

А.Я. СТРУК, В.В. ДОВГАНЮК

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича

А.Я. СТРУК, В.В. ДОВГАНЮК

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Методичні рекомендації до лабораторних робіт



Чернівці
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича
2026

*Рекомендовано до видання Методичною радою
ФАБДПМ ЧНУ імені Юрія Федьковича
(протокол № 5 від 30 січня 2026 року)*

Струк А.Я., Довганюк В.В.

С-87 БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО : Метод. реком. до лабор. робіт /
А.Я. Струк, В.В. Довганюк. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Ю.
Федьковича. 2026. 80 с.

Методичні рекомендації пропонують детальний огляд методів оцінки параметрів стану та якості як традиційних, так і сучасних будівельних матеріалів. Він охоплює теми, що стосуються зведення, ремонту та реконструкції будівель і споруд. Крім того, у посібнику наведено розрахунки для проєктування складів композиційних будівельних матеріалів.

Методичні рекомендації будуть цінним ресурсом для студентів бакалаврату, магістратури та аспірантури на будівельних факультетах та спеціальностях.

Ключові особливості:

Комплексне висвітлення методів оцінки параметрів стану та якості будівельних матеріалів.

Детальні розрахунки для проєктування складів композиційних будівельних матеріалів.

Призначені для широкого кола студентів будівельних спеціальностей.

Методичні рекомендації допоможуть студентам отримати глибоке розуміння будівельних матеріалів та їх властивостей, що є важливим для успішної кар'єри в галузі будівництва.

УДК 693.552

© Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	5
--------------------	----------

РОЗДІЛ I

Фізико-механічні властивості будівельних матеріалів

Лабораторна робота 1. Визначення фізичних властивостей будівельних матеріалів.....	7
Лабораторна робота 2. Визначення механічних властивостей будівельних матеріалів.....	14

РОЗДІЛ II

Визначення характеристик природних будівельних матеріалів

Лабораторна робота 3. Природні кам'яні матеріали... ..	20
Лабораторна робота 4. Оцінка якості деревини.....	30

РОЗДІЛ III

Оцінка якості керамічних виробів

Лабораторна робота 5. Керамічні вироби та матеріали	39
Оцінка якості керамічної цегли за зовнішніми ознаками. ..	40
Визначення марки керамічної цегли за міцністю.....	42
Визначення якості керамічної плитки... ..	44

РОЗДІЛ V

Основні характеристики бетонів, їх компонентів та будівельних розчинів

Лабораторна робота 6. Оцінка якості дрібного заповнювача	9
Лабораторна робота 7. Випробування великого заповнювача	54
Лабораторна робота 8. Визначення модуля Юнга	58

Лабораторна робота 9. Визначення фізико-механічних характеристик арматурної сталі. Визначення класу арматурної сталі	61
Лабораторна робота 10. Вимірювання твердості за Бринелем	64
Лабораторна робота 11. Вимірювання твердості методом Роквелла	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	78

ВСТУП

Будівельне матеріалознавство – це ключова наука, що вивчає взаємозв'язок між складом, структурою та властивостями будівельних матеріалів. Незалежно від того, чи є матеріал неорганічним або органічним, природним чи штучним, він має свої унікальні властивості, які роблять його придатним для різних будівельних робіт. Розвиток цієї науки тісно пов'язаний з вивченням технічних характеристик матеріалів, оцінкою їхньої поведінки в різних умовах, а також з розробкою методів отримання матеріалів з заданими властивостями.

Ці методичні рекомендації пропонують комплексне дослідження якості будівельних матеріалів, включаючи методики виконання лабораторних робіт, необхідне обладнання, нормативні документи та контрольні питання для самостійної підготовки студентів. Він допоможе майбутнім фахівцям з будівництва отримати практичні навички в оцінці якості матеріалів, що є важливим для їхньої майбутньої професії.

РОЗДІЛ І

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Властивості матеріалів оцінюються за допомогою числових показників, які визначаються через випробування за стандартними методами. Залежно від впливів, що можуть діяти на матеріал, властивості поділяються на такі категорії:

- Параметри стану або структурні характеристики матеріалів (істинна, середня, насипна густина, пористість, порожнистість);
- Фізичні властивості, що визначають взаємодію матеріалів з фізичними процесами або впливами (водопоглинання, водостійкість, водопроникність, гігроскопічність, морозостійкість, теплопровідність, теплоємність, вогнестійкість, вогнетривкість тощо);
- Механічні властивості, які характеризують поведінку матеріалів під механічними навантаженнями, що викликають деформації або руйнування (міцність при стиску, вигині, розтязі, твердість, крихкість, зносостійкість, пружність, пластичність, опір ударам, повзучість);
- Технологічні властивості, що визначають здатність матеріалів до обробки різними методами (різання, свердління, стругання, розпилювання тощо);
- Спеціальні властивості, що оцінюють реакцію матеріалів на специфічні впливи (хімічна, корозійна, біологічна стійкість, газопаропроникність, довговічність тощо).

Лабораторна робота 1

Визначення фізичних властивостей будівельних матеріалів

Параметри стану будівельних матеріалів

Густиною (ρ) називають масу одиниці об'єму матеріалу. Щоб визначити густину ρ (кг/м³; г/см³), потрібно знайти масу матеріалу m (кг; г) і його об'єм V (м³; см³):

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad \text{г/см}^3. \quad (1.1)$$

Визначення істинної густини

Істинною густиною називають густину тієї речовини, з якої складається матеріал. Об'єм матеріалу визначається в умовах абсолютно щільного стану, тобто без пор і порожнин (V_a).

Для того щоб наблизити матеріал до абсолютно щільного стану, його ретельно подрібнюють, роблячи припущення, що кожна частинка не містить пор. Потім зважують на технічних терезах порцію подрібненого матеріалу (m_1) масою 70 г з похибкою не більше 0,01 г. Для визначення об'єму використовують прилад Ле-Шательє (рис. 1.1).

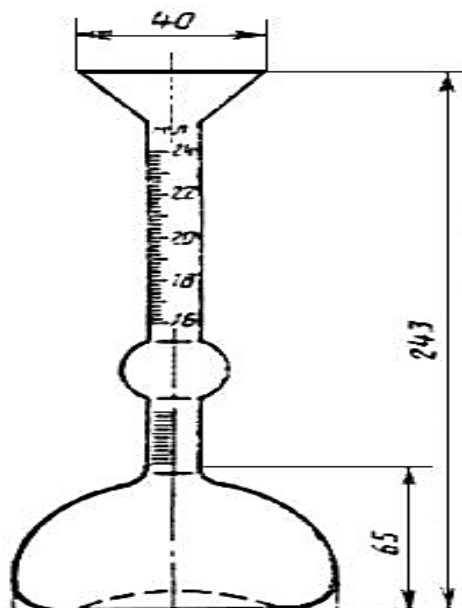


Рисунок 1.1 – Прилад Ле Шательє

У прилад Ле-Шательє наливають воду (або іншу інертну рідину, яка не взаємодіє з матеріалом) до нижньої позначки. Порошок поступово засипають у прилад маленькими порціями, поки рівень рідини не підніметься до верхньої позначки. Константа приладу — це об'єм між верхньою та нижньою позначками, який складає 20 см³. Таким чином визначають об'єм матеріалу, а залишок порошку зважують (маса залишку — m_2).

$$\rho = (m_1 - m_2)/V_a, \quad (1.2)$$

де m_1 — наважка, г; m_2 — маса залишку матеріалу, г; V_a — об'єм матеріалу, який дорівнює константі приладу Ле Шательє, см³.

Результати експерименту записують у таблицю 1.1. Таблиця 1.1 – Результати визначення істинної густини

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу		
Наважка порошку, г	m_1	
Маса залишку порошку, г	m_2	
Маса порошку, який висипали в об'ємомір, г	$m = m_1 - m_2$	
Об'єм порошку за константою приладу, см ³	V_a	
Істинна густина матеріалу, г/см ³	$\rho = (m_1 - m_2)/V_a$	

Визначення середньої густини

Середня густина (ρ_o) матеріалу — це густина матеріалу в його природному стані, тобто з урахуванням пор та порожнин.

Метод визначення середньої густини залежить від геометричної форми зразка матеріалу. Якщо зразок має правильну герметичну форму (наприклад, куб, паралелепіпед, циліндр тощо), то його об'єм визначають за відповідною формулою для цієї геометричної фігури. Після цього зразок зважують з точністю не більше 0,1 г (якщо маса зразка не перевищує 500 г) або не більше 1 г (якщо маса зразка більша за 500 г). Результати вимірювань заносять у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати дослідів

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу		
Геометричні розміри зразка, см	$a \times b \times h$	
Маса зразка, г	m	
Об'єм зразка, см ³	V	
Середня густина матеріалу, г/см ³	$\rho_o = m/V$	

Для зразків *неправильної геометричної форми* середню густина визначають за допомогою об'ємоміра (рис. 1.2).

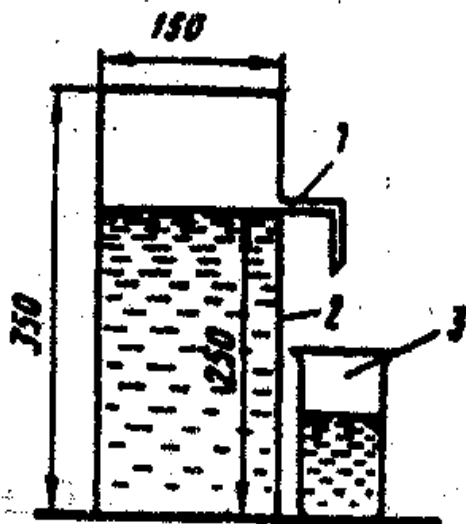


Рисунок 1.2 – Об'ємомір:

1 – зливна трубка; 2 – мірний посуд; 3 – склянка

Об'ємомір використовують під час визначення середньої густини зразків масою понад 500 г. Зразок зважують (m_1), парафінують і знову зважують (m_2). В об'ємомір наливають воду до рівня зливної трубки. Під трубку ставлять зважену попередньо склянку (m_3). Зразок на нитці занурюють в об'ємомір. Склянку з водою зважують (m_4). Маса води (г), витиснутої зразком ($m_4 - m_3$), дорівнює об'єму (см³) зразка з парафіном ($V_o + n$), оскільки $\rho_{\text{води}} = 1$ г/см³. Об'єм парафіну визначають за формулою:

$$V_o = (m_2 - m_1) / \rho_n, \quad (1.3)$$

де ρ_n – довідкова густина парафіну дорівнює 0,98 г/см³.

