



ЗАТВЕРДЖУЮ

заступник директора з навчально-методичної роботи  
ЗНТ «Дніпровський професійний технологічний  
коледж»

Сергій ГОРДІЄНКО

«26» серпня 2026 р.

## МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СЛУХАЧІВ

**Дисципліна:** Опір матеріалів (ОК8)

**Цільова аудиторія:** Слухачі (галузь знань: G19 «Архітектура та будівництво» / Спеціалізація: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»; освітньо-професійний ступінь: «фаховий молодший бакалавр»)

### МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №1.1

#### З ДИСЦИПЛІНИ «ОПІР МАТЕРІАЛІВ»

**ТЕМА:** Опрацювання нормативної бази щодо коефіцієнтів надійності. Самостійне вивчення ДБН та ДСТУ щодо вибору допустимих напружень та коефіцієнтів запасу міцності для різних умов експлуатації будівельних матеріалів (сталь, бетон, деревина).

*Рекомендована тривалість опрацювання: 4 академічні години.*

#### 1. Мета та завдання самостійної роботи

**Пізнавальна мета:** Опанувати концепцію граничних станів у будівельній механіці. Вивчити структуру та призначення коефіцієнтів надійності за навантаженням ( $\gamma_f$ ), за матеріалом ( $\gamma_m$ ) та за відповідальністю ( $\gamma_n$ ) згідно з діючими Державними будівельними нормами України.

**Праксеологічна мета:** Сформувати навички самостійної роботи з технічною документацією (ДБН В.1.2-14:2018, ДБН В.2.6-198:2014, ДБН В.2.6-98:2009). Навчитися визначати розрахункові опори (напруження) для сталі, бетону та деревини з урахуванням умов їхньої експлуатації.

**Розвиваюча мета:** Розвинути аналітичне мислення при проєктуванні, формуючи усвідомлення того, що коефіцієнт запасу — це не довільна величина, а науково обґрунтований параметр безпеки.

#### 2. Теоретичний блок 1: Концепція граничних станів (ДБН В.1.2-14:2018)

Сучасне проєктування конструкцій в Україні та світі (Єврокоди) базується не на методі "допустимих напружень" у його класичному розумінні, а на **методі граничних станів**.

**Граничний стан** — це такий стан конструкції, при якому вона перестає задовольняти експлуатаційні вимоги або вимоги безпеки.

ДБН виділяє дві основні групи граничних станів: **Перша група (Граничні стани за несучою здатністю - Ultimate Limit States, ULS):** Стан, що призводить до повної втрати несучої здатності. Це руйнування будь-якого характеру (в'язке, крихке, втомне), втрата стійкості форми (випинання колони), перекидання або ковзання всієї споруди. *Перевищення цієї межі веде до аварії.*

**Друга група (Граничні стани за експлуатаційною придатністю - Serviceability Limit States, SLS):** Стан, що ускладнює нормальну експлуатацію. Це надмірні прогини балок, осідання фундаментів, утворення неприпустимих тріщин у бетоні або сильні вібрації.

*Перевищення цієї межі не руйнує будівлю, але робить перебування в ній некомфортним або неможливим.*

Основна формула надійності за першою групою граничних станів має вигляд:

$$E_d \leq R_d$$

де  $E_d$  — розрахунковий ефект від навантаження (наприклад, максимальне напруження  $\sigma$  або момент  $M$ );  $R_d$  — розрахунковий опір матеріалу (допустима межа).



### 3. Теоретичний блок 2: Система коефіцієнтів надійності

Надійність не встановлюється одним глобальним "коефіцієнтом запасу" (як це робили 100 років тому). Вона забезпечується системою часткових коефіцієнтів, кожен з яких страхує від конкретного ризику.

#### 3.1. Коефіцієнт надійності за навантаженням ( $\gamma_f$ )

Враховує можливе відхилення фактичного навантаження від його нормативного (очікуваного) значення у несприятливий бік. Наприклад, якщо снігу випаде більше, ніж прогнозували метеорологи, або якщо вітер буде сильнішим.

Для власної ваги сталевих конструкцій:  $\gamma_f = 1.05$ .

Для ваги бетонних конструкцій:  $\gamma_f = 1.1$  (бо товщину бетону важче проконтролювати).

Для снігового навантаження:  $\gamma_f = 1.14$ .

#### 3.2. Коефіцієнт надійності за матеріалом ( $\gamma_m$ )

Враховує мінливість механічних властивостей матеріалу. Нормативний опір ( $R_k$ ) — це границя плинності або міцності, визначена в ідеальних лабораторних умовах. Але в реальному об'єкті матеріал може мати мікродфекти або хімічні неоднорідності.

Розрахунковий опір обчислюється як:  $R_d = R_k / \gamma_m$ .

#### 3.3. Коефіцієнт надійності за відповідальністю ( $\gamma_n$ )

Враховує клас наслідків (відповідальності) будівлі. Чим важливіша будівля і чим більше життів залежить від її цілісності, тим вищий цей коефіцієнт. На нього *множиться* навантаження або *ділиться* опір.

