

## Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

## Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 19

### Компонування і розрахункова схема плоского залізобетонного перекриття

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Обрати систему перекриття, напрям роботи плити та сформувати розрахункові смуги й вантажні площі.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Компонування визначає шлях передавання навантаження від плити через балки/ригелі до колон або стін.
- Однопролітну роботу плити зазвичай приймають за коротшим напрямом, якщо співвідношення сторін істотно відрізняється.
- Розрахункова схема має відображати прольоти, опори, смуги та прикладені навантаження.

#### Розрахункові залежності

$$\lambda = l_{\text{long}}/l_{\text{short}} \quad (19.1)$$

де:  $\lambda$  — співвідношення сторін панелі;  $l_{\text{long}}$  і  $l_{\text{short}}$  — довгий та короткий прольоти.

$$q_{\text{line}} = q_{\text{area}} \cdot b_{\text{tr}} \quad (19.2)$$

де:  $q_{\text{line}}$  — погонне навантаження на балку;  $b_{\text{tr}}$  — вантажна ширина.

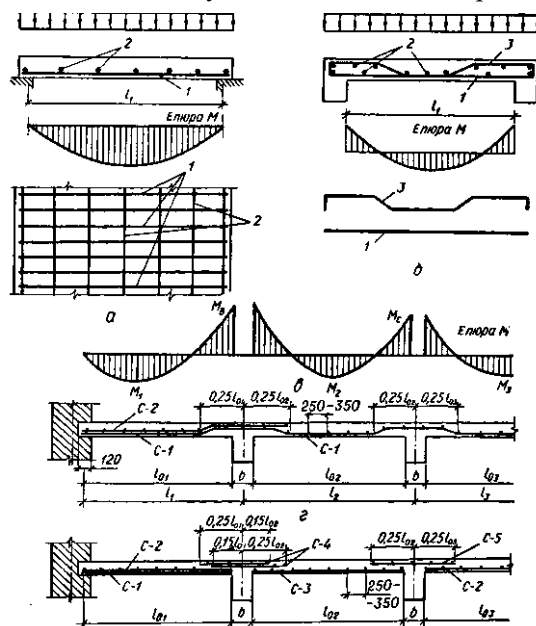


Рисунок 19.1 — Схеми роботи та армування залізобетонних плит

#### Приклад виконання

1. Сітка колон  $6 \times 3$  м:  $\lambda = 6/3 = 2,0$ .
2. Для навчального компонування плиту приймають працюючою переважно за коротшим напрямом 3 м.
3. За  $q_{\text{area}} = 7,0$  кН/м<sup>2</sup> та  $b_{\text{tr}} = 3$  м балка отримує  $q_{\text{line}} = 21$  кН/м.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.

2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | $l_x$ , м | $l_y$ , м | поверхів | $p_k$ , кН/м <sup>2</sup> | система           |
|------|-----------|-----------|----------|---------------------------|-------------------|
| 1    | 3.0       | 5.4       | 2        | 1.5                       | монолітна балкова |
| 2    | 3.3       | 5.7       | 3        | 2.0                       | збірна            |
| 3    | 3.6       | 6.0       | 4        | 2.5                       | збірно-монолітна  |
| 4    | 3.9       | 6.3       | 5        | 3.0                       | безбалкова        |
| 5    | 4.2       | 6.6       | 6        | 3.5                       | монолітна балкова |
| 6    | 4.5       | 6.9       | 7        | 1.5                       | збірна            |
| 7    | 3.0       | 7.2       | 8        | 2.0                       | збірно-монолітна  |
| 8    | 3.3       | 5.4       | 2        | 2.5                       | безбалкова        |
| 9    | 3.6       | 5.7       | 3        | 3.0                       | монолітна балкова |
| 10   | 3.9       | 6.0       | 4        | 3.5                       | збірна            |
| 11   | 4.2       | 6.3       | 5        | 1.5                       | збірно-монолітна  |
| 12   | 4.5       | 6.6       | 6        | 2.0                       | безбалкова        |
| 13   | 3.0       | 6.9       | 7        | 2.5                       | монолітна балкова |
| 14   | 3.3       | 7.2       | 8        | 3.0                       | збірна            |
| 15   | 3.6       | 5.4       | 2        | 3.5                       | збірно-монолітна  |
| 16   | 3.9       | 5.7       | 3        | 1.5                       | безбалкова        |
| 17   | 4.2       | 6.0       | 4        | 2.0                       | монолітна балкова |
| 18   | 4.5       | 6.3       | 5        | 2.5                       | збірна            |
| 19   | 3.0       | 6.6       | 6        | 3.0                       | збірно-монолітна  |
| 20   | 3.3       | 6.9       | 7        | 3.5                       | безбалкова        |
| 21   | 3.6       | 7.2       | 8        | 1.5                       | монолітна балкова |
| 22   | 3.9       | 5.4       | 2        | 2.0                       | збірна            |
| 23   | 4.2       | 5.7       | 3        | 2.5                       | збірно-монолітна  |
| 24   | 4.5       | 6.0       | 4        | 3.0                       | безбалкова        |
| 25   | 3.0       | 6.3       | 5        | 3.5                       | монолітна балкова |
| 26   | 3.3       | 6.6       | 6        | 1.5                       | збірна            |
| 27   | 3.6       | 6.9       | 7        | 2.0                       | збірно-монолітна  |
| 28   | 3.9       | 7.2       | 8        | 2.5                       | безбалкова        |
| 29   | 4.2       | 5.4       | 2        | 3.0                       | монолітна балкова |
| 30   | 4.5       | 5.7       | 3        | 3.5                       | збірна            |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Що таке вантажна площа?
2. Як визначають напрям роботи плити?
3. Які елементи формують шлях навантаження?
4. Що має бути показано на розрахунковій схемі?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 20

### Розрахунок центрально навантаженого залізобетонного фундаменту під колону

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Визначати розміри окремого фундаменту, перевіряти продавлювання та добирати арматуру підшви.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Площа підшви попередньо визначається з умови середнього тиску на основу.
- Підшва працює як консольна залізобетонна плита під реактивним тиском ґрунту.
- Біля колони перевіряють продавлювання, а в розрахункових перерізах — згин.