Середню густину матеріалу розраховують за формулою:

$$\rho_o = m_1 / V_o = m_1 / [(m_4 - m_3) / \rho_{\text{води}} - (m_2 - m_1) / \rho_{\text{п}}]. \quad (1.4)$$

Визначення насипної густини сипких матеріалів

Насипна густина – характеристика сипких матеріалів (цемент, пісок, щебінь), коли для розрахунків приймають увесь об'єм з урахуванням пустот між часточками сипкого матеріалу.

Насипну густину сипких матеріалів визначають за допомогою стандартного конуса (рис. 1.3).

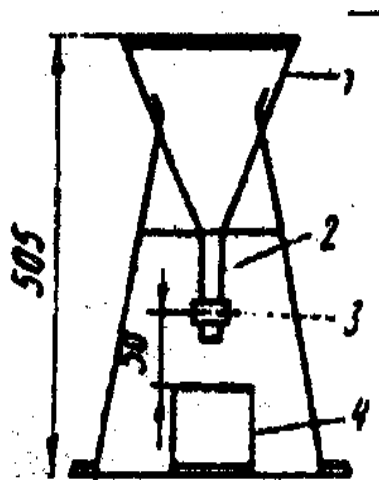


Рисунок 1.3 – Стандартний конус:

1 – корпус, 2 – трубка, 3 – засувка, 4 – мірний циліндр

Стандартний порожній циліндр об'ємом 1 л зважують. Дрібнозернистий матеріал насипають у зважений порожній циліндр зі стандартного конуса, звільнивши отвір від засувки. Циліндр заповнюють із надлишком, який зрізають лінійкою та зважують. Насипну густину знаходять за формулою:

$$\rho_{\text{нас}} = (m_2 - m_1) / V, \quad (1.5)$$

де m_1 – маса порожнього циліндра, г; m_2 – маса циліндра з матеріалом, г; V – об'єм циліндра, см³.

Результати експерименту заносять до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Результати експерименту

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу		
Об'єм циліндра, см ³	V	
Маса циліндра без матеріалу, г	m_1	
Маса циліндра з матеріалом, г	m_2	
Маса матеріалу, г	$m = m_1 - m_2$	
Середня насипна густина матеріалу, г/см ³	$\rho_{нас} = (m_1 - m_2)/V$	

Визначення пористості

Пористість – ступінь заповнення об'єму матеріалу порами.

Для розрахунку величини пористості результати попередніх експериментів заносять до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Дані для визначення пористості

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу		
Істинна густина матеріалу, г/см ³	ρ	
Середня густина матеріалу, г/см ³	ρ_o	
Пористість, %	P	

Визначення пористості проводять за формулою:

$$P = (\rho - \rho_o)/\rho. \quad (1.6)$$

Визначення порожнистості сипкого матеріалу

Порожнистість – частина об'єму, що знаходиться між зернами сипкого матеріалу.

Вихідні дані для визначення порожнистості беруть з таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Дані для визначення порожнистості

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу		
Істинна густина матеріалу, г/см ³	ρ	
Середня насипна густина сипкого матеріалу, г/см ³	ρ_o	
Порожнистість, %	Π_c	

Порожнистість визначають за формулою:

$$\Pi = [(\rho - \rho_n)/\rho] \cdot 100 \% \quad (1.7)$$

Визначення водопоглинання будівельних матеріалів

Водопоглинання – здатність матеріалу поглинати воду й утримувати її у своїх порах у разі безпосереднього контакту з водою.

Водопоглинання за масою (*вологість матеріалу*), що характеризується кількістю всмоктаної матеріалом води відносно маси сухого зразка визначають за формулою:

$$W_m = [(m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}})/m_{\text{сух}}] \cdot 100 \%, \quad (1.9)$$

де $m_{\text{нас}}$, $m_{\text{сух}}$ – маса матеріалу відповідно у насиченому водою та сухому стані, г.

Водопоглинання за об'ємом показує кількість всмоктаної матеріалом води відносно до його об'єму, що характеризує *відкриту пористість матеріалу*. Визначають цю властивість за формулою:

$$W_v^n = [(m_{\text{нас}} - m_{\text{сух}}) / V \cdot \rho_{\text{води}}] \cdot 100, \quad (1.10)$$

де $m_{\text{нас}}$, $m_{\text{сух}}$ – маса матеріалу відповідно у насиченому водою та сухому стані, г; V – об'єм матеріалу у сухому стані, см³; $\rho_{\text{води}}$ – густина води, г/см³.

Випробування проводять на двох або трьох зразках. Зразки висушують до постійної маси та записують масу сухого зразка. Потім їх занурюють у воду так, щоб над ними був шар води не менше 2 см і не більше 10 см, і витримують деякий час, рекомендований стандартами. Після насичення зразки виймають із води, витирають і зважують. Результати експериментів заносять до таблиці 1.6.

**Таблиця 1.6 – Результати експерименту
для визначення водопоглинання**

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу		
Об'єм зразка, см ³	V	
Маса сухого зразка, г	m_1	
Маса зразка насиченого водою, г	m_2	
Вологість, %	W	
Водопоглинання за масою, %	W_m	
Водопоглинання за об'ємом, %	W_v	

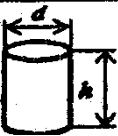
Лабораторна робота 2

Визначення механічних властивостей будівельних матеріалів

Механічні властивості матеріалів характеризують їх здатність протистояти впливу зовнішніх механічних сил і визначають їхню міцність. Міцність матеріалів оцінюється через межу міцності.

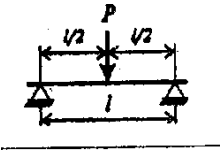
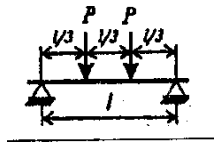
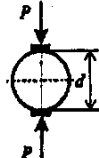
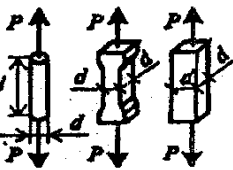
Межа міцності — це максимальне напруження, яке виникає в матеріалі перед його руйнуванням. Для визначення межі міцності проводять випробування на зразках стандартних розмірів і форми (табл. 2.1, 2.2). Межу міцності матеріалу визначають на серіях зразків, не менше трьох. Остаточним результатом вважається середнє арифметичне значення лише тих показників, що не відрізняються між собою більше ніж на 15 %.

**Таблиця 2.1 – Схеми стандартних методів визначення
міцності під час стискання**

Зразок	Ескіз	Розрахункова формула	Матеріал	Розмір зразка, см
Куб		$R = \frac{P}{S}$	Бетон, розчин, природний камінь	10 × 10 × 10 15 × 15 × 15 20 × 20 × 20 7,07 × 7,07 × 7,07 5 × 5 × 5
Циліндр		$R = \frac{P}{S}$	Бетон, природний камінь	d = 15; h = 30; d = h = 5; 7; 10; 15
Призма		$R = \frac{P}{S}$	Бетон, деревина	a = 10; 15; 20 h = 40; 60; 80 a = 2; h = 3
Складений зразок		$R = \frac{P}{S}$	Цегла	a = 12 b = 12,5; h = 14

Половинки призми		$R = \frac{P}{S}$	Цемент	$a = 4$ $S = 25 \text{ см}^2$
------------------	--	-------------------	--------	----------------------------------

Таблиця 2.2 – Схеми стандартних методів визначення міцності під час вигинання й розтягу

Різновид зразка	Ескіз	Розрахункова формула	Матеріал	Розмір стандартного зразка, см
Випробування на вигин				
Призма, цегла		$R_{\text{виг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}$	Цемент	4 × 4 × 16
			Цегла	12 × 6,5 × 25
Призма		$R_{\text{виг}} = \frac{PL}{bh^2}$	Бетон	15 × 15 × 15
			Деревина	2 × 2 × 30
Випробування на розтягування				
Циліндр		$R_p = \frac{2P}{\pi dl}$	Бетон	d = 15
Стрижень, вісімка, призма		$R_p = \frac{4P}{\pi d^2}$ $R_p = \frac{P}{a^2}$	Бетон	5 × 5 × 50 10 × 10 × 80
			Сталь	d = l l = 5; l > 10d

Визначення межі міцності під час стискання

Під час випробувань використовують гідравлічні преси з максимальним зусиллям 10 т; 100 т. Граничне навантаження знімають за показаннями фіксувальної стрілки манометра. Руйнівне зусилля визначають за тарувальними таблицями, що додаються до преса. Межу міцності під час стискання розраховують за формулою:

$$R = \frac{P}{S} \quad (2.1)$$

де P – руйнівне зусилля, кг; S – площа зразка, см².

Результати експерименту заносять до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати експерименту для визначення межі міцності під час стискання

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Розміри зразка, см: – довжина – ширина – діаметр – висота	l	
	b	
	d	
	h	
Площа перерізу, см ²	S	
Руйнівна сила, Н (кг)	P	
Межа міцності під час стискання, кг/см ² ; МПа	$R = \frac{P}{S}$	

Визначення межі міцності під час вигинання

Під час випробувань на вигинання використовують преси малої потужності, оснащені спеціальними пристроями для фіксації зразків і передачі навантаження, або автоматичну машину МІІ–100. При використанні машини МІІ–100 межу міцності визначають за лічильником, без необхідності виконання додаткових розрахунків.

Результат випробування фіксують у одиницях виміру напруження – кгс/см² (1 кгс/см² = 0,1 МПа). Розрахунок межі міцності при вигині виконують за формулою:

$$R_{\text{виг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (2.2)$$

де P – руйнівне зусилля, кг; l – відстань між опорами, см; b, h – ширина й товщина зразка, см.

Результати експерименту заносять у таблицю 2.4.