**СС3 (Значні наслідки):** Національні музеї, стадіони, ТЕЦ.  $\gamma_n = 1.25$ .

**СС2 (Середні наслідки):** Житлові будинки (до 100 метрів), школи, лікарні.  $\gamma_n = 1.1$ .

**СС1 (Незначні наслідки):** Склади, тимчасові споруди.  $\gamma_n = 0.95 \dots 1.0$ .

### 4. Теоретичний блок 3: Специфіка матеріалів за ДБН

#### 4.1. Сталеві конструкції (ДБН В.2.6-198:2014)

Сталь є високооднорідним ізотропним матеріалом заводського виготовлення, тому коефіцієнти для неї найменші. Нормативним опором є границя плинності  $\sigma_y$  (в ДБН позначається як  $R_{yn}$ ).

Коефіцієнт надійності за матеріалом для сталі звичайної якості:  $\gamma_m = 1.025 \dots 1.05$ .

Розрахунковий опір прокату:  $R_y = R_{yn} / \gamma_m$ . Наприклад, для сталі С245 ( $R_{yn} = 245$  МПа) розрахунковий опір становить  $R_y = 245 / 1.025 \approx 240$  МПа.

#### 4.2. Бетонні та залізобетонні конструкції (ДБН В.2.6-98:2009)

Бетон виготовляється на будівельному майданчику (часто просто неба), його міцність залежить від температури, вологості, вібрації. Тому бетон має високу дисперсію властивостей.

Коефіцієнт надійності для бетону на стиск:  $\gamma_c = 1.3 \dots 1.5$  (залежно від контролю якості).

Коефіцієнт надійності для сталевих арматур:  $\gamma_s = 1.15$ .

#### 4.3. Дерев'яні конструкції (ДБН В.2.6-161:2010)

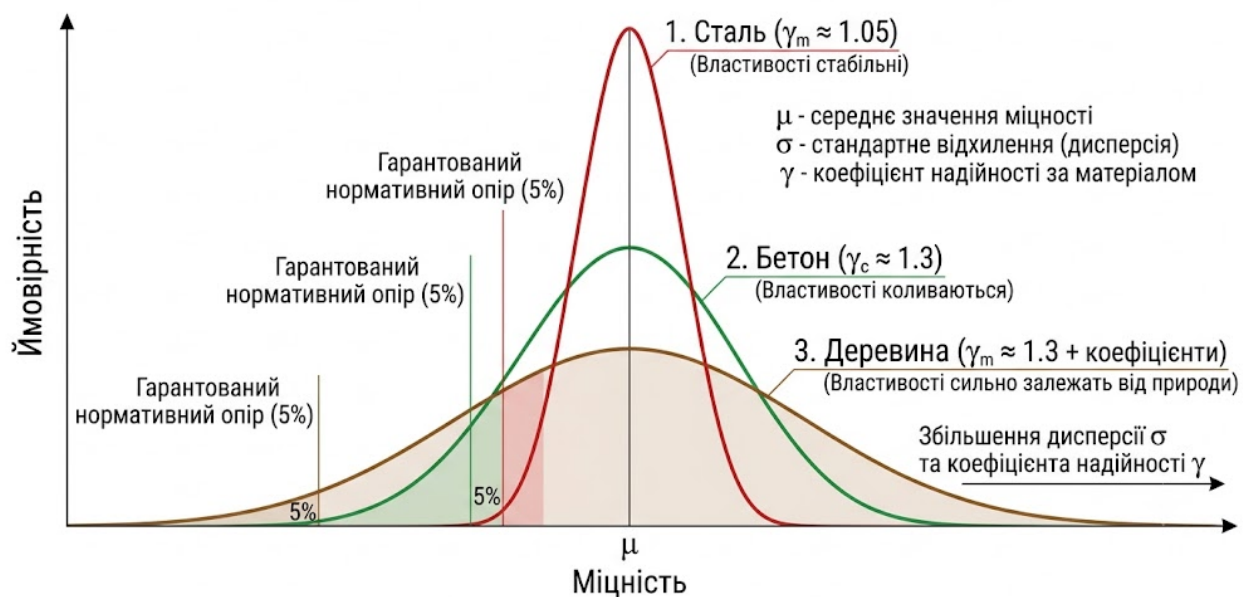
Деревина — анізотропний природний матеріал, що має вади (сучки, косошарість) і сильно залежить від вологості. Тому для деревини діє ціла система додаткових коефіцієнтів умов роботи ( $m_i$ ).

Базовий коефіцієнт надійності за матеріалом:  $\gamma_m = 1.3$ .

Додатковий коефіцієнт тривалості навантаження ( $m_{dl}$ ): для короткочасних (вітер)  $m = 1.0$ , для постійних (власна вага) міцність деревини падає, тому  $m = 0.8$ .

Розрахунковий опір:  $R_d = R_k \cdot (m_1 \cdot m_2 \dots) / \gamma_m$ .

### [ DIAGRAM PROMPT: ПОРІВНЯЛЬНА ІНФОГРАФІКА ДИСПЕРСІЙ ]



## 5. Практичні завдання для самостійного виконання

Для формування компетентностей СК 4 (визначення навантажень) та СК 11 (проектування надійності) виконайте наступні інженерні завдання.

