

## **ІНСТРУКЦІЯ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ №6**

**з дисципліни «Технічна механіка»**

**на тему: «Побудова епюр поздовжніх сил, нормальних напружень і  
переміщень поперечних перерізів при розтязі-стиску»**

## Практичне заняття №6

**Тема:** «Побудова епюр поздовжніх сил, нормальних напружень і переміщень поперечних перерізів при розтязі-стиску»

**Мета:** Навчитися побудові епюр поздовжніх сил, нормальних напружень і переміщень поперечних перерізів

**Прилади та матеріали:** калькулятор, лінійка, олівець, аркуші зі стандартними штампами

### Теоретичні відомості:

**Розтяг(стиск)** – деформація, при якій в поперечному перерізі бруса виникає тільки поздовжнє розтягуюче або стискаюче зусилля.

Розтягуючі зусилля прийнято вважати позитивними, стискаючі – негативними.

Розтяг (стиск) викликається зовнішніми силами, що діють уздовж поздовжньої осі стержня.

**Нормальне навантаження ( $N$ )** – це алгебраїчна сума проекцій зовнішніх сил на поздовжню вісь стержня, що прикладені по один бік від перерізу(рис. 6.1).

$$N = \sum F_{zi}, H \quad (6.1)$$

де  $\sum F_{zi}$  – алгебраїчна сума проекцій зовнішніх сил на поздовжню вісь стержня

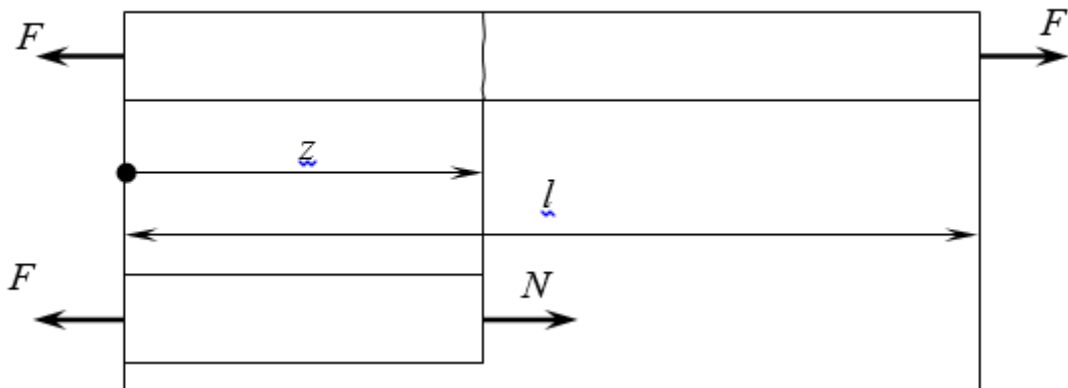


Рисунок 4.1 – Поздовжні зусилля у стержні

Зовнішні сили, що розтягують, (спрямовані від перерізу) беруться зі знаком “+”, зовнішні стискаючі сили (спрямовані до перерізу) – із знаком “-”.

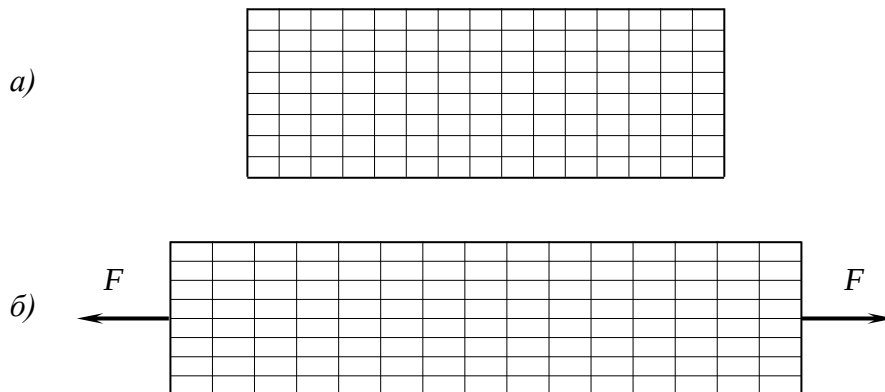


Рисунок 4.2 – Деформація стержня при розтягу:  
а – до розтягу; б – після розтягу

При дії навантаження поздовжні і поперечні лінії не скривлюються і залишаються взаємно перпендикулярними. Змінюються лише відстані між ними: між поперечними лініями збільшуються, а поздовжніми – зменшуються (рис. 6.2). Усі поперечні перерізи переміщуються паралельно і деформація стержня у всіх точках поперечного перерізу однакова. За законом Гуку в них діють однакові нормальні напруження ( $\sigma$ ), для визначення яких необхідно скористатись формулою:

$$\sigma = \frac{N}{A}, \text{ Па} \quad (6.2)$$

де  $N$  – нормальне навантаження, кН;

$A$  – площа поперечного перерізу стержня,  $\text{м}^2$ .