**Таблиця 2.4 – Результати експерименту
для визначення межі міцності при вигині**

Найменування показників	Позначення показника	Значення
1	2	3
Назва матеріалу		
Розміри зразка, см: – ширина – висота	b	
	h	
Відстань між опорами, см	l	
Руйнівна сила, Н (кг)	P	
Межа міцності під час вигинання, МПа	$R_{\text{виг}}$	

Визначення величини опору удару

Опір удару – властивість матеріалу опиратися руйнуванню під дією одно- або багатократно миттєво прикладених механічних зусиль. Міцність матеріалу характеризується роботою удару, що руйнує матеріал, або питомою роботою вантажу $A_{\text{уд}}$, що припадає на одиницю об'єму, і визначається за формулою:

$$A_{\text{уд}} = \frac{m(1+2+3+\dots+n)}{V} \cdot 10^3 \text{ (Дж/м}^3\text{)}, \quad (2.3)$$

де m – маса вантажу копра, кг; n – кількість ударів до руйнування; V – об'єм зразка, см³.

На удар випробують зразки-циліндри діаметром і висотою 25 мм. Випробування проводять на копрі. Маса вантажу копра становить 2 кг. Удари наносять у центр верхньої площини зразка: перший – з висоти 1 см, другий – 2 см, третій – 3 см і далі до руйнування зразка. Показником опору є порядковий номер удару, що передуює руйнуванню. Результати експерименту заносять до таблиці 2.5.

**Таблиця 2.5 – Результати експерименту
для визначення опору удару**

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу		
Розміри зразка, см: – діаметр – висота	d	
	h	
Об'єм зразка, см ³	V	
Кількість ударів	n	
Робота, Дж/м ³	A	

Визначення величини опору стиранню

Стирання характеризує стійкість матеріалу до абразивного зношування і оцінюється через втрату маси матеріалу, яка припадає на одиницю його площі, або через зменшення товщини зразка.

Кам'яні матеріали (бетон, розчини, природний камінь, керамічна плитка) випробовуються на колах стирання за допомогою абразивних порошків, таких як пісок або корундова крихта. Для цього готують два зразки-куби з довжиною ребра 70 мм. Зразки зважують з точністю не більше 0,1 г і визначають площу, яка буде піддана стиранню. Цикл випробування складає 560 обертів. Величину стирання матеріалу за масою можна знайти за формулою:

$$Cm_m = (m - m_1)/S, \quad (2.4)$$

де m – маса зразка до стирання, г; m_1 – маса зразка після стирання, г; S – площа стирання, см².

Стирання за об'ємом визначають за формулою:

$$Cm_o = (m - m_1)/Sp_o, \quad (2.5)$$

де m – маса зразка до стирання, г; m_1 – маса зразка після стирання, г; S – площа стирання, см²; ρ_o – густина матеріалу, г/см³.

Результати експерименту заносять до таблиці 2.6.

**Таблиця 2.6 – Результати експерименту
для визначення стирання**

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Назва матеріалу		
Площа зразка, см^2	S	
Маса зразка до стирання, г	m	
Маса зразка після стирання, г	m_1	
Стирання за масою, г/см^2	Cm_m	
Стирання за об'ємом, см	Cm_o	

Контрольні запитання

1. У чому полягає відмінність істинної та середньої густини?
2. На які властивості впливає пористість?
3. Від чого залежить міцність матеріалів і як її визначають?
4. Що показує механічний знос матеріалів і як цей показник використовують?
5. Як визначають марку матеріалів за міцністю?
6. Наведіть методику визначення насипної густини.
Де цей показник використовують?
7. Як розраховують вологість будівельних матеріалів?
8. Навіщо потрібно знати твердість будівельних матеріалів?

РОЗДІЛ II

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

До природних будівельних матеріалів відносяться мінеральні відкладення земної кори (природні кам'яні матеріали) та органічні ресурси, зокрема деревина. Обидва види мають різноманітні властивості, серед яких достатня міцність, морозостійкість, декоративна структура та інші. Вони є широко поширеними і часто використовуються як сировина для виробництва інших видів будівельних матеріалів.

Лабораторна робота 3 Природні кам'яні матеріали

У будівництві до природних кам'яних матеріалів відносяться матеріали та вироби, що отримуються шляхом механічної обробки (подрібнення, розколювання, розпилювання тощо) гірських порід, при цьому їхня природна структура та властивості не змінюються.

Гірською породою є мінеральна маса, що складається з одного або кількох мінералів.

Мінерал — це природна речовина, що утворюється в результаті фізико-хімічних процесів у земній корі та має визначений хімічний склад, однорідну будову і характерні фізичні властивості.

Для вивчення гірських порід їх розподіляють на окремі групи. Найпоширенішою є класифікація гірських порід за походженням, або генетична, відповідно до якої вони поділяються на магматичні, осадові та метаморфічні (рис. 3.1).

Магматичні породи поділяються на **глибинні (інтрузивні)** та **виливні (ефузивні)**. Осадові породи, у свою чергу, можуть бути механічного, хімічного та органогенного походження. **Метаморфічні породи** утворюються внаслідок структурних змін магматичних або осадових порід під впливом природних факторів, таких як тиск, температура, сонячна радіація тощо.

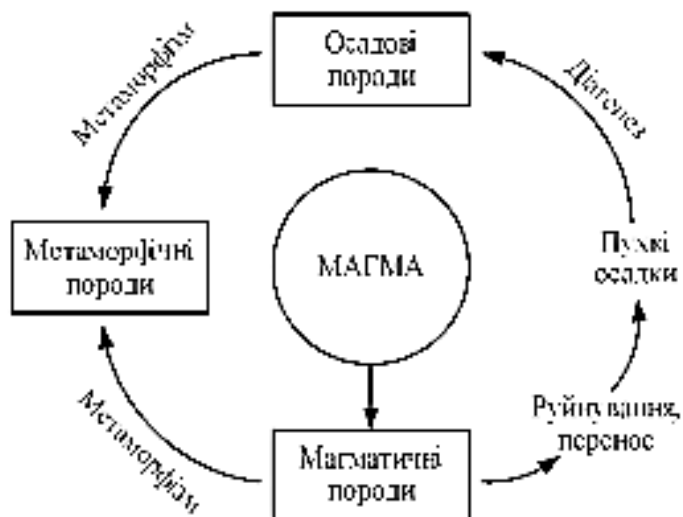


Рисунок 3. 1 – Генетична класифікація гірських порід

Мета роботи — ознайомитись з колекцією гірських порід, описати їх фізико-технічні характеристики та вказати можливі сфери їх застосування в архітектурі й будівництві.

Для виконання завдання необхідно самостійно або за допомогою викладача вибрати три зразки гірських порід, бажано різного генетичного походження, та зробити опис їхніх зовнішніх ознак і властивостей. Цю інформацію можна знайти у підручниках, довідниках або в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика головних гірських порід

Гірська порода	Середня густина, кг/м ³	Границя міцності під час стиску, МПа	Структура, текстура	Колір	Застосування
1	2	3	4	5	6
Вивержені породи					
Граніт	2 600... 2 800	100...250	Дрібно-, середньо-, великозерниста, порфірова	Сірувато-білий, темно-сірий, червонуватий, сіро-зелений, синьо-зелений	Зовнішнє і внутрішнє облицювання, мостовий камінь, тротуарні плити, щебінь, сходи

Сієніт	2 600... 2 800	150...220	Зазвичай середньо- зерниста, рідше дрібнозер- ниста	Сірий, сіро- зеленува- тий, червону- ватий, червоний	Зовнішнє облицюва- ння, мостовий камінь
Діорит	2 800... 3 000	150...300	Середньозерн иста, дрібнозер- ниста, рідше – велико- зерниста	Темно-сірий з зеленим відтінком	Облицю- вальний камінь, дорожнє будівництво
Габро	2 900... 3 200	200...400	Середньо- зерниста, дрібнозер- ниста, рідше – велико- зерниста	Темно-сірий до чорного	Зовнішнє облицюва- ння, дорожні покриття, гідротехнічні споруди
Лабрадо- рит	2 900... 3 100	130...250	Великозер- ниста	Чорний з пере- ливами синього	Зовнішнє і внутрішнє облицюва- ння, сходи і площадки, підлоги
Андезит	2 200... 2 700	60...240	Щільна, пориста з украпленнями	Сірий, бурий, чорний	Кислототрив кі вироби, щебінь
Діабаз	2 700... 2 900	200...400	Приховано кристалічна, дрібнокриста- лічна	Сірий, зеленувато- сірий. зелений	Гідротехнічні споруди, кислото- тривкі та жаростійкі облицюванн я і кладка, дорожнє будівництво

Базальт	2 800... 3 300	100...500	Приховано кристалічна, дрібнокристалі чна, склоподібна	Темно-сірий до чорного	Зовнішнє Облицю- вання, зовнішні сходи і площадки, дорожні покриття, гідротехнічні споруди, кислото- тривкі та жаростійкі облицюва- ння і кладка, плавлені вироби
Вулканіч- ний туф	700... 1 400	5...15	Склоподібна	Сірий, рожевий до фіолето- вого, коричне- вий, чорний	Укладання стін, зовнішнє і внутрішнє облицю- вання, заповнювач для легких бетонів, активна мінеральна добавка
Перліт	920... 2 400	25...100	Склоподібна	Сірий, сірувато- блакитний	Виготовленн я пористих заповню- вачів

Осадові породи					
Пісковик	1 900... 2 800	100...250	Дрібно- й тонкозерниста	Білий, жовтий, сірий, буруватий	Укладання фундаментів, стін, зовнішнє облицю- вання, виготовлення буту, щебню, дорожні покриття, гідротехнічні споруди, кислотривкі вироби
Доломіт	2 500... 2 900	100...150	Приховано кристалічна	Жовтувато- білий, буруватий	Виробниц- тво в'язучих речовин, вогнетривів, теплоізоля- ційних виробів, скла, буту, щебню
Магнезит	2 900... 3 000	120...200	Приховано кристалічна	Світло-сірий	Виготовлен- ня каустичного магнезиту, вогнетрив- ких виробів
Вапняк- чере- пашник	800... 1 800	0,4...15,0	Пориста	Білий, сірий, жовтуватий	Внутрішнє облицюва- ння, укла- дання стін, заповнювач для легкого бетону, виготовле- ння вапна, портландце- менту