### Завдання 1. Розрахунок сталевих елементів

Сталева стійка, що підтримує перекриття спеціалізованого реабілітаційного хату (Клас наслідків СС2,  $\gamma_n = 1.1$ ), виготовлена зі сталі марки С255. Нормативний опір сталі (границя плинності)  $R_{yn} = 255$  МПа. Коефіцієнт надійності за матеріалом  $\gamma_m = 1.05$ . Нормативне стискаюче зусилля на стійку становить  $N_k = 400$  кН. Коефіцієнт надійності за навантаженням  $\gamma_f = 1.2$ .

#### Потрібно:

Визначити розрахунковий опір сталі  $R_y$  (в МПа).

Визначити розрахункове зусилля  $N_d$  (в кН) з урахуванням класу наслідків та коефіцієнта навантаження.

Обчислити мінімально необхідну площу поперечного перерізу стійки  $A_{req}$  (у см<sup>2</sup>), виходячи з умови першої групи граничних станів ( $N_d / A \leq R_y$ ).

### Завдання 2. Оцінка надійності дерев'яного прогону

Дерев'яна балка перекриття працює в умовах підвищеної вологості (коефіцієнт умов роботи  $m_w = 0.85$ ). Нормативний опір деревини сосни на згин становить  $R_k = 24$  МПа. Коефіцієнт надійності за матеріалом  $\gamma_m = 1.3$ . Розрахунковий максимальний згинальний момент у балці становить  $M_d = 12$  кН·м. Момент опору перерізу балки  $W = 750 \text{ ext{ cm}^3}$ .

#### Потрібно:

Обчислити фактичне розрахункове напруження в балці  $\sigma_d = M_d / W$  (переведіть момент у Н·мм, а  $W$  у мм<sup>3</sup>).

Обчислити розрахунковий опір деревини  $R_d$  для даних умов.

Перевірити умову міцності  $\sigma_d \leq R_d$  і зробити висновок щодо безпеки експлуатації.

## **6. Тестовий контроль (Самоперевірка)**

**1. До якої групи граничних станів належить руйнування колони внаслідок втрати стійкості (випинання)?**

- А) До другої групи (експлуатаційна придатність).
- Б) До першої групи (втрата несучої здатності).
- В) До третьої групи (особливі стани).
- Г) До нульової групи.

**2. Чому коефіцієнт надійності за матеріалом ( $\gamma_m$ ) для бетону (1.3-1.5) значно більший, ніж для сталі (1.025-1.05)?**

- А) Тому що бетон легший за сталь.
- Б) Тому що бетон не іржавіє.
- В) Через високу неоднорідність бетону та залежність його міцності від умов виготовлення на будівництві.
- Г) Тому що бетон працює переважно на розтяг.

**3. Що враховує коефіцієнт надійності за навантаженням ( $\gamma_f$ )?**

- А) Важливість будівлі для суспільства.
- Б) Можливе відхилення реального навантаження від нормативного у несприятливий бік.
- В) Схильність матеріалу до старіння та корозії.
- Г) Похибки у математичних розрахунках інженера.

**4. Як впливає збільшення класу наслідків будівлі (перехід від СС1 до СС3) на розрахунок надійності?**

- А) Збільшується розрахункове навантаження за рахунок коефіцієнта  $\gamma_n$ , що вимагає більш масивних конструкцій.
- Б) Зменшується розрахункове навантаження, щоб здешевити проєкт.
- В) Клас наслідків впливає лише на вибір кольору фарбування конструкцій.
- Г) Змінюється лише коефіцієнт Пуассона для матеріалу.

## **7. Рефлексія та висновки**

Після завершення опрацювання матеріалу слухач має усвідомити, що державні будівельні норми (ДБН) та стандарти (ДСТУ) не є обмеженням інженерної творчості. Навпаки, вони є математично вивіреним інструментом гарантування абсолютної безпеки. Вміння правильно оперувати коефіцієнтами надійності дозволяє створювати об'єкти (зокрема інклюзивну інфраструктуру), які гарантовано витримують реальні умови експлуатації протягом усього життєвого циклу.

## МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №1.2

### З ДИСЦИПЛІНИ «ОПІР МАТЕРІАЛІВ»

**ТЕМА: Виконання розрахунково-графічної роботи (РГР) №1: «Аналіз напружено-деформованого стану ступінчастого бруса при центральному розтягу-стиску».**

*Рекомендована тривалість опрацювання: 8 академічних годин.*

#### 1. Мета та завдання розрахунково-графічної роботи

**Пізнавальна мета:** Поглибити теоретичні знання щодо видів деформацій, зокрема центрального розтягу та стиску. Опанувати сутність методу перерізів та принципу Сен-Венана для стрижневих систем.

**Праксеологічна мета:** Сформувати практичні навички: розбивати складні багатокрокові деталі (ступінчасті вали, колони) на вантажні ділянки; складати рівняння статики; будувати епюри поздовжніх внутрішніх сил ( $N$ ) та нормальних напружень ( $\sigma$ ); розраховувати абсолютне видовження (вкорочення) бруса.

**Розвиваюча мета:** Розвинути абстрактно-логічне та просторове мислення, інженерну акуратність при виконанні графічної частини проєкту, здатність самостійно приймати рішення щодо перевірки міцності конструкцій.

#### 2. Теоретичний базис: Напружено-деформований стан бруса

##### 2.1. Внутрішні зусилля. Метод перерізів

При центральному розтягуванні або стисканні в поперечних перерізах стрижня з шести можливих внутрішніх силових факторів виникає лише один — **поздовжня сила  $N$** .