Для забезпечення міцності стержня фактичні напруження в поперечних перерізах стержня не повинні перевищувати припустимих значень, що й є умовою міцності при розтязі та стиску:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq [\sigma], \quad (6.3)$$

де  $[\sigma]$  – допустиме напруження матеріалу бруса на розтяг (стиск), МПа

*Види розрахунків при розтязі та стиску:*

- проектний розрахунок – визначають площу поперечного перерізу бруса:

$$A \geq \frac{N}{[\sigma]}$$

- розрахунок на критичні навантаження – визначають припустиму силу при заданих розмірах поперечного перерізу:

$$[N] = [\sigma] \cdot A$$

Графік зміни навантажень по довжині стержня називається *епюрою*. Для її побудови від базової лінії, проведеної паралельно поздовжній осі стержня, перпендикулярно відкладаються ординати, що діють у перерізах стержня поздовжніх зусиль. Штрихування епюри виконується прямими лініями, перпендикулярними до осі стержня.

**Завдання:** Побудувати епюри поздовжніх сил, нормальних напружень і переміщень поперечних перерізів за даною схемою навантаження бруса. Зробити проектний розрахунок бруса круглого перерізу на кожній ділянці. Матеріал бруса сталь Ст. 3;  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа. Вихідні дані прийняти за таблицею 6.1.

#### **Порядок виконання:**

1. На окремому аркуші в певному масштабі зображуємо заданий за умовою стержень, показуючи на ньому діючі продольні навантаження, елементи площ поперечних перерізів ступенів стержня, довжини ділянок, характерні точки, а також напрямок горизонтальної вісі  $z$ . Розбиваємо стержень на кілька перерізів, номеруючи їх, починаючи з вільного кінця.

2. Користуючись формулою 4.1, знаходимо значення нормальних зусиль в кожному перерізі стержня. По результатам обчислень в обраному масштабі будуємо епюру нормальних зусиль.

3. Користуючись формулою 4.2, знаходимо нормальні напруження в кожному перерізі стержня. По результатам обчислень в обраному масштабі будуємо епюру нормальних напружень.

4. Для визначення переміщень в характерних точках стержня, скористаємося формулою:

$$\delta_n = \sum \frac{N_n a}{E \cdot A}, \text{ мм}$$

де  $N$  – нормальне зусилля в перерізі, Н;

$a$  – довжина ділянки стержня, на якій діє нормальне зусилля, мм;

$E$  – модуль пружності другого роду(const), МПа;

$A$  – площа поперечного перерізу, м<sup>2</sup>

5. З умови міцності при розтязі та стиску визначаємо параметри перерізів на кожній ділянці стержня. Отримані значення корегуємо за стандартним рядом діаметрів валів. По отриманим діаметрам зображуємо ескіз стержня.

**Розрахунок значень діаметрів валів округлюють до стандартних із ряду (розміри в мм): 10; 10,5; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 35; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 60; 63; 65; 70; 72; 75; 80; 82; 85; 88; 90; 92; 95; 98; 100; 105; 108; 110; 112; 115; 117; 118; 120 (далі значення беруться кратні «2» та «5»).**

6. В кінці роботи зробити висновок про отримані знання та навички під час проведення практичної роботи. Оформити звіт.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

| Варіант | Схема навантаження | F, кН | A, мм <sup>2</sup> | a, м |
|---------|--------------------|-------|--------------------|------|
| 1       |                    | 9     | 100                | 0,9  |
| 2       |                    | 14    | 150                | 1,0  |
| 3       |                    | 21    | 200                | 1,1  |
| 4       |                    | 24    | 250                | 1,2  |
| 5       |                    | 29    | 300                | 1,3  |
| 6       |                    | 15    | 100                | 0,9  |
| 7       |                    | 22    | 150                | 1,0  |
| 8       |                    | 29    | 200                | 1,1  |
| 9       |                    | 37    | 250                | 1,2  |
| 10      |                    | 44    | 300                | 1,3  |
| 11      |                    | 16    | 100                | 0,9  |
| 12      |                    | 23    | 150                | 1,0  |
| 13      |                    | 31    | 200                | 1,1  |
| 14      |                    | 40    | 250                | 1,2  |
| 15      |                    | 47    | 300                | 1,3  |
| 16      |                    | 8     | 100                | 0,9  |
| 17      |                    | 15    | 150                | 1,0  |
| 18      |                    | 16    | 200                | 1,1  |
| 19      |                    | 21    | 250                | 1,2  |
| 20      |                    | 23    | 300                | 1,3  |
| 21      |                    | 9     | 100                | 0,9  |
| 22      |                    | 16    | 150                | 1,0  |
| 23      |                    | 19    | 200                | 1,1  |
| 24      |                    | 26    | 250                | 1,2  |
| 25      |                    | 26    | 300                | 1,3  |