#### Розрахункові залежності

$$A_{\text{req}} = N/R \quad (20.1)$$

де:  $A_{\text{req}}$  — потрібна площа підшви,  $\text{м}^2$ ;  $N$  — вертикальне навантаження з урахуванням ваги фундаменту,  $\text{кН}$ ;  $R$  — допустимий/розрахунковий тиск,  $\text{кПа}$ .

$$p = N/A \quad (20.2)$$

де:  $p$  — середній тиск під підшвою.

$$M = p \cdot l^2/2 \quad (20.3)$$

де:  $M$  — момент консольної смуги шириною 1 м;  $l$  — виліт підшви від грані колони.

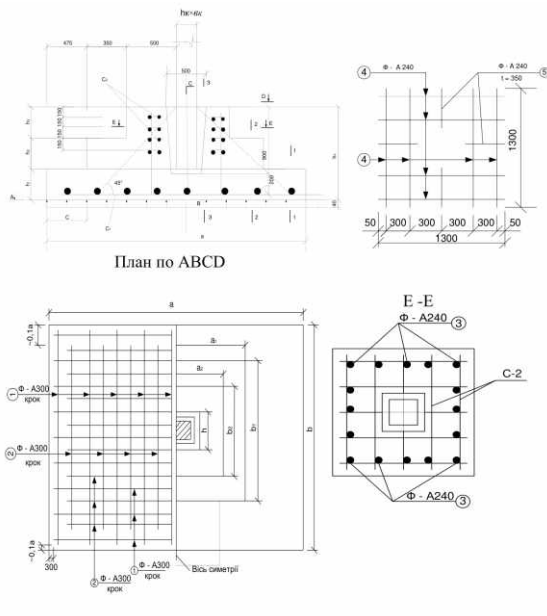


Рисунок 20.1 — Конструкція центрально навантаженого фундаменту під колону (джерело: [М1], рисунок 1)

#### Приклад виконання

1.  $N=1200 \text{ кН}$ ,  $R=250 \text{ кПа}$ :  $A_{\text{req}}=4,80 \text{ м}^2$ .
2. Приймаємо квадрат  $2,2 \times 2,2 \text{ м}$ ,  $A=4,84 \text{ м}^2$ ;  $p=1200/4,84=248 \text{ кПа} \leq 250 \text{ кПа}$ .
3. Подальші кроки: призначити висоту, перевірити продавлювання та визначити арматуру за моментом консольної смуги.

## Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

## Індивідуальні завдання

| Вар. | N, кН | колона, мм | R, кПа | бетон  | a, мм |
|------|-------|------------|--------|--------|-------|
| 1    | 800   | 300×350    | 180    | C12/15 | 40    |
| 2    | 880   | 350×400    | 195    | C16/20 | 45    |
| 3    | 960   | 400×450    | 210    | C20/25 | 50    |
| 4    | 1040  | 450×300    | 225    | C25/30 | 55    |
| 5    | 1120  | 300×350    | 240    | C30/35 | 40    |
| 6    | 1200  | 350×400    | 255    | C12/15 | 45    |
| 7    | 1280  | 400×450    | 270    | C16/20 | 50    |
| 8    | 1360  | 450×300    | 180    | C20/25 | 55    |
| 9    | 1440  | 300×350    | 195    | C25/30 | 40    |
| 10   | 1520  | 350×400    | 210    | C30/35 | 45    |
| 11   | 800   | 400×450    | 225    | C12/15 | 50    |
| 12   | 880   | 450×300    | 240    | C16/20 | 55    |
| 13   | 960   | 300×350    | 255    | C20/25 | 40    |
| 14   | 1040  | 350×400    | 270    | C25/30 | 45    |
| 15   | 1120  | 400×450    | 180    | C30/35 | 50    |
| 16   | 1200  | 450×300    | 195    | C12/15 | 55    |
| 17   | 1280  | 300×350    | 210    | C16/20 | 40    |
| 18   | 1360  | 350×400    | 225    | C20/25 | 45    |
| 19   | 1440  | 400×450    | 240    | C25/30 | 50    |
| 20   | 1520  | 450×300    | 255    | C30/35 | 55    |
| 21   | 800   | 300×350    | 270    | C12/15 | 40    |
| 22   | 880   | 350×400    | 180    | C16/20 | 45    |
| 23   | 960   | 400×450    | 195    | C20/25 | 50    |
| 24   | 1040  | 450×300    | 210    | C25/30 | 55    |
| 25   | 1120  | 300×350    | 225    | C30/35 | 40    |
| 26   | 1200  | 350×400    | 240    | C12/15 | 45    |
| 27   | 1280  | 400×450    | 255    | C16/20 | 50    |
| 28   | 1360  | 450×300    | 270    | C20/25 | 55    |
| 29   | 1440  | 300×350    | 180    | C25/30 | 40    |
| 30   | 1520  | 350×400    | 195    | C30/35 | 45    |

## Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

## Контрольні запитання

1. Як попередньо визначають площу підшви?
2. Як працює підшва фундаменту?
3. Що таке продавлювання?
4. Де розміщують робочу арматуру?

## Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 21

### Вибір типу фундаменту та його попередніх розмірів

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Обирати тип фундаменту та попередні розміри за навантаженням й інженерно-геологічними умовами.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Вибір залежить від глибини несучого шару, рівня підземних вод, величини навантаження та чутливості будівлі до нерівномірних осідань.
- Фундаменти мілкового закладання доцільні, якщо на доступній глибині є достатньо міцний шар.
- Пальові рішення застосовують для передавання навантаження на глибші шари або зменшення деформацій.

#### Розрахункові залежності

$$A_0 \approx N/R_0 \quad (21.1)$$

де:  $A_0$  — попередня площа;  $N$  — вертикальне навантаження;  $R_0$  — попередньо прийнятий опір ґрунту.

$$d \geq \max(df, dstr) \quad (21.2)$$

де:  $d$  — глибина закладання;  $df$  — вимога за промерзанням;  $dstr$  — конструктивна/геологічна вимога.

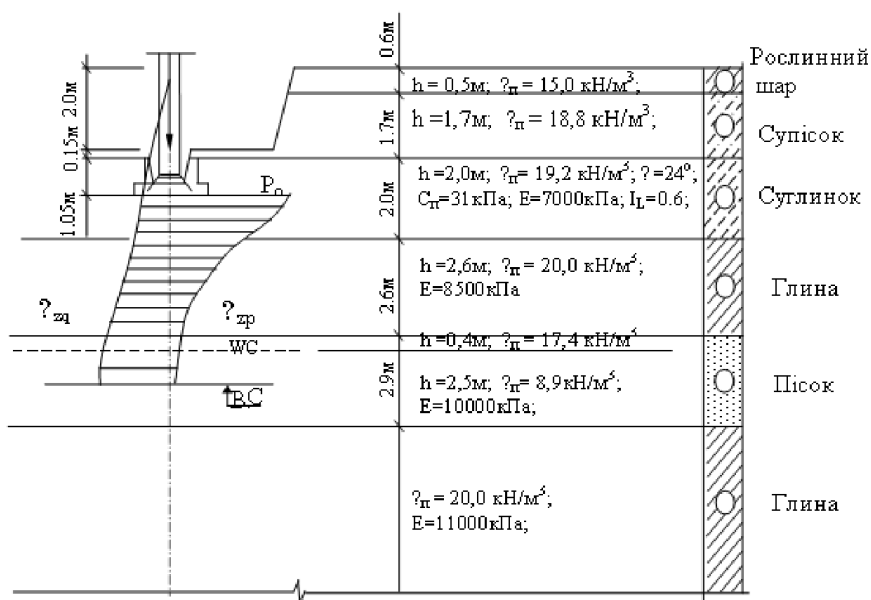


Рисунок 21.1 — Схема розташування фундаменту в ґрунті

#### Приклад виконання

1. Для  $N=800$  кН і  $R_0=220$  кПа  $A_0 \approx 3,64$  м<sup>2</sup>; орієнтовний квадрат  $1,95 \times 1,95$  м.
2. Несучий суглинок починається з 1,6 м, рівень води — 3,2 м.
3. Попереднє рішення: окремий фундамент мілкового закладання з підшвою нижче слабого верхнього шару; остаточно — після перевірки опору й осідання.

## Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

## Індивідуальні завдання

| Вар. | N, кН | несучий шар з, м | РПВ, м | грунт          | схема будівлі |
|------|-------|------------------|--------|----------------|---------------|
| 1    | 500   | 1.2              | 2.0    | пісок середній | стінова       |
| 2    | 575   | 1.4              | 2.4    | пісок дрібний  | каркасна      |
| 3    | 650   | 1.6              | 2.8    | супісок        | стінова       |
| 4    | 725   | 1.8              | 3.2    | суглинок       | каркасна      |
| 5    | 800   | 2.0              | 3.6    | глина          | стінова       |
| 6    | 875   | 2.2              | 4.0    | пісок середній | каркасна      |
| 7    | 950   | 2.4              | 4.4    | пісок дрібний  | стінова       |
| 8    | 1025  | 1.2              | 2.0    | супісок        | каркасна      |
| 9    | 1100  | 1.4              | 2.4    | суглинок       | стінова       |
| 10   | 1175  | 1.6              | 2.8    | глина          | каркасна      |
| 11   | 500   | 1.8              | 3.2    | пісок середній | стінова       |
| 12   | 575   | 2.0              | 3.6    | пісок дрібний  | каркасна      |
| 13   | 650   | 2.2              | 4.0    | супісок        | стінова       |
| 14   | 725   | 2.4              | 4.4    | суглинок       | каркасна      |
| 15   | 800   | 1.2              | 2.0    | глина          | стінова       |
| 16   | 875   | 1.4              | 2.4    | пісок середній | каркасна      |
| 17   | 950   | 1.6              | 2.8    | пісок дрібний  | стінова       |
| 18   | 1025  | 1.8              | 3.2    | супісок        | каркасна      |
| 19   | 1100  | 2.0              | 3.6    | суглинок       | стінова       |
| 20   | 1175  | 2.2              | 4.0    | глина          | каркасна      |
| 21   | 500   | 2.4              | 4.4    | пісок середній | стінова       |
| 22   | 575   | 1.2              | 2.0    | пісок дрібний  | каркасна      |
| 23   | 650   | 1.4              | 2.4    | супісок        | стінова       |
| 24   | 725   | 1.6              | 2.8    | суглинок       | каркасна      |
| 25   | 800   | 1.8              | 3.2    | глина          | стінова       |
| 26   | 875   | 2.0              | 3.6    | пісок середній | каркасна      |
| 27   | 950   | 2.2              | 4.0    | пісок дрібний  | стінова       |
| 28   | 1025  | 2.4              | 4.4    | супісок        | каркасна      |
| 29   | 1100  | 1.2              | 2.0    | суглинок       | стінова       |
| 30   | 1175  | 1.4              | 2.4    | глина          | каркасна      |

## Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

## Контрольні запитання

1. Які вихідні дані потрібні для вибору фундаменту?
2. Коли доцільний пальовий фундамент?
3. Що впливає на глибину закладання?
4. Чому попередні розміри потребують перевірки?

## Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 22

### Перевірка несучої здатності основи фундаменту мілкового закладання

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Перевіряти середній і крайовий тиск під підшоною фундаменту та несучу здатність основи.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Для центрального навантаження тиск приймають рівномірним; за наявності моменту він змінюється лінійно.
- Основна умова — розрахунковий тиск не повинен перевищувати розрахунковий опір основи.
- За шаруватой основи додатково перевіряють слабкий підстильний шар.

#### Розрахункові залежності

$$p_{avg} = N/A \quad (22.1)$$

де:  $p_{avg}$  — середній тиск, кПа;  $N$  — вертикальне навантаження;  $A$  — площа підшоши.

$$p_{max,min} = N/A \pm M/W \quad (22.2)$$

де:  $M$  — момент відносно центра підшоши;  $W$  — момент опору площі підшоши.

$$p_{avg} \leq R; p_{max} \leq R \text{ (спрощена навчальна перевірка)} \quad (22.3)$$

де:  $R$  — наведений у варіанті розрахунковий опір основи. Умову для крайового тиску взято без додаткового коефіцієнта, оскільки його значення варіантом не задано; за реальною нормою перевірку уточнюють.

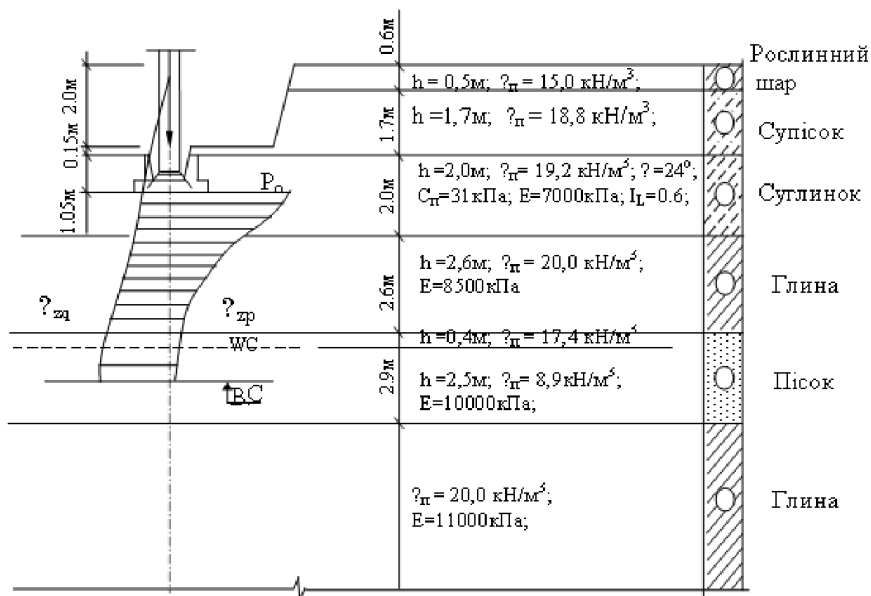


Рисунок 22.1 — Розрахункова схема фундаменту мілкового закладання

#### Приклад виконання

1.  $N=1000$  кН,  $A=4,5$  м²:  $p_{avg}=222,2$  кПа.
2. За  $R=250$  кПа центральна перевірка виконується.
3. Якщо діє  $M$ , визначають  $p_{max}$  і  $p_{min}$ ; умова  $p_{min} \geq 0$  означає відсутність відриву підшоши.

## Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

## Індивідуальні завдання

| Вар. | N, кН | M, кН·м | B×L, м  | R, кПа | слабкий шар, м |
|------|-------|---------|---------|--------|----------------|
| 1    | 700   | 0       | 1.8×2.0 | 180    | 2.5            |
| 2    | 780   | 75      | 1.9×2.1 | 195    | 2.8            |
| 3    | 860   | 90      | 2.0×2.2 | 210    | 3.1            |
| 4    | 940   | 0       | 2.1×2.3 | 225    | 3.4            |
| 5    | 1020  | 120     | 2.2×2.4 | 240    | 3.7            |
| 6    | 1100  | 135     | 2.3×2.5 | 255    | 4.0            |
| 7    | 1180  | 0       | 1.8×2.6 | 270    | 2.5            |
| 8    | 1260  | 75      | 1.9×2.0 | 180    | 2.8            |
| 9    | 1340  | 90      | 2.0×2.1 | 195    | 3.1            |
| 10   | 1420  | 0       | 2.1×2.2 | 210    | 3.4            |
| 11   | 700   | 120     | 2.2×2.3 | 225    | 3.7            |
| 12   | 780   | 135     | 2.3×2.4 | 240    | 4.0            |
| 13   | 860   | 0       | 1.8×2.5 | 255    | 2.5            |
| 14   | 940   | 75      | 1.9×2.6 | 270    | 2.8            |
| 15   | 1020  | 90      | 2.0×2.0 | 180    | 3.1            |
| 16   | 1100  | 0       | 2.1×2.1 | 195    | 3.4            |
| 17   | 1180  | 120     | 2.2×2.2 | 210    | 3.7            |
| 18   | 1260  | 135     | 2.3×2.3 | 225    | 4.0            |
| 19   | 1340  | 0       | 1.8×2.4 | 240    | 2.5            |
| 20   | 1420  | 75      | 1.9×2.5 | 255    | 2.8            |
| 21   | 700   | 90      | 2.0×2.6 | 270    | 3.1            |
| 22   | 780   | 0       | 2.1×2.0 | 180    | 3.4            |
| 23   | 860   | 120     | 2.2×2.1 | 195    | 3.7            |
| 24   | 940   | 135     | 2.3×2.2 | 210    | 4.0            |
| 25   | 1020  | 0       | 1.8×2.3 | 225    | 2.5            |
| 26   | 1100  | 75      | 1.9×2.4 | 240    | 2.8            |
| 27   | 1180  | 90      | 2.0×2.5 | 255    | 3.1            |
| 28   | 1260  | 0       | 2.1×2.6 | 270    | 3.4            |
| 29   | 1340  | 120     | 2.2×2.0 | 180    | 3.7            |
| 30   | 1420  | 135     | 2.3×2.1 | 195    | 4.0            |

## Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

## Контрольні запитання

1. Коли тиск під подошвою рівномірний?
2. Що показує  $p_{\min} < 0$ ?
3. Як перевіряють слабкий шар?
4. Чим R відрізняється від фактичного тиску?

## Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 23

### Розрахунок осідання і крену фундаменту мілкового закладання

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Визначати осідання фундаменту методом пошарового підсумовування та оцінювати крен.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Осідання є сумою деформацій стисливих шарів у межах активної товщі.
- Для кожного шару визначають додаткове вертикальне напруження, модуль деформації й товщину.
- Крен оцінюють за різницею осідань крайніх точок, поділеною на відстань між ними.

#### Розрахункові залежності

$$s = \Sigma(\beta \cdot \sigma_z \cdot i \cdot h_i / E_i) \quad (23.1)$$

де:  $s$  — осідання;  $\beta$  — коефіцієнт методики;  $\sigma_z, i$  — середнє додаткове напруження у шарі;  $h_i$  — товщина;  $E_i$  — модуль деформації.

$$i = |s_1 - s_2| / L \quad (23.2)$$

де:  $i$  — крен;  $s_1$  — обчислене за шарами осідання першого краю;  $s_2$  та  $L$  задані для кожного варіанта в додатковій таблиці. У формулу крену осідання обох країв підставляють у метрах.

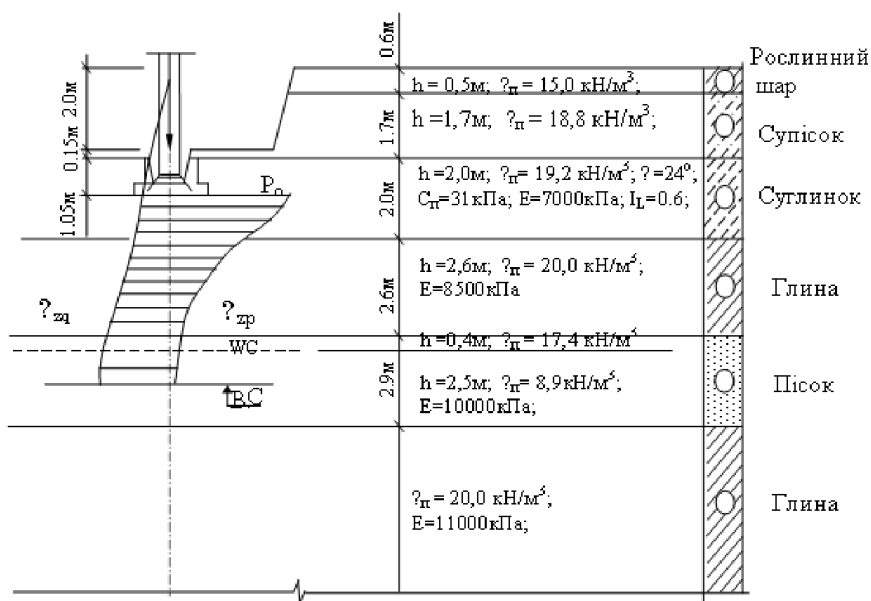


Рисунок 23.1 — Схема фундаменту та інженерно геологічної товщі

#### Приклад виконання

1. Для трьох шарів  $\beta=0,8$ ; ( $\sigma_z$ , кПа;  $h$ , м;  $E$ , кПа): (100;1;15000), (70;1,5;12000), (40;2;20000).
2.  $s=0,8 \cdot (100/15000+70 \cdot 1,5/12000+40 \cdot 2/20000)=0,0155$  м=15,5 мм.
3. За  $s_1=15,5$  мм,  $s_2=10,5$  мм і  $L=5$  м крен  $i=0,005/5=0,001$ .

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.