Для визначення величини поздовжньої сили використовується **метод перерізів (метод РОЗУ)**, алгоритм якого складається з чотирьох послідовних кроків: **Розрізати:** уявно розрізаємо стрижень поперечним перерізом у тому місці, де потрібно знайти внутрішнє зусилля.

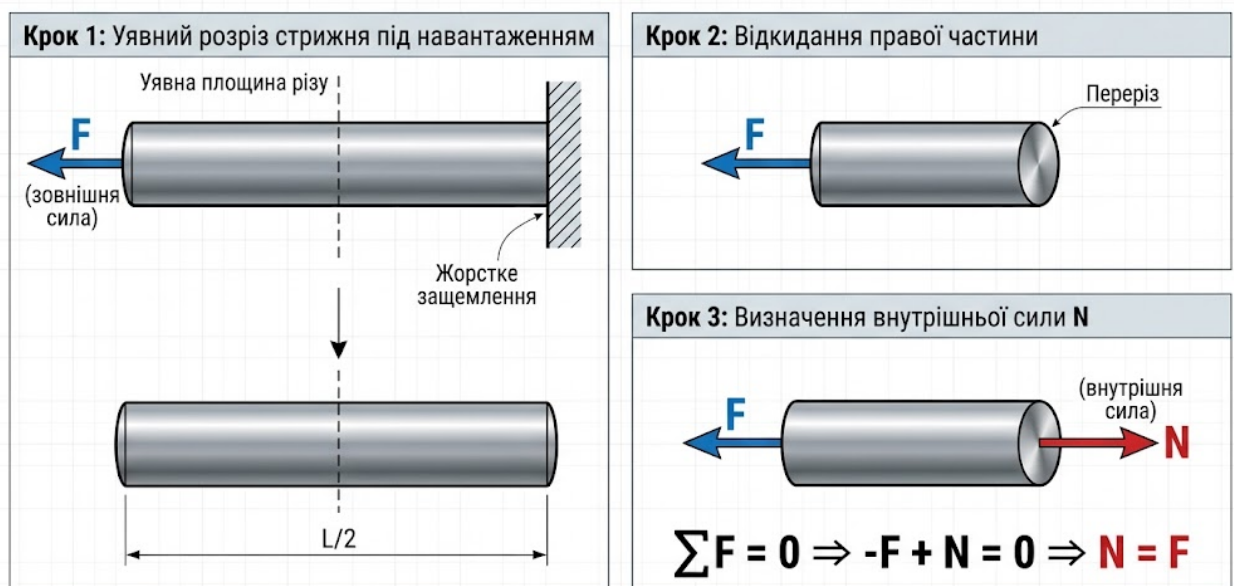
**Відкинути:** відкидаємо одну з частин стрижня (ту, до якої прикладено більше невідомих зовнішніх сил або реакцій опор). Зазвичай, для консольного стрижня зручніше відкидати защемлену частину і розглядати рівновагу вільної частини.

**Замінити:** дію відкинutoї частини на залишену замінюємо невідомою внутрішньою поздовжньою силою  $N$ . За правилом знаків силу  $N$  завжди спрямовуємо *від перерізу* (тобто припускаємо, що вона розтягує залишену частину).

**Урівноважити:** складаємо рівняння статики для залишеної частини: алгебраїчна сума проєкцій усіх сил на поздовжню вісь стрижня ( $\sum F_z = 0$ ) має дорівнювати нулю. З цього рівняння знаходимо величину та дійсний знак сили  $N$ .

**Правило знаків для епюри  $N$ :** Якщо знайдена сила  $N$  має знак «плюс» — переріз розтягується. Якщо знак «мінус» — переріз стискається.

### [ DIAGRAM PROMPT: ВІЗУАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ ПЕРЕРІЗІВ ]



## 2.2. Нормальні напруження

Міцність матеріалу визначається не самою силою, а інтенсивністю її розподілу по перерізу — **нормальним напруженням**  $\sigma$ . Згідно з гіпотезою плоских перерізів (гіпотезою Бернуллі), напруження розподіляються рівномірно по всій площі поперечного перерізу  $A$ :  
$$\sigma = \frac{N}{A}$$

Правило знаків для напружень збігається з правилом для сил: розтягуючі напруження є додатними, стискаючі — від'ємними. Напруження вимірюються в Мегапаскалях (1 МПа = 1 Н/мм<sup>2</sup>).