### Приклад виконання завдання:

Порядок виконання завдання розглянемо на прикладі розв'язання за наступними даними:  
 $F = 60 \text{ кН}$ ,  $A = 500 \text{ мм}^2$ ,  $a = 1 \text{ м}$ ,  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .

#### 1. Побудова епюри поздовжніх сил $N$

Розбиваємо брус по довжині на ділянки I, II, III, границями яких є перерізи, де прикладені зовнішні сили і змінюється площа перерізів. Визначаємо  $N$  за рівнянням  $N_i = \sum F_{iz}$  на кожній ділянці і за отриманими значеннями будуємо епюру  $N$ .

$$N_I = F = 60 \text{ кН};$$

$$N_{II} = F = 60 \text{ кН};$$

$$N_{III} = F + 2F = 60 + 2 \cdot 60 = 180 \text{ кН}.$$

#### 2. Побудова епюри нормальних напружень $\sigma$

Визначаємо величину напружень в перерізах ділянок за формулою  $\sigma = \frac{N}{A}$  і будуємо епюру  $\sigma$ .

$$\sigma_I = \frac{N_I}{A_I} = \frac{60 \cdot 10^3}{500} = 120 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{II} = \frac{N_{II}}{A_{II}} = \frac{60 \cdot 10^3}{2,4 \cdot 500} = 50 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{III} = \frac{N_{III}}{A_{III}} = \frac{180 \cdot 10^3}{2,4 \cdot 500} = 150 \text{ МПа}.$$

#### 3. Побудова епюри переміщень поперечних перерізів $\delta$

Визначаємо величину переміщень крайніх перерізів ділянок (A, B, C, D) відносно нерухомого перерізу D і будуємо епюру  $\delta$ .

$$\delta_C = \Delta l_{CD} = \frac{N_{III} a}{E \cdot 2,4 A} = \frac{180 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 2,4 \cdot 500} = 0,75 \text{ мм}$$

$$\delta_B = \delta_C + \Delta l_{CB} = \delta_C + \frac{N_{II} a}{E \cdot 2,4 A} = 0,75 + \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 2,4 \cdot 500} = 1 \text{ мм};$$

$$\delta_A = \delta_B + \Delta l_{BA} = \delta_B + \frac{N_I 2a}{E \cdot A} = 1 + \frac{60 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^5 \cdot 500} = 2,2 \text{ мм}.$$

#### 4. Проектний розрахунок стержня

З умові міцності при розтязі та стиску визначимо діаметри стержня на кожній ділянці:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot N}{\pi \cdot [\sigma]}}, \text{ мм}$$