2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | $\sigma_{z1}$ , кПа | $h1$ , м | $E1$ , МПа | $\sigma_{z2}$ , кПа | $h2$ , м | $E2$ , МПа |
|------|---------------------|----------|------------|---------------------|----------|------------|
| 1    | 70                  | 0.8      | 10         | 35                  | 1.2      | 14         |
| 2    | 75                  | 1.0      | 12         | 40                  | 1.4      | 16         |
| 3    | 80                  | 1.2      | 14         | 45                  | 1.6      | 18         |
| 4    | 85                  | 1.4      | 16         | 50                  | 1.8      | 20         |
| 5    | 90                  | 1.6      | 18         | 55                  | 2.0      | 22         |
| 6    | 95                  | 0.8      | 20         | 60                  | 2.2      | 24         |
| 7    | 100                 | 1.0      | 10         | 65                  | 1.2      | 26         |
| 8    | 105                 | 1.2      | 12         | 35                  | 1.4      | 14         |
| 9    | 70                  | 1.4      | 14         | 40                  | 1.6      | 16         |
| 10   | 75                  | 1.6      | 16         | 45                  | 1.8      | 18         |
| 11   | 80                  | 0.8      | 18         | 50                  | 2.0      | 20         |
| 12   | 85                  | 1.0      | 20         | 55                  | 2.2      | 22         |
| 13   | 90                  | 1.2      | 10         | 60                  | 1.2      | 24         |
| 14   | 95                  | 1.4      | 12         | 65                  | 1.4      | 26         |
| 15   | 100                 | 1.6      | 14         | 35                  | 1.6      | 14         |
| 16   | 105                 | 0.8      | 16         | 40                  | 1.8      | 16         |
| 17   | 70                  | 1.0      | 18         | 45                  | 2.0      | 18         |
| 18   | 75                  | 1.2      | 20         | 50                  | 2.2      | 20         |
| 19   | 80                  | 1.4      | 10         | 55                  | 1.2      | 22         |
| 20   | 85                  | 1.6      | 12         | 60                  | 1.4      | 24         |
| 21   | 90                  | 0.8      | 14         | 65                  | 1.6      | 26         |
| 22   | 95                  | 1.0      | 16         | 35                  | 1.8      | 14         |
| 23   | 100                 | 1.2      | 18         | 40                  | 2.0      | 16         |
| 24   | 105                 | 1.4      | 20         | 45                  | 2.2      | 18         |
| 25   | 70                  | 1.6      | 10         | 50                  | 1.2      | 20         |
| 26   | 75                  | 0.8      | 12         | 55                  | 1.4      | 22         |
| 27   | 80                  | 1.0      | 14         | 60                  | 1.6      | 24         |
| 28   | 85                  | 1.2      | 16         | 65                  | 1.8      | 26         |
| 29   | 90                  | 1.4      | 18         | 35                  | 2.0      | 14         |
| 30   | 95                  | 1.6      | 20         | 40                  | 2.2      | 16         |

Таблиця 23.2 — додаткові вихідні дані для визначення крену

| Вар. | $S2$ , мм | $L$ , м |
|------|-----------|---------|
| 1    | 5,0       | 4,0     |
| 2    | 5,6       | 4,5     |
| 3    | 6,3       | 5,0     |
| 4    | 6,9       | 5,5     |
| 5    | 7,5       | 6,0     |
| 6    | 5,4       | 4,0     |
| 7    | 7,5       | 4,5     |
| 8    | 8,1       | 5,0     |
| 9    | 6,3       | 5,5     |
| 10   | 6,9       | 6,0     |
| 11   | 4,9       | 4,0     |
| 12   | 5,6       | 4,5     |
| 13   | 7,9       | 5,0     |
| 14   | 8,4       | 5,5     |
| 15   | 8,9       | 6,0     |
| 16   | 5,6       | 4,0     |
| 17   | 5,1       | 4,5     |
| 18   | 5,8       | 5,0     |
| 19   | 8,2       | 5,5     |
| 20   | 8,5       | 6,0     |
| 21   | 5,3       | 4,0     |
| 22   | 6,0       | 4,5     |
| 23   | 6,7       | 5,0     |
| 24   | 7,4       | 5,5     |
| 25   | 8,2       | 6,0     |
| 26   | 4,9       | 4,0     |
| 27   | 5,6       | 4,5     |

| Вар. | s <sub>2</sub> , мм | L, м |
|------|---------------------|------|
| 28   | 6,3                 | 5,0  |
| 29   | 6,9                 | 5,5  |
| 30   | 7,5                 | 6,0  |

## Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

## Контрольні запитання

1. Що входить до активної товщі?
2. Як модуль деформації впливає на осідання?
3. Чому розрахунок ведуть пошарово?
4. Як визначають крен?

## Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

## Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 24

### Визначення несучої здатності палі та компоновання ростверку

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Визначати потрібну кількість палі за заданим допустимим навантаженням на палю, перевіряти групу палі і компоновати ростверк.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Палі-стояк передає навантаження переважно через нижній кінець; висяча палі — через кінець і бічну поверхню.
- Розрахункове навантаження на палю визначають із урахуванням коефіцієнтів надійності.
- Палі компонують симетрично відносно рівнодійної, дотримуючись мінімальних відстаней.

#### Розрахункові залежності

$$F_d = \gamma_c(\gamma_R \cdot R \cdot A + u \sum \gamma_f \cdot f_i \cdot h_i) \quad (24.1)$$

де:  $F_d$  — несуча здатність палі;  $R$  — опір під нижнім кінцем;  $A$  — площа;  $u$  — периметр;  $f_i$  — опір  $i$ -го шару по бічній поверхні;  $h_i$  — товщина шару.

$$n_{\min} = [N/N_{\text{allow}}]; F_{\text{group}} = n \cdot N_{\text{allow}} \geq N \quad (24.2)$$

де:  $n_{\min}$  — мінімальна ціла кількість палі;  $n$  — прийняте для ростверку число палі, не менше  $n_{\min}$ ;  $N_{\text{allow}}$  — задане в таблиці допустиме навантаження на одну палю;  $F_{\text{group}}$  — сумарна навчальна оцінка для групи. Для обчислення  $F_d$  за (24.1) потрібні додаткові геологічні дані, яких у варіантах немає; (24.1) наведено для ознайомлення.

