

**Розрахунково-графічна робота №2**  
**Реологічні властивості гірських порід**

**Завдання 2.1. Побудова кривої релаксації**

При миттєвому прикладенні навантаження межа міцності гірської породи складає  $\sigma_{ст}$ . При випробовуванні в режимі повзучості при напруженні  $\sigma_{тр}$  зразки тієї ж породи руйнувалися через  $t$  діб.

Побудувати для досліджуваної породи криву тривалої міцності та визначити, яке напруження вона здатна витримати через 200 діб.

Таблиця 2.1

Вихідні дані до виконання завдання 2.1

| Варіант | Межа міцності при короткочасному навантаженні $\sigma_{ст}$ , МПа | Тривала міцність $\sigma_{тр}$ , МПа | Тривалість дії навантаження до руйнування $t$ , діб |
|---------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1       | 60,9                                                              | 51,7                                 | 56                                                  |
| 2       | 51,0                                                              | 51,9                                 | 55                                                  |
| 3       | 50,7                                                              | 47,8                                 | 78                                                  |
| 4       | 55,3                                                              | 49,8                                 | 96                                                  |
| 5       | 51,6                                                              | 48,4                                 | 96                                                  |
| 6       | 56,4                                                              | 48,3                                 | 114                                                 |
| 7       | 56,2                                                              | 49,0                                 | 55                                                  |
| 8       | 59,9                                                              | 52,6                                 | 84                                                  |
| 9       | 53,8                                                              | 52,2                                 | 106                                                 |
| 10      | 58,2                                                              | 52,4                                 | 113                                                 |
| 11      | 50,1                                                              | 52,7                                 | 118                                                 |
| 12      | 52,5                                                              | 50,4                                 | 82                                                  |
| 13      | 56,4                                                              | 50,2                                 | 67                                                  |
| 14      | 50,5                                                              | 48,5                                 | 114                                                 |
| 15      | 53,6                                                              | 49,2                                 | 71                                                  |
| 16      | 54,1                                                              | 47,2                                 | 47                                                  |
| 17      | 50,6                                                              | 51,1                                 | 57                                                  |
| 18      | 57,3                                                              | 47,6                                 | 44                                                  |
| 19      | 57,8                                                              | 49,8                                 | 56                                                  |
| 20      | 56,7                                                              | 49,0                                 | 33                                                  |

## Порядок виконання роботи

1. Залежність тривалої міцності від часу дії навантаження описується рівнянням:

$$\sigma_{\text{тр}} = \sigma_{\text{ст}} \cdot \ln \frac{B \cdot e}{B + t}, \text{ МПа} \quad (2.1)$$

де  $\sigma_{\text{ст}}$  – межа міцності при короточасному навантаженні, МПа;

$B$  – константа, яка характеризує стійкість породи;

$e$  – основа натуральних логарифмів,  $e=2,71828$ ;

$t$  – час дії навантаження, с.

2. Визначимо параметр В, прийнявши  $t$  згідно завдання:

$$B = \frac{t \cdot e^{\frac{\sigma_{TP}}{\sigma_{CT}}}}{e - e^{\frac{\sigma_{TP}}{\sigma_{CT}}}} \quad (2.2)$$

При розрахунку час дії навантаження  $t$  підставляємо в секундах.

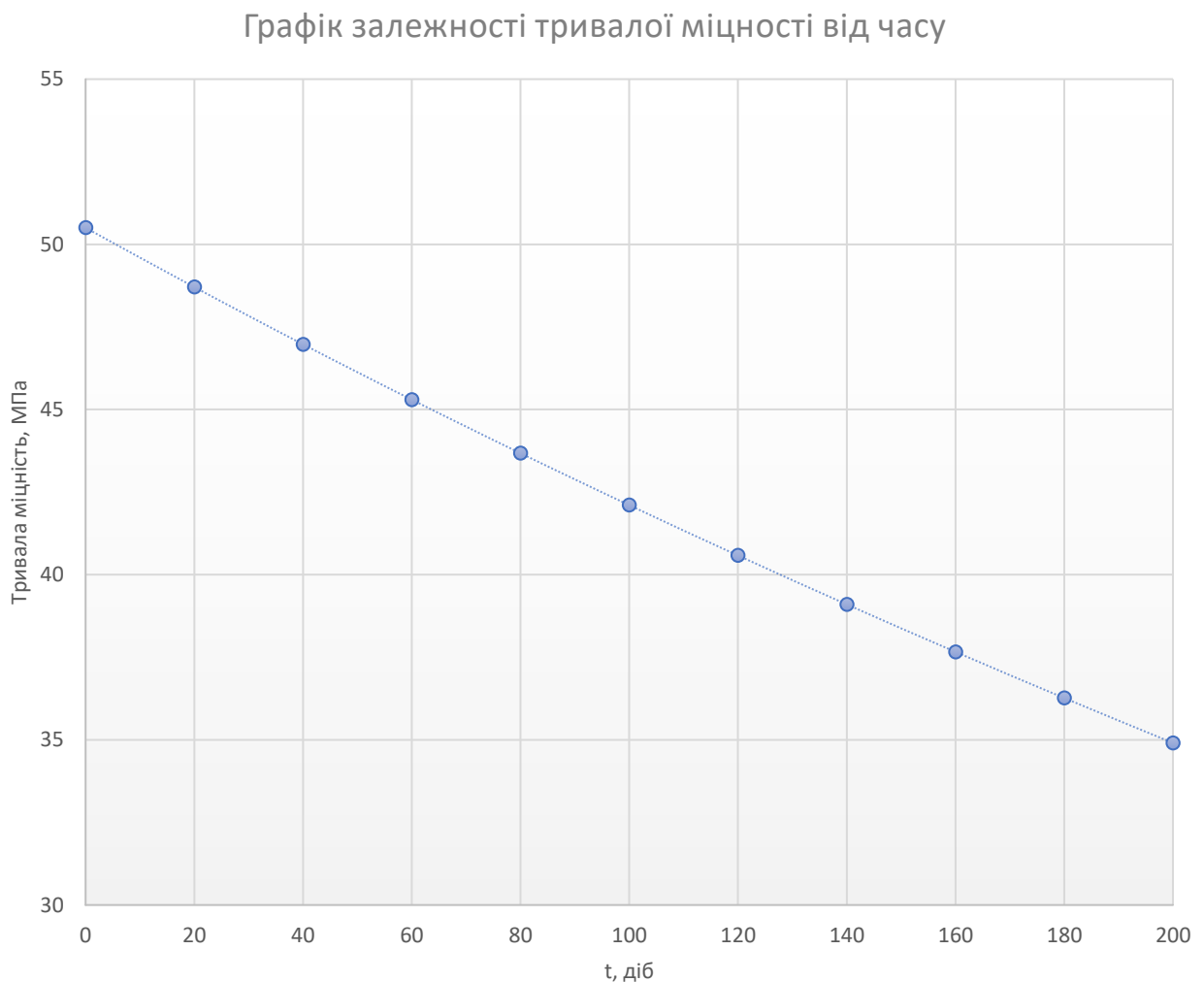
3. За допомогою формули 3.1 розраховуємо  $\sigma_{тр}$  що найменше для 10 значень  $t$  (найбільше з яких має відповідати тривалості 200 діб за умовою задачі) і наводимо результати розрахунків у вигляді таблиці.