Вапняк щільний	1 800... 2 600	10...150	Щільна безладно зерниста	Білий, сірий до чорного, жовтуватий, бурий	Виготовлення портланд-цементу, вапна, щебню, внутрішнє облицювання
Гіпс	2 000... 2 200	20...30	Зернисто-кристалічна	Білий, жовтий, сірий	Виготовлення в'язучих речовин, внутрішнє облицювання, скульптурні роботи
Ангідрит	2 800... 2 900	60...80	Зернисто-кристалічна	Блакитно-білий, сірий	Виготовлення в'язучих речовин, внутрішнє облицювання
Діатоміт	400... 1 200	2...5	Аморфна	Білий, жовтуватий	Активна мінеральна добавка, виготовлення теплоізоляційних виробів, легкої цегли
Трепел	350...800	2...3	Аморфна	Білий, сірий	Активна мінеральна добавка, виготовлення теплоізоляційних виробів, легкої цегли

Метаморфічні породи					
Гнейс	2 400... 2 700	60...250	Сланцювата	Сірий до червонувато го	Укладання фундаментів, бутова кладка, мостіння доріг
Глинис- тий сланець	2 600... 2 700	50...240	Тонко- сланцювата	Сірий до чорного	Влаштуван- ня покрівлі, виготовленн я пористих заповнювачі в для бетону
Мармур	2 600... 2 800	50...300	Дрібно-, середньо-, великозер- ниста, щільна	Білий, сірий, жовтуватий, блідо- рожевий, червоний, бурий, зеленуватий, чорний	Внутрішнє облицю- вання, виготов- лення монументів, декоративно - художніх виробів, заповнювач для декоратив- них бетонів
Кварцит	2 650... 3 000	100...500	Дрібнозер- ниста, щільна	Білий, жовтий, сірий, від рожевого до темно- вишневого	Зовнішнє облицюван- ня, під фермове каміння, виготовлен- ня вогне- тривких виробів, бутовий камінь, щебінь

Сфери застосування гірських порід у будівництві та архітектурі наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Сфери застосування гірських порід

Сфери застосування	Різновид матеріалів та виробів	Гірські породи, які рекомендуються
1	2	3
Укладання стін	Каміння та блоки	Пористі вапняки, опоки, вулканічні туфи, у яких середня густина не більше 2 100 кг/м ³ ; коефіцієнт розм'якшення не менше 0,6
Зовнішнє облицювання	Каміння та плити, архітектурно-будівельні вироби	Граніти, сієніти, габро, щільні вапняки
Внутрішнє облицювання	Каміння та плити, архітектурно-будівельні вироби	Мармури, пористі вапняки (травертин, черепашник), вулканічні туфи
Покриття підлоги	Поліровані або шліфовані плити	Граніт, сієніт, лабрадорит, мрамур
Дорожнє будівництво	Бордюрний камінь, камінь для брукування (брущатка, шашка), тротуарні плити	Граніт, діорит, габро, базальт
Гідротехнічні споруди	Каміння колоте й пиляне, щебінь, гравій	Граніти, сієніти, діабazi
Футерування апаратів та установок, які зазнають дії кислот, лугів, солей, агресивних газів	Тесані плити, цегла, бруски, фасонні вироби потрібної форми, щебінь	Для захисту від дії кислот: граніт, сієніт, базальт, андезит, кварцит, а від дії лугів: щільні вапняки, доломіти, магнезити, мармури. Для жаростійких облицювань: базальт, діабаз, вулканічні туфи

Заповнювачі для важких бетонів та розчинів	Щебінь, гравій, пісок	Граніт, сієніт, діорит, базальт, кварцит, щільні вапняки, кварц
Заповнювачі для легких бетонів	Щебінь, пісок	Пористі вапняки, опоки, вулканічні туфи, пемза
Сировина для виробництва виробів і матеріалів	Скло, кераміка, мінеральні в'язучі	Глинисті породи, діатоміти, трепел, пісок, вапняки, гіпс, магнезит, доломіт

Усі дані про гірську породу потрібно занести до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Опис зовнішніх ознак і властивостей гірських порід

Найменування показника	Назва гірської породи		
1	2	3	4
Класифікація за генетичним принципом			
Мінералогічний або хімічний склад			
Колір (світлі або темні)			
Структура (кристалічна, порфірова, скловидна, зерниста тощо)			
Блиск (скляний, перламутровий, жирний, матовий тощо)			
Твердість (за шкалою Мооса)			
Текстура (щільна, сланцевата, шарувата, волокниста, пориста, ніздрювата, тощо)			
Середня густина, кг/м ³			
Пористість, %			
Межа міцності, МПа			
Сфери застосування в архітектурі або будівництві			

Завершення опису повинне мати рекомендацію про застосування цих гірських порід у будівництві.

Контрольні запитання

1. Що називають гірською породою, а що мінералом?
Навести приклади.
2. Наведіть генетичну класифікацію гірських порід.
3. Навести класифікацію та приклади магматичних гірських порід?
4. Навести сфери застосування інтрузивних та ефузивних гірських порід?
5. Навести класифікацію осадових порід та сфери їх застосування?
6. Навести основні властивості гірських порід?
7. У який спосіб захищають вироби й деталі з гірських порід від руйнування?

Лабораторна робота 4

Оцінка якості деревини

Ділова будівельна деревина — це тканина волокон, звільнена від кори, крони та коріння, що розташована в стовбурі дерева.

Ріст деревини, який відбувається навесні та влітку, припиняється восени. Новий шар деревини, утворений в період росту, складається з двох частин: клітин, які з'являються навесні (вони великі і пористі), що мають низьку механічну міцність, та клітин, які утворюються влітку (дрібні, щільні, з товстими стінками), що мають вищу міцність. Літня деревина, що містить щільніші клітини, має темніший колір і називається **пізньою деревиною**.

Стовбур дерева є його головною частиною. Макроструктуру стовбура розглядають в трьох напрямках:

- **Поперечний** — перпендикулярно осі стовбура.
- **Радіальний** — проходить через вісь стовбура.
- **Тангенціальний** — проходить у площині осі стовбура на певній відстані від неї (рис. 4.1).

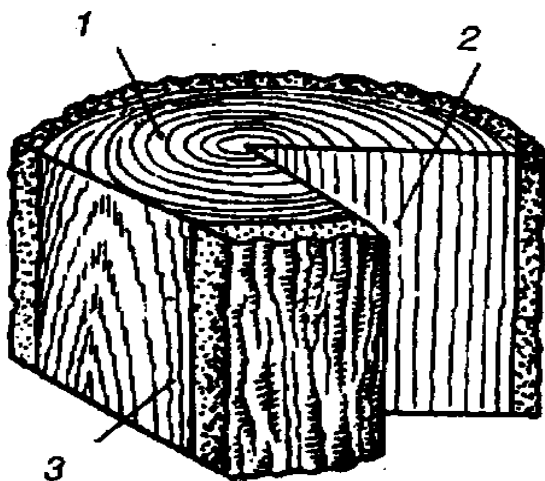


Рисунок 4.1 – Основні розрізи стовбура дерева: 1 – поперечний; 2 – радіальний; 3 – тангентальний

На поперечному розрізі стовбура дерева розрізняють такі основні частини: **кору**, **луб**, **камбій**, **власне деревину** (що складається із **заболоні** та **ядра**) і **стрижень**.

Вивчення макроструктури деревини дозволяє виявити її основні ознаки, визначити породу дерева та прогнозувати фізико-механічні та інші властивості матеріалу.

Мета роботи:

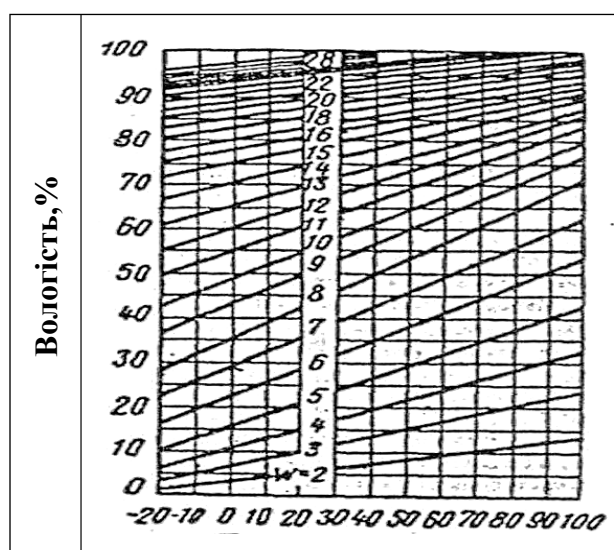
Визначення головних властивостей деревини та вивчення її мікроструктури.

Визначення вологості деревини:

Вологість деревини значно впливає на її основні властивості. При збільшенні вологості погіршуються всі ключові характеристики деревини: **збільшується густина, зменшується міцність і збільшується теплопровідність**. Вологість деревини визначається у відсотках, як відношення маси води в зразку до маси сухого зразка.

Вологість, яку набуває деревина внаслідок тривалого перебування на повітрі при сталих температурах і вологості, називається **рівноважною вологістю**. Кожному поєднанню температури й вологості повітря для конкретної породи деревини відповідає її певна **гігроскопічна вологість**. Зазвичай **стандартною вологістю деревини** прийнято вважати 12 %.

Для визначення **рівноважної вологості** використовують номограму, розроблену **М. М. Чулицьким** (рис. 4.2). Для визначення температури та вологості повітря в приміщенні застосовують **гігрометр психометричний ВІТ-1**.