## 2.3. Деформації та закон Гука

Під дією поздовжніх сил стрижень змінює свою довжину. Абсолютне видовження (або вкорочення) ділянки стрижня довжиною  $L$ , з площею перерізу  $A$  та модулем пружності матеріалу  $E$  в межах пружності визначається за законом Гука:

$$\Delta L = \frac{N \cdot L}{E \cdot A}$$

Добуток  $E \cdot A$  називається *жорсткістю перерізу при розтягу-стиску*. Сумарне видовження всього ступінчастого бруса дорівнює алгебраїчній сумі видовжень його окремих ділянок:  $\Delta L_{\text{total}} =$

$$\sum \sigma_i \Delta L_i$$

## 3. Алгоритм виконання РГР №1

Для успішного виконання індивідуального завдання студент повинен дотримуватися суворої інженерної послідовності (8 етапів):

1. Викреслити розрахункову схему бруса у масштабі згідно з індивідуальним варіантом.
2. Розбити брус на **вантажні ділянки**. Межами ділянок є точки прикладення зовнішніх зосереджених сил та місця зміни площі поперечного перерізу (сходинки).
3. Для кожної ділянки, застосовуючи метод перерізів (рухаючись від вільного кінця до защемлення), скласти рівняння для внутрішньої поздовжньої сили  $N_i$ .
4. За отриманими значеннями побудувати **епюру поздовжніх сил**  $N$  (у масштабі, з проведенням базової лінії паралельно осі бруса, позначенням знаків та штрихуванням, перпендикулярним до базової лінії).
5. Для кожної ділянки обчислити нормальні напруження  $\sigma_i = N_i / A_i$ . Звернути увагу, що площа перерізу задається через параметр  $A$  (наприклад,  $2A$ ,  $1.5A$ ).
6. Побудувати **епюру нормальних напружень**  $\sigma$  під епюрою  $N$ .
7. Перевірити міцність бруса. Знайти найбільш напружену ділянку (де  $|\sigma_{\text{max}}|$  є найбільшим) та порівняти її з допустимим напруженням  $[\sigma]$ .
8. Розрахувати абсолютні деформації кожної ділянки  $\Delta L_i$  та знайти загальне переміщення вільного торця бруса  $\Delta L_{\text{total}}$ .

## 4. Еталонний приклад розв'язання (Майстер-клас)

### Умова прикладу:

Сталевий ступінчастий брус жорстко защемлений правим кінцем. Модуль пружності сталі  $E = 2.0 \cdot 10^5$  МПа. Базова площа перерізу  $A = 200$  мм<sup>2</sup>.

Брус має три ділянки зліва направо:

Ділянка 1 (вільний край): довжина  $L_1 = 0.4$  м, площа  $A_1 = 1.0A$ .

Ділянка 2 (середина): довжина  $L_2 = 0.6$  м, площа  $A_2 = 2.0A$ .

Ділянка 3 (біля стіни): довжина  $L_3 = 0.5$  м, площа  $A_3 = 1.5A$ .

Зовнішні сили:

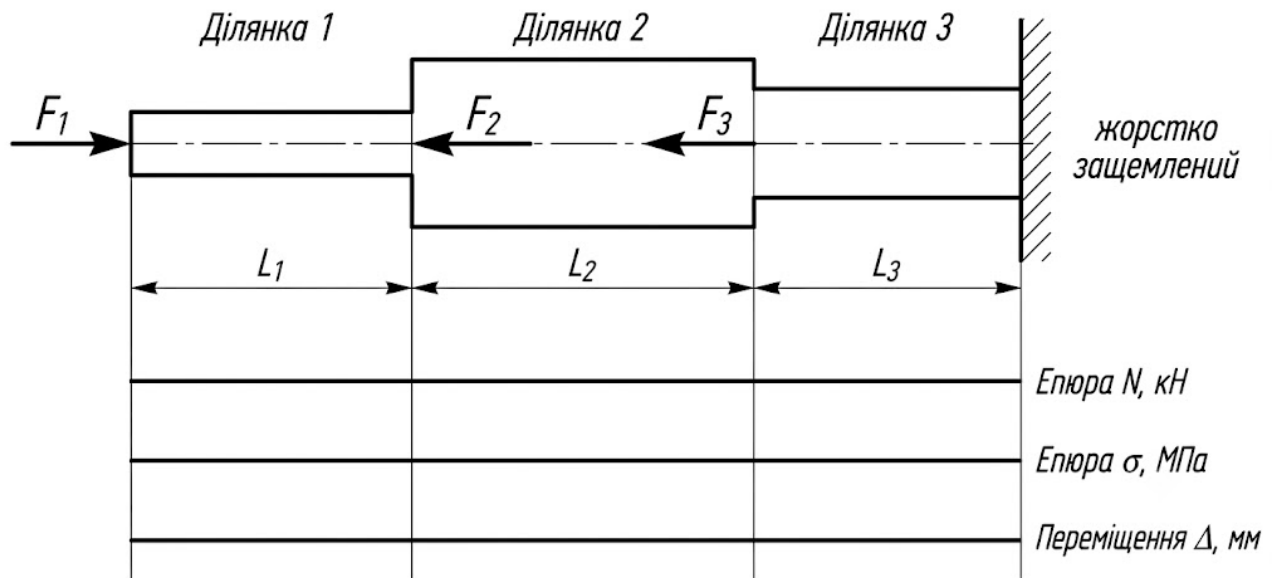
На лівому вільному торці діє стискаюча сила  $F_1 = 30$  кН (діє вправо).

На межі 1-ї та 2-ї ділянок діє розтягуюча сила  $F_2 = 50$  кН (діє вліво).

На межі 2-ї та 3-ї ділянок діє розтягуюча сила  $F_3 = 40$  кН (діє вліво).

**Виконати повний розрахунок згідно з алгоритмом.**

# [ РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ЕТАЛОННОГО БРУСА ]



## Крок 1. Визначення поздовжніх сил $N$ (Метод перерізів)

Оскільки правий кінець защемлений, ми не будемо шукати опорну реакцію стіни. Ми завжди будемо розглядати рівновагу **лівої відсіченої частини**, рухаючись від вільного кінця.