Таблиця 2.2

### Приклад таблиці зведених результатів розрахунку

[illegible]

4. За результатами розрахунків зведених до спільної таблиці (табл. 2.2) будуємо графік тривалої міцності  $\sigma_{tr}=f(t)$ .



### Завдання 2.2. Побудова кривої релаксації

В момент часу  $t = 0$  прикладення навантаження до зразка гірської породи зумовило в ньому виникнення напруження  $\sigma_0$ . Виміри напружень в момент часу  $t_1$  при витримуванні зразка в умовах деформування показали зменшення напружень порівняно з початковими на  $\Delta\sigma$ . Визначити період релаксації гірської породи і за результатами розрахунків побудувати графічну залежність релаксації напружень.

## Вихідні дані до виконання завдання 2.2

| Варіант | Напруження $\sigma_0$ , МПа | Час релаксації $t_1 \cdot 10^5$ , с | Зменшення напруження $\Delta\sigma$ , МПа |
|---------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1       | 53                          | 22                                  | 7                                         |
| 2       | 60                          | 29                                  | 17                                        |
| 3       | 133                         | 18                                  | 18                                        |
| 4       | 90                          | 8                                   | 24                                        |
| 5       | 97                          | 15                                  | 4                                         |
| 6       | 116                         | 24                                  | 10                                        |
| 7       | 124                         | 5                                   | 24                                        |
| 8       | 83                          | 12                                  | 5                                         |
| 9       | 105                         | 24                                  | 20                                        |
| 10      | 82                          | 22                                  | 5                                         |
| 11      | 138                         | 20                                  | 4                                         |
| 12      | 115                         | 5                                   | 20                                        |
| 13      | 89                          | 11                                  | 25                                        |
| 14      | 62                          | 30                                  | 6                                         |
| 15      | 106                         | 28                                  | 13                                        |
| 16      | 50                          | 12                                  | 17                                        |
| 17      | 114                         | 24                                  | 21                                        |
| 18      | 137                         | 7                                   | 17                                        |
| 19      | 58                          | 29                                  | 16                                        |
| 20      | 135                         | 18                                  | 21                                        |

**Порядок виконання роботи**

1. Визначаємо період релаксації:

$$T_p = \frac{t_1}{\ln \sigma_0 - \ln \sigma} \quad (2.3)$$

де  $t_1$  – час релаксації, с;

$\sigma_0$  – початкові напруження, МПа;

$\sigma = \sigma_0 - \Delta\sigma$  – кінцеві напруження, МПа.

2. Розраховуємо зміну напружень в часі  $\sigma$  для щонайменше 10 значень  $t$  і зводимо їх до спільної таблиці (табл. 3.4):

$$\sigma = \sigma_0 \cdot e^{\frac{-t}{T}}, \text{ МПа} \quad (2.4)$$

де  $\sigma_0$  – початкове напруження в зразку породи, МПа;

$e$  – основа натуральних логарифмів;

$t$  – час дії навантаження, с;

$T$  – період релаксації.

Таблиця 2.4

Приклад таблиці зведених результатів розрахунку

|                            |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Час $t$ , діб              | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
| Час, $\text{с} \cdot 10^5$ |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |
| Напруження $\sigma$ , МПа  |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |

3. За одержаними координатами точок  $(\sigma, t)$  будемо криву релаксації породи.

Крива релаксації