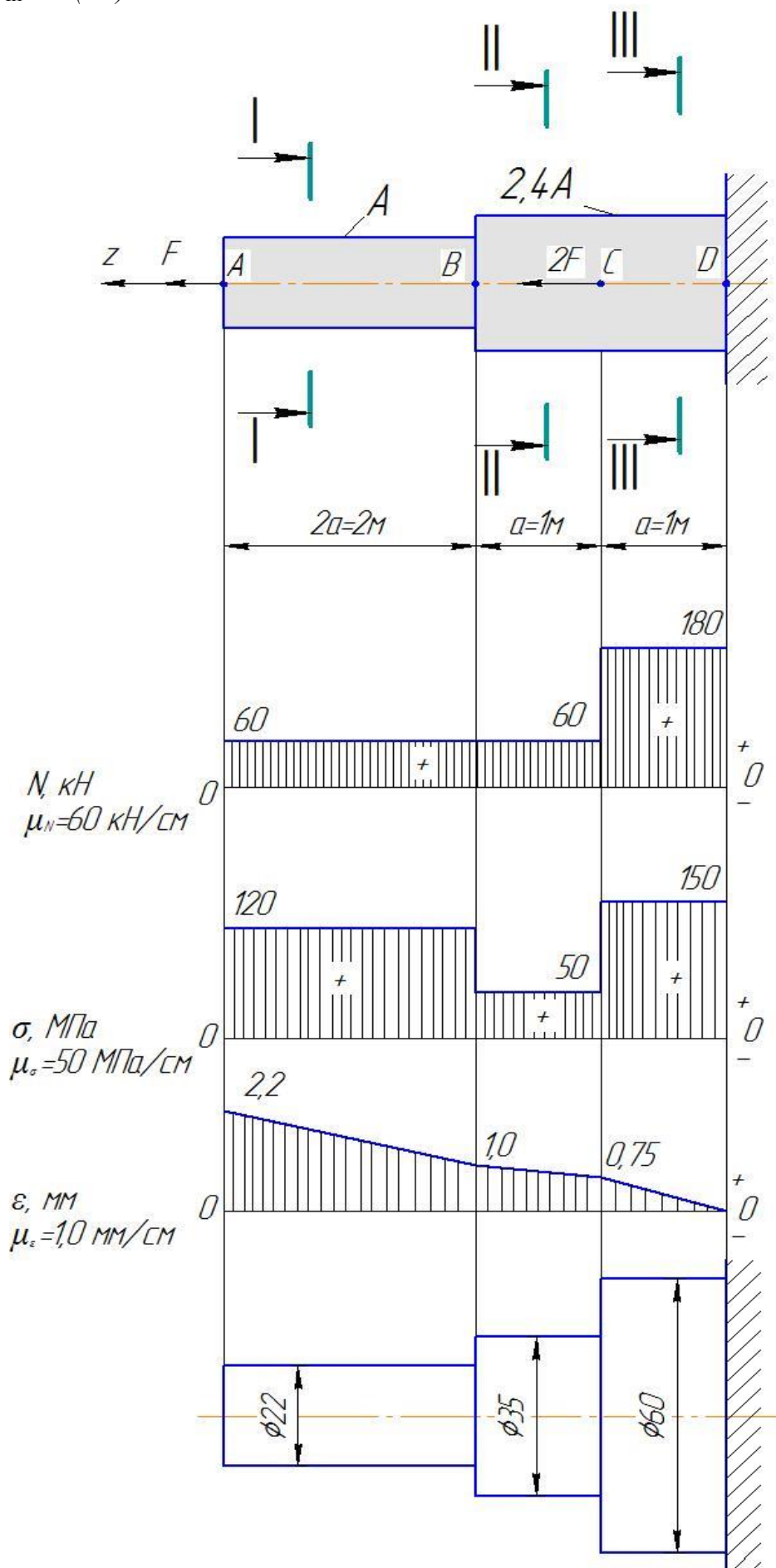
Розрахуємо діаметри на кожній ділянці та накреслимо ескіз стержня:

$$d_I = \sqrt{\frac{4 \cdot 60 \cdot 10^3}{\pi \cdot 160}} = 21,8 \text{ мм};$$

$$d_{II} = \sqrt{\frac{2,4 \cdot 4 \cdot 60 \cdot 10^3}{\pi \cdot 160}} = 33,8 \text{ мм};$$

$$d_{III} = \sqrt{\frac{2,4 \cdot 4 \cdot 180 \cdot 10^3}{\pi \cdot 160}} = 58,6 \text{ мм};$$

За стандартним рядом діаметрів валів приймаємо значення діаметрів стержня:  $d_I=22$  (мм);  
 $d_{II}=35$  (мм);  $d_{III}=60$  (мм).



### **Питання для самоперевірки:**

1. Що таке деформація? Види деформації
2. Які існують види деформуючих зусиль?
3. Що таке розтяг?
4. Що називається епюрою?
5. Що називається нормальним та допустимим напруженням?
6. Які правила побудови епюр?
7. Які існують види розрахунків при розтязі та стиску?
8. Запишіть умову міцності при розтязі
9. Що показують знаки нормальних зусиль?
10. Який фізичний зміст закладено в епюрі переміщень?

### **Рекомендована література:**

1. Аркуша А.А., Фролов М.И. Техническая механика: Учеб. для машиностроит. спец. Техникумов.—М.: Высшая школа, 1983. – 447с.
2. Ицкович Г.М. Сопротивления материалов. - М: «Высшая школа», 1986.
3. Михайлов А.М. Сопротивление материалов: Учеб. для техникумов.—М.: Стойиздат, 1989.- 352 с.
4. Писаренко Г.С. та ін. Опір матеріалів.- К.: Вища школа, 2004.- 655 с.