### Ділянка 1 ( $0 \leq z_1 \leq L_1$ ):

Робимо переріз на першій ділянці. На ліву відсічену частину діє лише сила  $F_1$ , яка тисне вправо (стискає переріз). Внутрішню силу  $N_1$  спрямовуємо від перерізу (вправо).

Рівняння статки:  $\Sigma Z = 0 \implies F_1 + N_1 = 0 \implies N_1 = -F_1 = -30 \text{ ext}\{ \text{кН} \}$ .

(Ділянка стиснута).

### Ділянка 2 ( $0 \leq z_2 \leq L_2$ ):

Робимо переріз на другій ділянці. Розглядаємо всю ліву частину. На неї діє сила  $F_1$  (вправо, стискає) та сила  $F_2$  (вліво, розтягує переріз). Внутрішня сила  $N_2$  спрямована від перерізу (вправо).

$\Sigma Z = 0 \implies F_1 - F_2 + N_2 = 0 \implies N_2 = F_2 - F_1 = 50 - 30 = +20 \text{ ext}\{ \text{кН} \}$ .

(Ділянка розтягнута).

### Ділянка 3 ( $0 \leq z_3 \leq L_3$ ):

Робимо переріз на третій ділянці. Розглядаємо всю ліву частину. Додається сила  $F_3$  (вліво, розтягує).

$\Sigma Z = 0 \implies F_1 - F_2 - F_3 + N_3 = 0 \implies N_3 = F_2 + F_3 - F_1 = 50 + 40 - 30 = +60 \text{ ext}\{ \text{кН} \}$ .

(Ділянка розтягнута).

За цими даними будується епюра  $N$ : ступінчастий графік (прямокутники). Ділянка 1 нижче осі (-30), Ділянка 2 вище осі (+20), Ділянка 3 ще вище (+60).

## Крок 2. Розрахунок нормальних напружень $\sigma$

Визначаємо площі кожної ділянки в  $\text{мм}^2$ :

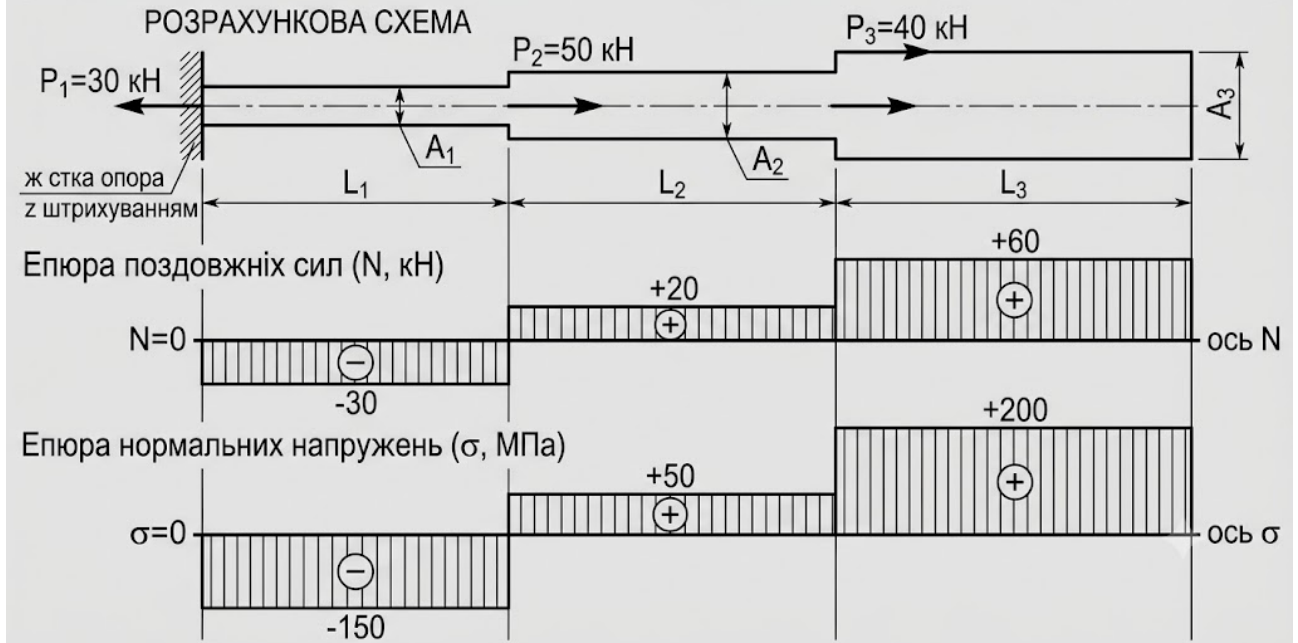
$$A_1 = 1.0 \cdot 200 = 200 \text{ ext}\{ \text{мм} \}^2 \quad A_2 = 2.0 \cdot 200 = 400 \text{ ext}\{ \text{мм} \}^2 \quad A_3 = 1.5 \cdot 200 = 300 \text{ ext}\{ \text{мм} \}^2$$