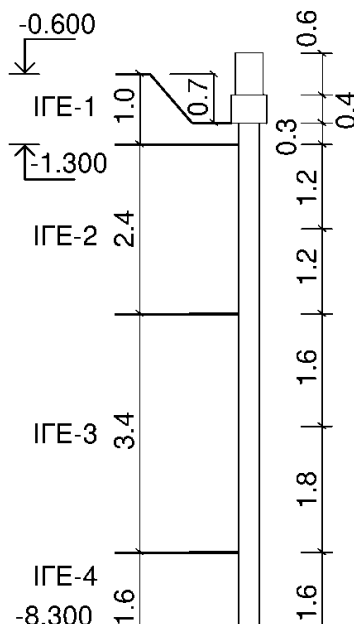


Рисунок 24.1 — Розрахункова схема одиної палі

#### Приклад виконання

1.  $N=2400$  кН, допустиме навантаження на одну палю 520 кН.
2.  $n_{\min}=[2400/520]=5$  палі. Для симетричного компоновання приймаємо  $n=6$ :  
 $F_{\text{group}}=6 \cdot 520=3120$  кН  $\geq 2400$  кН.

3. Схему шести паль накреслюють з урахуванням їхнього перерізу та прийнятого ростверку; у реальному проєкті додатково враховують вагу ростверку, моменти і групову роботу паль.

## Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.
2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

## Індивідуальні завдання

| Вар. | N, кН | паля    | L, м | Nallow, кН | ростверк |
|------|-------|---------|------|------------|----------|
| 1    | 1600  | 300×300 | 6    | 350        | високий  |
| 2    | 1750  | 350×350 | 7    | 390        | низький  |
| 3    | 1900  | Ø400    | 8    | 430        | високий  |
| 4    | 2050  | Ø500    | 9    | 470        | низький  |
| 5    | 2200  | 300×300 | 10   | 510        | високий  |
| 6    | 2350  | 350×350 | 11   | 550        | низький  |
| 7    | 2500  | Ø400    | 6    | 590        | високий  |
| 8    | 2650  | Ø500    | 7    | 630        | низький  |
| 9    | 2800  | 300×300 | 8    | 350        | високий  |
| 10   | 2950  | 350×350 | 9    | 390        | низький  |
| 11   | 1600  | Ø400    | 10   | 430        | високий  |
| 12   | 1750  | Ø500    | 11   | 470        | низький  |
| 13   | 1900  | 300×300 | 6    | 510        | високий  |
| 14   | 2050  | 350×350 | 7    | 550        | низький  |
| 15   | 2200  | Ø400    | 8    | 590        | високий  |
| 16   | 2350  | Ø500    | 9    | 630        | низький  |
| 17   | 2500  | 300×300 | 10   | 350        | високий  |
| 18   | 2650  | 350×350 | 11   | 390        | низький  |
| 19   | 2800  | Ø400    | 6    | 430        | високий  |
| 20   | 2950  | Ø500    | 7    | 470        | низький  |
| 21   | 1600  | 300×300 | 8    | 510        | високий  |
| 22   | 1750  | 350×350 | 9    | 550        | низький  |
| 23   | 1900  | Ø400    | 10   | 590        | високий  |
| 24   | 2050  | Ø500    | 11   | 630        | низький  |
| 25   | 2200  | 300×300 | 6    | 350        | високий  |
| 26   | 2350  | 350×350 | 7    | 390        | низький  |
| 27   | 2500  | Ø400    | 8    | 430        | високий  |
| 28   | 2650  | Ø500    | 9    | 470        | низький  |
| 29   | 2800  | 300×300 | 10   | 510        | високий  |
| 30   | 2950  | 350×350 | 11   | 550        | низький  |

Примітка. Варіанти 1–30 укладено для цієї роботи за навчальною схемою методичних джерел. Значення характеристик матеріалів, відсутні у таблиці, слід брати з наданих викладачем довідкових таблиць, зазначаючи джерело. Числові дані варіантів є навчальними.

## Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

## Контрольні запитання

1. Чим паля-стояк відрізняється від висячої?
2. Які складові має  $F_d$ ?
3. Чому кількість паль може збільшитися після округлення?
4. Як розміщують палі у ростверку?

## **Висновок**

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

## **Безпека та академічна доброчесність**

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 25

### Розрахунок осідання пальового фундаменту

Тривалість: 2 академічні години. Семестр: 4.

#### Мета роботи

Визначати осідання пальового фундаменту як умовного масиву та оцінювати нерівномірність деформацій.

#### Матеріали та оснащення

Методичні рекомендації, калькулятор або табличний процесор, креслярське приладдя, видані викладачем таблиці характеристик матеріалів і чинні нормативно-довідкові дані.

#### Короткі теоретичні відомості

- Для навчальної оцінки групу паль із ростверком замінюють умовним фундаментом на рівні нижніх кінців паль.
- Осідання визначають за деформаціями ґрунтів нижче умовної підшви.
- Груповий ефект і взаємний вплив паль повинні бути враховані прийнятою методикою.

#### Розрахункові залежності

$$s = \Sigma(\beta \cdot \sigma_z, i \cdot h_i / E_i) \quad (25.1)$$

де:  $s$  — осідання умовного фундаменту; інші позначення — як у роботі 23.

$$i = |s_1 - s_2| / L \quad (25.2)$$

де:  $i$  — крен пальового фундаменту.