Температура повітря, °C
Рисунок 4.2 – Номограма М. М. Чулицького

Результати визначення вологості деревини потрібно занести до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри для визначення вологості деревини

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Порода деревини		
Середня температура повітря у приміщенні, °C	$t_{\text{сух}}$	
Показання «вологого» термометра, °C	$t_{\text{вол}}$	
Середня відносна вологість повітря у приміщенні, %	$W_{\text{пов}}$	
Вологість деревини, %	$W_{\text{дер}}$	

Визначенні середньої густини

Метод визначення середньої густини деревини залежить від геометричної форми зразка матеріалу. Зразок деревини правильної герметичної форми (куб, паралелепіпед, циліндр тощо) вимірюють і розраховують об'єм за відповідною формулою. Потім зразок зважують із похибкою не більше 0,1 г. Результати дослідів заносять у таблиці 4.2, коефіцієнт K_{12}^w визначають за таблицею 4.3.

Таблиця 4.2 – Результати дослідів

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Порода деревини		
Геометричні розміри зразка, см	$a \times b \times h$	
Об'єм зразка, см ³	V	
Маса зразка, г	m	
Вологість деревини, %	$W_{\text{дер}}$	
Коефіцієнт перерахунку з таблиці 3.3	K_{12}^w	
Середня густина деревини під час випробування, г/см ³	ρ_w	
Середня густина деревини за 12 % вологості, г/см ³	$\rho_{12}^w = \frac{\rho_w}{K_{12}^w}$	

Таблиця 4.3 – Коефіцієнти перерахунку K_{12}^W

Вологість, %	Коефіцієнт перерахунку K_{12}^W	
	Біла акація, береза, бук, граб, ялиця	Інші породи деревини
1	2	3
5	0,980	0,972
6	0,983	0,977
7	0,986	0,981
8	0,989	0,985
9	0,992	0,989
10	0,995	0,993
11	0,997	0,996
12	1,000	1,000
13	1,002	1,004
14	1,005	1,007
15	1,007	1,010
16	1,009	1,014
17	1,011	1,017
18	1,013	1,020
19	1,014	1,023
20	1,016	1,026
21	1,018	1,029
22	1,019	1,031
23	1,020	1,034
24	1,021	1,036
25	1,022	1,039
26	1,023	1,041
27	1,024	1,043
28	1,025	1,046
29	1,025	1,048
30	1,026	1,050

Визначення відсотка пізньої деревини

Річні шари деревини складаються з двох частин: ранньої та пізньої деревини. Пізня деревина є більш щільною і міцною. Чим більше утворюється пізньої деревини, тим вища механічна міцність деревини.

Для визначення відсотка пізньої деревини на поперечному розрізі зразка, в радіальному напрямі необхідно виконати такі кроки:

Накреслити лінію l завдовжки 20 мм на поперечному розрізі зразка.

В кожному річному шарі виміряти ширину пізньої деревини a_i з точністю до 0,1 мм.

Обчислити відсоток пізньої деревини за формулою:

$$m = \frac{\sum a_i}{l} \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

де $\sum a_i$ – загальна ширина пізніх зон, мм; l – довжина лінії, мм.

Результати визначення кількості річних шарів в 1 см і відсоток пізньої деревини занести до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Вміст пізньої деревини

Порода деревини	Кількість річних шарів n , шт.	Довжина лінії l , мм	Загальна ширина пізніх зон $\sum a_i$, мм	Вміст пізньої деревини, %

Залежність між відсотковим вмістом пізньої деревини та межами міцності під час стиску й вигинання визначають за формулою:

$$\sigma = C \cdot m + D,$$

де σ – межа міцності під час стиску вздовж волокон або вигинанні за нормальною вологістю (12 %), МПа; m – вміст пізньої деревини, %; C , D – коефіцієнти, що залежать від породи деревини й різновиду зовнішніх навантажень, обирають за таблицею 4.5.

Таблиця 4.5 – Значення коефіцієнтів C і D

Різновид зовнішніх навантажень	Значення «С», МПа		Значення «Д», МПа	
	дуб	сосна	дуб	сосна
Стискання уздовж волокон	0,32	0,6	29,45	30,0
Статичне вигинання	0,73	1,4	47,50	56,0

Результати визначення міцності деревини занести до таблиці 4.6. Таблиця 4.6 – Результати для визначення міцності деревини

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Порода деревини		
Вміст пізньої деревини, %	m	
Межа міцності під час стискання, МПа	$\sigma_{ст}$	
Межа міцності під час вигинання, МПа	$\sigma_{виг}$	

Вади деревини

Вадами деревини називають відхилення від її нормальної будови, пошкодження та захворювання. Походження вад може бути різним, наприклад, одні утворюються у період зростання дерева, а інші – під час його зберігання та експлуатації (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Різновиди вад деревини

Групи вад	Головні типи	Причини вад
1	2	3
Тріщини (розриви Деревини вздовж волокон)	Мітик	Виникають в дереві, що росте, і Збільшуються в зрубаному дереві при висиханні
	Відлупина	Спричинюється морозом
	Морозні тріщини	
	Тріщини всихання	Утворюються при висиханні
Хімічні забарвлення	Гнилизна	Виникають унаслідок хімічних та біохімічних процесів окиснення дубильних речовин, спричинених життєдіяльністю грибів
	Грибні забарвлення	
Сучки (частини гілок)	Здорові зрощені	Утворюються в період росту дерева
	Незрощені	
Пошкодження комахами (червоточина)	Поверхневі	Ходи й отвори, пророблені комахами
	Неглибокі	
	Глибокі	
	Наскрізні	

Вади будови деревини	Нахил волокон – відхилення напряду волокон від повздовжньої осі колоди або пиломатеріалів	Неправильність росту; внаслідок обдирання, удару чи пошкодження кори вогнем
	Завилькуватість – звивисте чи безладне розміщення волокон	
	Завиток – місцеве викривлення волокон	
	Крен – ненормальний підсилений розвиток пізньої зони деревини;	
	Засмолок – ділянка деревини, густо просочена смолою	
	Прорість – омертвіла ділянка деревини чи кори, яка заросла в стовбурі дерева	
	Сушобокість – зовнішнє однобічне омертвіння стовбура	
Вади форми стовбура	Збіжистість – діаметр стовбура зменшується більше як на 1 см на кожному метрі висоти стовбура	
	Закомелістість – різке збільшення діаметра нижньої частини стовбура	
	Кривизна – викривлення стовбура	

Сорт деревини, її якість встановлюють здебільшого за наявністю вад деревини. Результати огляду зразків із вадами заносять до таблиці 4.8. Опис вад деревини надають за допомогою таблиці 4.7.

Таблиця 4.8 – Вади зразка деревини

Групи вад	Опис	Рисунок

Вивчення мікроструктури деревини

Мікроструктуру деревини вивчають під мікроскопом. Необхідно на спеціально підготовлених зразках, які є тонкими зрізами різних порід деревини, роздивитися особливості мікроструктури й занести рисунки до своїх конспектів. Приклади мікроструктури деревини наведено на рисунку 4.1.

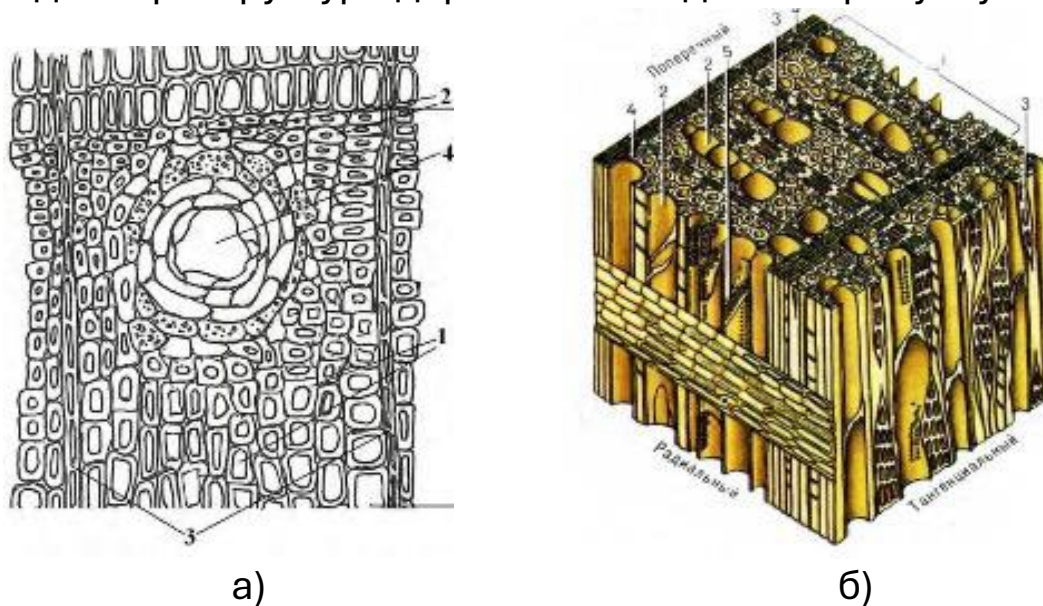


Рисунок 4.1 – Мікроструктури деревини:
а – пласке зображення; б – об’ємне зображення

Контрольні запитання

1. Навести позитивні властивості деревини.
2. Як і навіщо визначають відсоток пізньої деревини?
3. Як визначити розрахункову міцність деревини залежно від вмісту пізньої деревини?
4. Як визначити вологість деревини?
5. Як визначити середню густину деревини?
6. Навести класифікацію вад деревини.

РОЗДІЛ III

ОЦІНКА ЯКОСТІ КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ

Лабораторна робота 5. Керамічні вироби та матеріали

Керамічні матеріали — це матеріали, які отримують з глиняних мас шляхом формування, сушіння та випалювання.

Фізичні властивості керамічних матеріалів:

- **Істинна густина** керамічних матеріалів коливається в межах **2,5–2,7 г/см³**.
- **Середня густина** становить від **2000 до 2300 кг/м³**.
- **Теплопровідність** абсолютно щільного черепка дорівнює **1,16 Вт/м·°С**.
- **Межа міцності при стиску** варіюється від **0,05 МПа до 1000 МПа**.
- **Водопоглинання** залежно від пористості може змінюватися від **0% до 70%**.

Морозостійкість керамічних матеріалів:

Керамічні матеріали мають різні марки морозостійкості, такі як **10, 25, 35, 50, 75, 100**.