Обчислюємо напруження (переводимо кН у Ньютони, множачи на  $10^3$ .  $\text{Н/мм}^2 = \text{МПа}$ ):

$$\sigma_1 = \frac{N_1}{A_1} = \frac{-30 \cdot 10^3}{200} = -150 \text{ ext}\{ \text{МПа} \} \quad \sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} = \frac{20 \cdot 10^3}{400} = +50 \text{ ext}\{ \text{МПа} \} \quad \sigma_3 = \frac{N_3}{A_3} = \frac{60 \cdot 10^3}{300} = +200 \text{ ext}\{ \text{МПа} \}$$

Епюра  $\sigma$  будується аналогічно до епюри  $N$ . **Найбільш небезпечним перерізом** є вся Ділянка 3, оскільки там діє максимальне за модулем напруження  $|\sigma_{\max}| = 200 \text{ МПа}$ .

# [ DIAGRAM PROMPT: ЕПЮРИ NТА σ ДЛЯ ЕТАЛОННОГО ПРОЄКТУ ]



## Крок 3. Визначення абсолютного видовження бруса

Розрахуємо зміну довжини кожної ділянки окремо (довжину переводимо в міліметри):  $E = 2.0 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .

$$\Delta L_1 = \frac{N_1 \cdot L_1}{E \cdot A_1} = \frac{-30 \cdot 10^3 \cdot 400}{2.0 \cdot 10^5 \cdot 200} = -0.30 \text{ мм (Вкорочення)}$$

$$\Delta L_2 = \frac{N_2 \cdot L_2}{E \cdot A_2} = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 600}{2.0 \cdot 10^5 \cdot 400} = +0.15 \text{ мм (Видовження)}$$

$$\Delta L_3 = \frac{N_3 \cdot L_3}{E \cdot A_3} = \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 500}{2.0 \cdot 10^5 \cdot 300} = +0.50 \text{ мм (Видовження)}$$

Загальне видовження всього бруса (зміщення вільного лівого торця відносно нерухомої стіни):

$$\Delta L_{\text{total}} = \Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 = -0.30 + 0.15 + 0.50 = +0.35 \text{ мм}$$

**Висновок:** У результаті дії всіх зовнішніх навантажень загальна довжина бруса збільшиться на 0.35 мм (лівий торець переміститься вліво).

## 5. Індивідуальні завдання для самостійного розв'язання (Варіанти РГР)

Кожен слухач виконує завдання згідно з останнім номером своєї залікової книжки (від 0 до 9).

Матеріал бруса — сталь ( $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ). Схема для всіх варіантів ідентична еталонному прикладу (консольне защемлення справа, три ділянки). Базова площа  $A = 150 \text{ мм}^2$ .

**Вимоги до оформлення:** Роботу виконати на аркушах А4. Розрахунки супроводжувати чіткими схемами та епюрами у масштабі. Довести правильність епюр за допомогою методів самоконтролю (стрибки на епюрі  $N$  у місцях дії зосереджених сил).

| № Вар. | $F_1$ (кН) | Напрямок $F_1$ | $F_2$ (кН) | Напрямок $F_2$ | $F_3$ (кН) | Напрямок $F_3$ | $L_1, L_2, L_3$ (м) | Площі $A_1, A_2, A_3$ |
|--------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|---------------------|-----------------------|
| 0      | 20         | вправо         | 40         | вліво          | 10         | Вліво          | 0.3; 0.5; 0.4       | 1А; 2А; 1.5А          |
| 1      | 25         | вліво          | 30         | вправо         | 50         | Вліво          | 0.4; 0.4; 0.6       | 1А; 1.5А; 2А          |
| 2      | 15         | вправо         | 60         | вліво          | 20         | Вправо         | 0.5; 0.5; 0.5       | 1А; 3А; 2А            |

|   |    |        |    |        |    |        |               |                |
|---|----|--------|----|--------|----|--------|---------------|----------------|
| 3 | 35 | вліво  | 20 | вправо | 45 | Вправо | 0.6; 0.4; 0.4 | 1A; 2.5A; 1.5A |
| 4 | 40 | вправо | 50 | вліво  | 30 | Вліво  | 0.3; 0.6; 0.3 | 1.5A; 3A; 2A   |
| 5 | 10 | вліво  | 70 | вправо | 40 | Вправо | 0.4; 0.5; 0.4 | 1A; 2A; 1A     |
| 6 | 50 | вправо | 20 | вліво  | 60 | Вліво  | 0.5; 0.3; 0.5 | 1A; 1.5A; 2.5A |
| 7 | 30 | вліво  | 40 | вправо | 30 | Вправо | 0.4; 0.6; 0.5 | 1.5A; 2A; 1A   |
| 8 | 45 | вправо | 15 | вліво  | 55 | Вліво  | 0.3; 0.4; 0.6 | 1A; 2.5A; 2A   |
| 9 | 20 | вліво  | 50 | вправо | 25 | Вліво  | 0.5; 0.5; 0.4 | 1A; 2A; 1.5A   |

## 6. Тестовий контроль для самоперевірки (Закріплення знань)

1. Який внутрішній силовий фактор виникає в поперечних перерізах стрижня при центральному розтягу-стиску?

- А) Згинальний момент ( $M_x$ ).
- Б) Поперечна сила ( $Q_y$ ).
- В) Поздовжня сила ( $N$ ).
- Г) Крутний момент ( $T$ ).