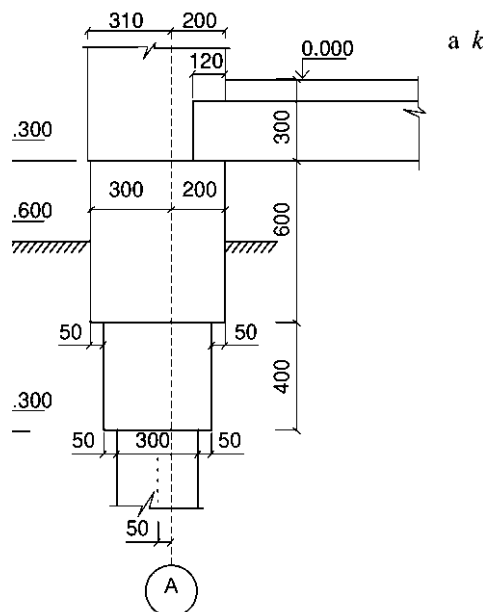


Рисунок 25.1 — Переріз пальового фундаменту

#### Приклад виконання

1. Під умовною підшвою виділено два шари:  $(\sigma_z, \text{кПа}; h, \text{м}; E, \text{кПа}) = (90; 2; 18000), (45; 3; 25000)$ ,  $\beta = 0,8$ .
2.  $s = 0,8 \cdot (90 \cdot 2 / 18000 + 45 \cdot 3 / 25000) = 0,0123 \text{ м} = 12,3 \text{ мм}$ .
3. Отримане осідання порівнюють із граничним; окремо перевіряють крен за крайніми розрахунковими точками.

#### Порядок виконання

1. Записати номер варіанта та вихідні дані, привести одиниці до єдиної системи.

2. Накреслити розрахункову схему, позначити геометрію, опори, навантаження та розрахунковий переріз.
3. Вибрати характеристики матеріалів за виданими таблицями; записати джерело і прийняті коефіцієнти.
4. Виконати розрахунок за формулами та послідовністю цієї роботи; показати проміжні результати.
5. Сформулювати підсумкову умову перевірки, прийняти конструктивне рішення та зробити висновок.

### Індивідуальні завдання

| Вар. | $\sigma_{z1}$ , кПа | $h_1$ , м | $E_1$ , МПа | $\sigma_{z2}$ , кПа | $h_2$ , м | $E_2$ , МПа |
|------|---------------------|-----------|-------------|---------------------|-----------|-------------|
| 1    | 60                  | 1.50      | 16          | 30                  | 2.00      | 20          |
| 2    | 65                  | 1.75      | 18          | 35                  | 2.25      | 22          |
| 3    | 70                  | 2.00      | 20          | 40                  | 2.50      | 24          |
| 4    | 75                  | 2.25      | 22          | 45                  | 2.75      | 26          |
| 5    | 80                  | 2.50      | 24          | 50                  | 3.00      | 28          |
| 6    | 85                  | 1.50      | 26          | 55                  | 3.25      | 30          |
| 7    | 90                  | 1.75      | 28          | 30                  | 2.00      | 32          |
| 8    | 95                  | 2.00      | 16          | 35                  | 2.25      | 34          |
| 9    | 60                  | 2.25      | 18          | 40                  | 2.50      | 20          |
| 10   | 65                  | 2.50      | 20          | 45                  | 2.75      | 22          |
| 11   | 70                  | 1.50      | 22          | 50                  | 3.00      | 24          |
| 12   | 75                  | 1.75      | 24          | 55                  | 3.25      | 26          |
| 13   | 80                  | 2.00      | 26          | 30                  | 2.00      | 28          |
| 14   | 85                  | 2.25      | 28          | 35                  | 2.25      | 30          |
| 15   | 90                  | 2.50      | 16          | 40                  | 2.50      | 32          |
| 16   | 95                  | 1.50      | 18          | 45                  | 2.75      | 34          |
| 17   | 60                  | 1.75      | 20          | 50                  | 3.00      | 20          |
| 18   | 65                  | 2.00      | 22          | 55                  | 3.25      | 22          |
| 19   | 70                  | 2.25      | 24          | 30                  | 2.00      | 24          |
| 20   | 75                  | 2.50      | 26          | 35                  | 2.25      | 26          |
| 21   | 80                  | 1.50      | 28          | 40                  | 2.50      | 28          |
| 22   | 85                  | 1.75      | 16          | 45                  | 2.75      | 30          |
| 23   | 90                  | 2.00      | 18          | 50                  | 3.00      | 32          |
| 24   | 95                  | 2.25      | 20          | 55                  | 3.25      | 34          |
| 25   | 60                  | 2.50      | 22          | 30                  | 2.00      | 20          |
| 26   | 65                  | 1.50      | 24          | 35                  | 2.25      | 22          |
| 27   | 70                  | 1.75      | 26          | 40                  | 2.50      | 24          |
| 28   | 75                  | 2.00      | 28          | 45                  | 2.75      | 26          |
| 29   | 80                  | 2.25      | 16          | 50                  | 3.00      | 28          |
| 30   | 85                  | 2.50      | 18          | 55                  | 3.25      | 30          |

### Зміст звіту

- назва, мета, номер варіанта і вихідні дані;
- розрахункова схема;
- таблиця прийнятих характеристик матеріалів;
- послідовний розрахунок із формулами та одиницями;
- прийняте рішення, перевірка й висновок.

### Контрольні запитання

1. Що називають умовним фундаментом?
2. З якої відмітки враховують стисливу товщу?
3. Що таке груповий ефект?
4. Як перевіряють нерівномірність осідань?

### Висновок

У висновку зазначити отриманий результат, чи виконується розрахункова умова, яке конструктивне рішення прийнято та які вихідні параметри найбільше вплинули на результат.

### Безпека та академічна доброчесність

Під час роботи з комп'ютерною технікою дотримуватися правил безпечної експлуатації. Розрахунок виконувати самостійно за власним варіантом; запозичені табличні дані позначати джерелом. Результати програмного розрахунку супроводжувати вихідними даними й ручною контрольною перевіркою.