Види керамічних виробів за призначенням:

1. **Стінові вироби:**
 - Керамічна звичайна цегла.
 - Пустотіла цегла.
 - Пористо-пустотіла цегла.
 - Легка керамічна цегла.
 - Великорозмірні блоки та панелі з керамічної цегли й каменів.
2. **Оздоблювальні вироби:**
 - Для зовнішнього та внутрішнього облицювання конструкцій будівель і споруд.
 - Для підвищення довговічності будівель.
3. **Керамічні вироби для покрівлі:**
 - Черепиця.
4. **Керамічні вироби для перекриттів.**

5. **Сантехнічні вироби:**
 - Труби, сантехнічне обладнання тощо.
6. **Теплоізоляційні матеріали:**
 - Керамзит, аглопорит та інші теплоізоляційні продукти.
7. **Вогнетривкі матеріали:**
 - Використовуються для виготовлення виробів, що піддаються високим температурам.
8. **Кислотостійка кераміка:**
 - Для використання в умовах агресивних середовищ.
9. **Керамічні труби:**
 - Для різноманітних інженерних комунікацій.

3.1. Оцінка якості керамічної цегли за зовнішніми ознаками

Мета роботи:

Метою цієї роботи є визначення відповідності звичайної глиняної цегли за її зовнішнім виглядом вимогам стандартів і встановлення марки цегли за міцністю.

Процедура випробувань:

Для проведення випробувань керамічної цегли та керамічних каменів зразки відбираються методом випадкового відбору з різних місць партії в залежності від її кількості:

- Для партії від **10 000 до 35 000 шт.** — відбирається **80 зразків**.
- Для партії більше **35 000 шт.** — відбирається **125 зразків**.

Випробування для визначення відповідності цегли за різними характеристиками:

1. **Розміри та правильність форми** — вибирається **24 зразки**.
2. **Присутність вапняних включень** — вибирається **5 зразків**.
3. **Маса, густина, водопоглинання** — вибирається **3 зразки**.
4. **Морозостійкість:**
 - За втратою маси — вибирається **5 зразків**.
 - За втратою міцності — вибирається **20 зразків**.

5. Межа міцності під час стиску — вибирається 10 зразків.

6. Межа міцності під час вигинання — вибирається 5 зразків.

Визначення якості цегли за зовнішніми ознаками:

1. Розміри виробів:

○ Розміри цегли, геометричні параметри пустот і дефекти визначають за допомогою **металічної лінійки** з похибкою не більше **1 мм**.

2. Номінальні розміри цегли та назви її граней:

○ Всі номінальні розміри цегли і назви її граней наведені на **рисунку 5.1** (який ілюструє вигляд та форму цегли, її розміри та структуру).

Загалом, випробування покликані перевірити відповідність цегли нормам за розмірами, формою, наявністю дефектів та її фізико-механічними властивостями, що забезпечить точну оцінку її якості для будівельних робіт.

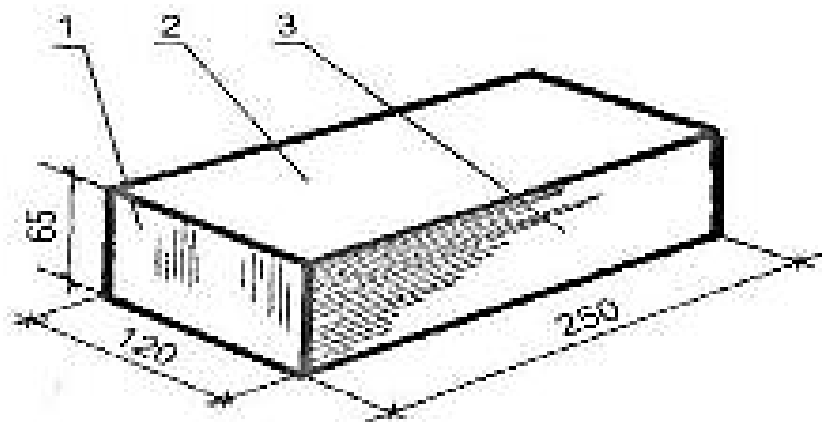


Рисунок 5.1 – Номінальні розміри та грані керамічної цегли:

1 – поперечник; 2 – постіль; 3 – довжик

Граничні відхилення від номінальних розмірів (мм) не повинні перевищувати:

- за довжиною – ± 5 ;
- за довжиною – ± 4 ;
- за товщиною: для цегли – ± 3 ; для каменів – ± 4 .

На виробках не повинно бути дефектів зовнішнього вигляду,

розміри й кількість яких перевищують вказані у ДСТУ Б В.2.7–61:2008.

Результати вимірів заносять до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Показники зовнішнього вигляду цегли

Найменування показників	Вимоги за ДСТУ	Результати вимірювання
Відхили від розмірів, мм:		
– за довжиною	5	
– за шириною	4	
– за товщиною	3	
Кривизна ребер цегли, мм, не більше:		
– по постілі	3	
– по ложку	4	
Відбитість кутів завглибшки 10–15 мм	2 шт.	
Відбитість і затупленість ребер завширшки більше 5 мм, завдовжки по ребру 10–15 мм	2 шт.	
Наскрізні тріщини, завдовжки до 30 мм	1 шт.	
Ступінь випалу	норма	
Вапнякові включення	немає	

3.2. Визначення марки цегли керамічної за міцністю

Марку цегли й каменів за міцністю встановлюють за результатами їхніх випробувань на міцність під час стиску й вигинання.

Межу міцності при стиску цегли визначають на зразках із двох цілих цеглин або з двох половинок. Цеглу розпилюють на половинки, які кладуть одна на одну поверхнями розтину в протилежні сторони, скріплюють цементним розчином, а їх опірні поверхні вирівнюють розчином такого складу: цемент марки не нижче 400 – 1 мас. ч.; пісок крупністю не більше 1,25 мм – 1 мас. ч.; В/Ц – 0,40. Зразки вимірюють із похибкою до 1 мм для розрахунку їхньої площі перерізу.

Для проведення випробувань використовують прес із максимальним зусиллям 1 000 кН (100 т). Схему випробування наведено на рисунку 5.2.

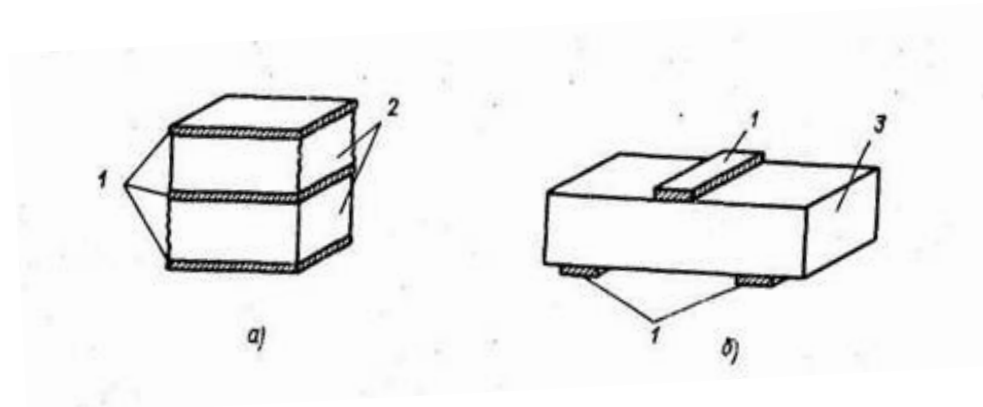


Рисунок 5.2 –Схема випробування керамічної цегли на міцність:
а – випробування під час стиску; б – випробування рід час вигинання

Межу міцності під час стиску R (МПа) зразка знаходять за формулою

$$R = \frac{P}{S} \quad (5.1)$$

де P – максимальне навантаження, кг; S – площа перерізу зразка, см².

Дані випробувань заносять до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати випробувань цегли під час стискання

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Розміри зразка, см: – довжина – ширина	l	
	b	
Площа перерізу, см ²	S	
Руйнівна сила, Н (кг)	P	
Межа міцності під час стиску, кг/см ² (МПа)	R	

Межу міцності при вигині визначають за схемою балки, що вільно лежить на двох опорах з навантаженням, прикладеним у центрі прольоту. Відстань між опорами приймається 20 см. Для випробування на поверхню цегли наносять три смужки цементного розчину завширшки 2–3 см: одну посередині верхньої грані та дві на краях протилежної грані на відстані 20 см.

Перед проведенням випробування вимірюють ширину й товщину цегли в центрі прольоту. Випробування здійснюється за допомогою 5-тонного гідравлічного преса. Розрахунок межі міцності на вигин виконується за формулою:

$$R_{\text{виг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, [\text{кг/см}^2; \text{МПа}], \quad (5.2)$$

де P – руйнівне навантаження, кг; l – довжина прольоту між опорами, см; b – ширина цегли, см; h – висота (товщина) цегли, см.

Результати випробувань заносять до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати випробувань цегли під час вигинання

Найменування показників	Позначення показника	Значення
Розміри зразка, см: – ширина – висота	b	
	h	
Відстань між опорами, см;	l	
Руйнівна сила, кг	P	
Межа міцності під час вигинання, кг/см ² (МПа)	$R_{\text{виг}}$	

Марку встановлюють за середнім значенням показників міцності з урахуванням мінімального значення.

3.3. Визначення якості керамічної плитки

Керамічні плитки, які виготовляються для внутрішнього оздоблення приміщень, класифікуються за наступними ознаками:

- **За призначенням:** плитка для облицювання стін; плитка для підлоги.
- **За типом лицьової поверхні:** гладкі; рельєфні.
- **За способом декорування:** одноколірні; багатобарвні; з повторюваним малюнком; з неповторюваним малюнком.
- **За видом глазури:** блискучі; матові; прозорі; заглишені.
- **За формою:** квадратні; прямокутні; фігурні; фасонні деталі (куточки, карнизні плитки, плінтусні плитки) (рис. 5.3).