2. Відповідно до методу перерізів (РОЗУ), як за правилом знаків необхідно спрямовувати невідому внутрішню поздовжню силу  $N$  у перерізі?

- А) Завжди вправо, незалежно від розрізу.
- Б) Завжди від перерізу (умовно припускаючи, що вона розтягує залишену частину).
- В) Завжди до перерізу (на стиск).
- Г) У бік дії найближчої зовнішньої сили.

3. Як розраховується нормальне напруження  $\sigma$  в поперечному перерізі бруса?

- А) Сила множиться на площу перерізу ( $N \cdot A$ ).
- Б) Сила ділиться на довжину ділянки ( $N/L$ ).
- В) Сила ділиться на площу поперечного перерізу ( $N/A$ ).
- Г) Сила множиться на модуль пружності ( $N \cdot E$ ).

4. Що означає наявність вертикального стрибка (зламу) на епюрі поздовжніх сил  $N$ ?

- А) В цьому місці прикладена зовнішня зосереджена сила, і величина стрибка дорівнює величині цієї сили.
- Б) В цьому місці змінюється площа поперечного перерізу (сходинка бруса).
- В) Це помилка розрахунку, епюра  $N$  має бути безперервною гладкою лінією.
- Г) В цьому місці матеріал втрачає свої пружні властивості.

## 7. Рефлексія та висновки

Виконання розрахунково-графічної роботи №1 дозволяє слухачеві здійснити повний інженерний цикл аналізу найпростішої (але найпоширенішої у будівництві) конструкції. Головний інсайт цієї роботи: зміна площі поперечного перерізу (сходинки) **не впливає** на внутрішню поздовжню силу  $N$  (вона залежить лише від зовнішніх сил), але **кардинально змінює** нормальні напруження  $\sigma$ . Розуміння цієї різниці є ключем до раціонального проєктування, де інженер штучно збільшує площу (потовщує деталь) саме в тих місцях, де виникають найбільші зусилля, заощаджуючи матеріал на менш навантажених ділянках.

## МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ №1.3

### З ДИСЦИПЛІНИ «ОПІР МАТЕРІАЛІВ»

**ТЕМА:** Підготовка до модульного контролю №1. Систематизація знань з розрахунків будівельних з'єднань (болтових, заклепкових, зварних) на зріз і зминання.

*Рекомендована тривалість опрацювання: 4 академічні години.*

#### 1. Мета та завдання самостійної роботи

**Освітня (пізнавальна) мета:** Систематизувати та узагальнити теоретичні знання щодо видів деформацій зсуву (зрізу) та місцевого стиску (зминання). Підготуватися до виконання завдань модульного контролю.

**Праксеологічна мета:** Актуалізувати алгоритми розрахунку надійних вузлів для освітньо-професійних програм: 131 «Прикладна механіка» (Зварювальне виробництво), 133 «Галузеве машинобудування», 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», 274 «Автомобільний транспорт» та 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

**Розвиваюча мета:** Адаптувати набуті компетентності до вимог реального виробництва (з урахуванням технологічних потреб партнерів закладу освіти: ТОВ «Інтерпайп», ТОВ «ДАЗ», ТОВ «Аксор індастрі», ПП «Висотпромсервіс», ТОВ «НВП РІЧ», ТОВ «Альтстрім»).

Розвинути здатність самостійно приймати інженерні рішення.

#### 2. Теоретичний базис: Систематизація формул та алгоритмів

Робота відповідних методичних комісій коледжу спрямована на забезпечення нерозривного зв'язку теорії з практикою. Усі механічні з'єднання працюють за принципом передачі зусилля від однієї деталі до іншої через проміжний елемент (болт, заклепку, зварний шов). Перевірка міцності таких з'єднань завжди є **комплексною** і проводиться за кількома критеріями одночасно.

##### 2.1. Болтові та заклепкові з'єднання

Стрижень болта (або заклепки) передає поперечне навантаження і зазнає деформації зрізу по площинах торкання з'єднуваних деталей, а також тисне на стінки отвору, викликаючи деформацію зминання.

##### 1. Умова міцності на зріз:

$$\tau = F / (n \cdot i \cdot A_{cut}) \leq [\tau]$$

де:  $F$  — загальне зсувне зусилля;  $n$  — кількість болтів/заклепок;  $i$  — кількість площин зрізу одного стрижня (для з'єднання внапусток  $i=1$ , для з'єднання з двома накладками  $i=2$ );  $A_{cut} = \pi d^2 / 4$  — площа поперечного перерізу одного стрижня діаметром  $d$ .

##### 2. Умова міцності на зминання:

$$\sigma_{zm} = F / (n \cdot d \cdot t_{min}) \leq [\sigma_{zm}]$$

де:  $d$  — діаметр болта;  $t_{min}$  — мінімальна сумарна товщина деталей, що зминаються в одному напрямку. (Важливо: розрахункова площа зминання приймається як проєкція циліндричної поверхні контакту на діаметральну площину, тобто прямокутник  $d \times t$ ).

Документ містить ознайомчий фрагмент (стор. 1–10). Повна версія доступна в електронній бібліотеці закладу після входу в особистий кабінет студента