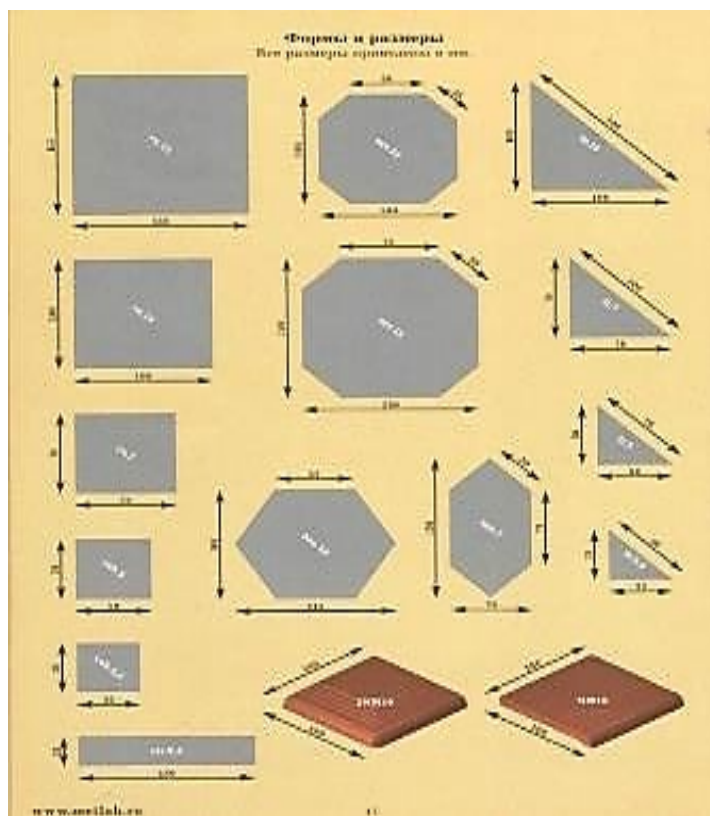


Рисунок 5.3 – Форми керамічних плиток

Виробництво плиток повинно відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7–67–98 та технологічному регламенту підприємства-виробника.

Зовнішній вигляд та стан поверхні плиток оцінюють із відстані 1-2 м. На лицьовій стороні плиток не допускаються видимі з відстані 1 м дефекти, такі як щербини, пліщини, мушки, пухирці, плями. З відстані 2 м не повинні бути помітні хвилястість, нерівномірність забарвлення глазури, розмиті контури малюнка, розрив або зміщення декору, а також недопал фарби.

Глазур може бути блискучою або матовою, прозорою або заглашеною. Колір, відтінок, малюнок і рельєф лицьової поверхні плиток повинні відповідати зразкам-еталонам, затвердженим у встановленому порядку. Для плиток з унікальним малюнком (наприклад, мармуроподібні) затверджується лише еталон кольору, без фіксації малюнка. Монтажна сторона плитки повинна мати рифлену поверхню з висотою рельєфу не менше 0,3 мм для забезпечення надійного зчеплення з розчином.

На лицьовій стороні плиток не допускаються тріщини. Для плиток першого та другого сортів допускаються деякі незначні дефекти лицьової поверхні (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Допустимі дефекти керамічної плитки

Вид дефекту	Норма для плиток розмірами, мм		
	50	Вище 50 до 200 включно	Вище 200
Відбитість кутів не більше:			
– загальна площа, мм;	4	10	15
– кількість, шт.	1	2	2
Відбитість ребер, мм, не більше:			
– ширина;	1	2	3
– загальна довжина	3	15	20
Посічка загальною довжиною, мм, не більше	2	25	30

Наочно види дефектів керамічної плитки подано на рисунку 5.4.

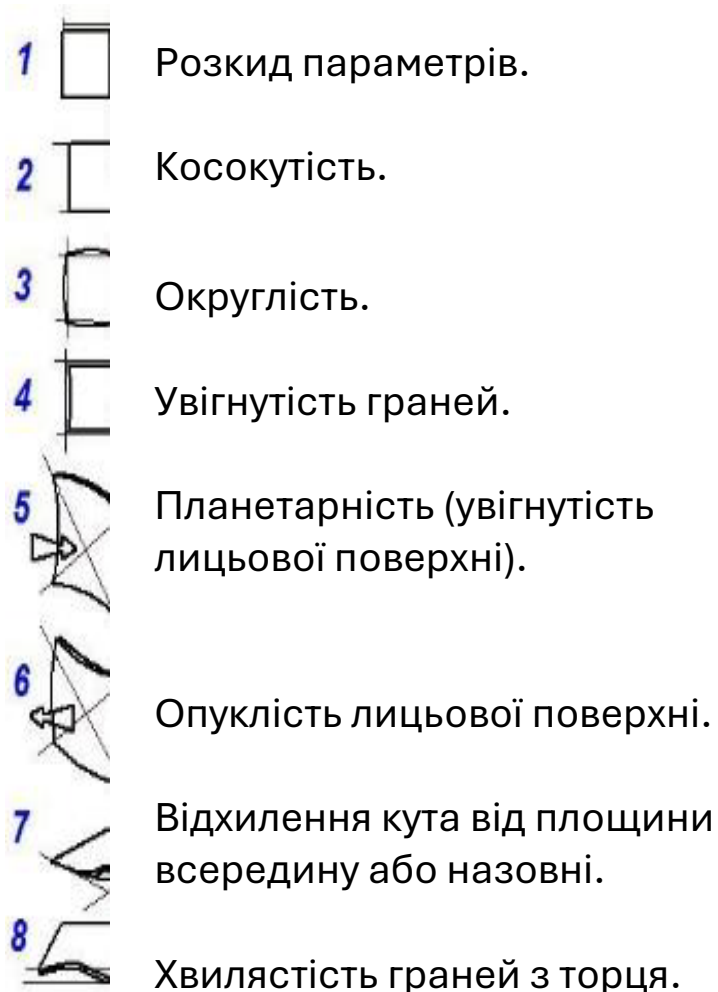


Рисунок 5.4 – Наявність дефектів керамічних плиток

Фізико-механічні показники якості керамічних плиток повинні відповідати вимогам, зазначеним у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Фізико-механічні показники якості керамічних плиток

Найменування показників	Значення для плиток	
	стінових	цокольних
Водопоглинання, %:– не менше	2	2
– не більше	9	5
Морозостійкість, цикли, не менше	40	50
Границя міцності під час вигинання, МПа (кгс/см ²), не менше	16 (160)	8 (180)
Твердість глазури за шкалою Мооса, не менше	5	5

Різниця між найбільшими та найменшими розмірами плиток однієї партії за довжиною і шириною не повинна перевищувати 1,5 мм. Дозволяються деякі відхилення від форми плиток, які мають такі обмеження:

- **Кривизна лицьової поверхні:** для плиток 1 сорту – не більше 0,8 мм, для плиток 2 сорту – не більше 1,1 мм.
- **Косокутність:** для плиток завдовжки до 150 мм – не більше 0,5 мм; для плиток довжиною понад 150 мм – не більше 1,0 мм.

Високі вимоги пред'являються також до маркування, пакування та якості керамічної плитки, адже ці показники визначають умови зберігання та транспортування товару. На упаковці з плиткою вказують колір, формат, виробника та інші важливі відомості.

Якість керамічної плитки регулюється технічними стандартами, серед яких міжнародний стандарт UNI EN. Відповідно до нього продукція класифікується на 8 груп за двома параметрами – методом формування та ступенем водопоглинання (пористості). Ця характеристика важлива, адже вона впливає на міцність, водо- і морозостійкість плитки. Метод формування позначається як А (екструзія) або В (пресування), а ступінь водопоглинання ділиться на чотири категорії: I (менше 3 %), IIa (від 3 % до 6 %), IIb (від 6 % до 10 %) і III (понад 10 %). Наприклад,

маркування VІІІ означає, що це високопориста пресована плитка, яка підходить лише для внутрішнього облицювання стін.

Для підлогової плитки важлива зносостійкість, що класифікується за класами від 0 до V і вказується на упаковці. Якщо плитка має клас зносостійкості PEI I, її рекомендують для приміщень із низьким навантаженням, як-от ванні кімнати. Плитка класу PEI IV підходить для приміщень із високою прохідністю, тоді як плитку PEI 0 використовують тільки для облицювання стін (рис. 5.5).



Рисунок 5.5 – Керамічні плитки різного призначення: а – для стін; б – для підлоги

Ще один важливий показник для плитки для підлоги – поверхнева твердість, тобто стійкість до появи подряпин, особливо цим відрізняється керамограніт. Твердість позначається в цифрах від 1 до 10 за шкалою Мооса.

Контрольні запитання

1. Наведіть класифікацію будівельної кераміки за конструкційною ознакою.
2. Навести головні властивості керамічної цегли.
3. Як встановлюють марку керамічної цегли за міцністю? Навести марки цегли.
4. Які вимоги висувають до якості керамічної плитки?
5. Наведіть вимоги стандартів до якості цегли за зовнішніми ознаками?
6. На які групи поділяють цеглу за теплотехнічними властивостями?

РОЗДІЛ V

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНІВ, ЇХ КОМПОНЕНТІВ ТА БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ

Лабораторна робота 6

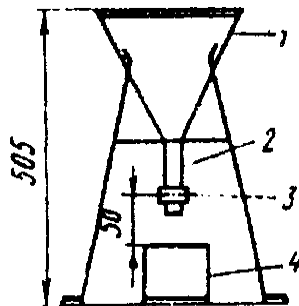
Оцінка якості дрібного заповнювача

Пісок, що використовується для бетонів, має відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-32-95. Зазвичай для виготовлення важких бетонів застосовують кварцові піски, для яких обов'язково визначають насипну густину.

Визначення насипної густини піску

Згідно з методикою, пісок насипають у металевий циліндр об'ємом 1 літр, який попередньо зважують. Циліндр заповнюють піском зі стандартного конуса (рис. 6.1) з утворенням надлишку, який зрізають лінійкою, а потім циліндр із піском повторно зважують.

Рисунок 6.1 – Стандартний конус



Насипну густину піску визначають за формулою:

$$\rho_{\text{он}} = (m_2 - m_1)/V, \quad (6.1)$$

де m_1 – маса циліндра, г; m_2 – маса циліндра з матеріалом, г;
 V – об'єм циліндра, см³.

Щоб забезпечити кращу адгезію з в'язучою речовиною, перевагу віддають піскам з гострими крайцями, тобто гірським або яровим піскам. Для пісків, які використовують для звичайного бетону, висувають такі вимоги:

- вміст зерен, які проходять крізь сито 0,16 мм, повинен становити менше 10 % (за масою);
- вміст глинистих і мулистих домішок не повинен перевищувати 3 % за масою;

– вміст органічних домішок теж обмежується й контролюється за кольором забарвлення розчину NaOH, у якому замочують пісок.

Зерновий склад піску є важливим показником, який впливає на щільність структури бетону та на його властивості.

Визначення зернового (гранулометричного) складу піску

Для визначення зернового складу використовують стандартний набір сит за номерами 5; 2,5 1,25; 0,63; 0,315; 0,16, знизу ставлять піддон. За нумерацією сита розташовують зверху до низу від більшого до меншого.

Відібрану середню пробу піску вагою 1 000 г просіюють через набір сит. Просіювання можна вважати закінченим, якщо при інтенсивному струшуванні кожного сита над аркушем паперу практично не спостерігається падіння зерен піску.

Залишки піску на кожному ситі, які мають назву часткових залишків (a_i), зважують і визначають їх масу з точністю 0,1 % за формулою:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100\%, \quad (6.2)$$

де m_i – залишок на ситі, г; m – маса проби, г; i – порядковий номер сита.

Потім визначають повні залишки (A_i) на кожному ситі, які є сумою часткового залишку сита та всіх часткових залишків верхніх над ним, за формулою

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (6.3)$$

де $a_{2,5}, a_{1,25}, \dots, a_i$ – часткові залишки на ситах, %.

Результати випробування заносять до таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Зерновий склад піску

Номер сита	Часткові залишки (a_i)		Повні залишки (A_i), %
	г	%	
2,5		$a_{2,5}$	$A_{2,5}$
1,25		$a_{1,25}$	$A_{1,25}$
0,63		$a_{0,63}$	$A_{0,63}$
0,315		$a_{0,315}$	$A_{0,315}$
0,14		$a_{0,14}$	$A_{0,14}$
менше 0,14		$a_{\leq 0,14}$	$A_{\leq 0,14}$

Основним показником крупності піску є модуль крупності, який розраховують за формулою

$$M_{\kappa} = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100} \quad (6.4)$$

Модуль крупності піску повинен знаходитися в межах 2–2,5, до того ж для бетонів із межею міцності 20 МПа і вище модуль крупності піску має бути не менше 2, а для бетонів із межею міцності 35 МПа і вище – не менше 2,5. У таблиці 6.2 наведені групи піску за крупністю зерен.

Таблиця 6.2 – Групи піску за крупністю зерен

Вид піску	Модуль крупності	Повний залишок на ситі (з отворами 0,63 мм), %
Підвищеної крупності	3...3,5	65...75
Значний	2,5...3	45...65
Середній	2...2,5	30...45
Дрібний	1,5...2	10...30
Дуже дрібний	1...1,5	До 10

Для оцінки зернового складу піску за результатами просіювання будують графік розсіву, який порівнюють з граничними кривими графіка зернового складу дрібного заповнювача (рис. 6.2).

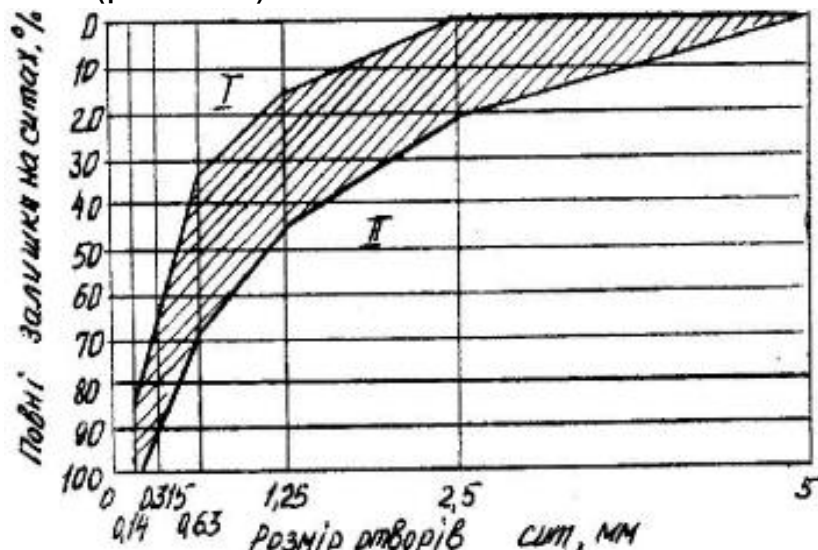


Рисунок 6.2 – Графік зернового складу піску:

I – область дрібних пісків; II – область крупних пісків

Після нанесення лінії за отриманими даними на графіку, роблять висновок про крупність піску.

Визначення вмісту органічних домішок

Вміст органічних домішок визначають колориметричною пробою. Аналізують пісок природної вологості. Циліндр об'ємом 250 мл наповнюють піском до риски 130 мл і заливають 3 %-ним розчином їдкого натру (NaOH) до позначки 200 мл. Після енергійного перемішування пробу залишають у спокої на 24 години. Потім порівнюють колір рідини над піском з кольором еталону. Результати визначення записують за такою формою:

Реактив _____

Колір рідини над піском _____

Колір еталону _____

Результат порівняння з еталоном _____

Визначення вмісту пилюватих, глинистих і мулистих частинок у піску

Ступінь забруднення піску пилюватими, глинистими та мулистими домішками визначають методом відмулювання або мокрого просіювання.

Метод відмулювання

Для визначення вмісту пилюватих і глинистих частинок методом відмулювання оцінюють втрату маси піску після видалення частинок розміром до 0,05 мм. Спочатку частину піску висушують до постійної маси та просіюють через сито з отворами 5 мм. Пробу піску масою 1 000 г поміщають у ємність об'ємом 2–2,5 л, заливають водою так, щоб рівень води був на 20 см вище піску, і ретельно перемішують. Після цього мутну воду зливають. Промивання повторюють, поки вода не стане прозорою, а потім пісок знову висушують до постійної маси.

Вміст пилюватих, глинистих і мулистих домішок у піску розраховують з точністю до 0,1% за відповідною формулою.

$$O_{тм} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \% , \quad (6.5)$$

де m_1 – проба піску, г; m_2 – маса промитого сухого піску, г.

За методом мокрого просіювання вміст пилюватих і глинистих частинок визначають мокрим просіюванням піску та визначенням різниці за масою до і після випробування. Використовують наважку піску масою 1 000 г і сито № 0315.

Визначення вологості піску

Наважку піску масою 1 000 г насипають на деко, потім висушують до постійної маси й знову зважують.

Вологість визначають порівнянням маси піску природної вологості й після висушування за формулою:

$$W = \frac{m_{вл} - m_{сух}}{m_{сух}} \cdot 100\% \quad (6.6)$$

де $m_{вол}$ – маса вологого піску, г; $m_{сух}$ – маса сухого піску, г.

Лабораторна робота 7

Випробування великого заповнювача

Випробування характеристик великого заповнювача щебеня (або гравію) повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7–75–98.

Визначення зернового складу

Для визначення зернового складу крупного заповнювача використовують стандартний набір сит з круглими отворами діаметром 5, 10, 20, 40 і 70 мм. Перевагу надають малоокатим зернам щебеню з шорсткою поверхнею.

Маса проби заповнювача залежить від розміру зерен щебеню (гравію): для зерен розміром до 10, 20, 40, 70 мм і більше маса проби складає відповідно 5, 10, 20, 30 і 50 кг. Після просіювання зважують залишки на кожному ситі, що визначає часткові залишки (a_i) у грамах. Далі розраховують повні залишки (A_i) на кожному ситі за формулами, що використовуються для просіювання дрібного заповнювача. Результати експерименту заносять до таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Ситовий аналіз щебеню

Номер сита	Часткові залишки, a_i		Повні залишки, A_i , %
	г	%	
70			
20			
10			
5			

За даними ситового аналізу криву просіювання наносять на стандартний графік (рис. 7.1).

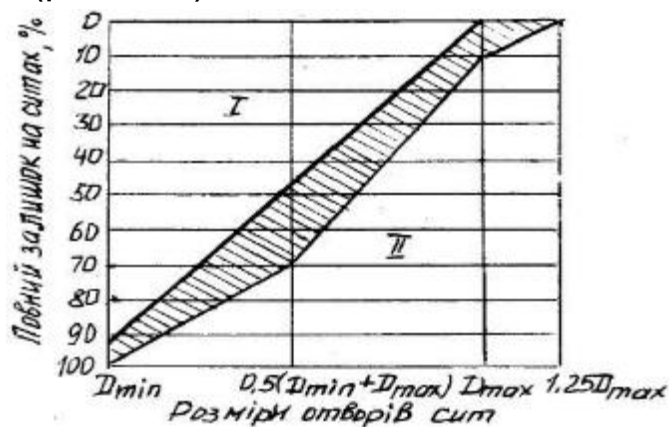


Рисунок 7.1 – Графік зернового складу щебеню (гравію):

I – область дрібного щебеню (гравію);

II – область крупного щебеню (гравію)

На осі абсцис графіка відкладають номери сит, що відповідають розмірам отворів сит у міліметрах, на осі ординат – величини повних залишків у відсотках. Якість зернового складу щебеню (гравію) оцінюють за значеннями повних залишків у відсотках на ситах із контрольними отворами D_{min} , $0,5(D_{max} + D_{min})$, $1,25D_{max}$.

Найбільша D_{max} і найменша D_{min} крупність щебеню (гравію) характеризується розмірами отворів сит, повні залишки на яких становить відповідно 95 (D_{min}) і 5 (D_{max}) %. На підставі отриманих результатів роблять висновок про крупність крупного заповнювача.

Максимальну крупність зерна заповнювача визначають залежно від розміру бетонної конструкції (не більше $\frac{1}{4}$ мінімального розміру перерізу конструкції).

Визначення насипної густини щебеню (гравію)

Середню насипну густину ($\rho_{он}$) визначають зважуванням встановленого об'єму висушеного до постійної маси щебеню (гравію) в мірному циліндрі. Для розрахунків ($\rho_{он}$) використовують формулу:

$$\rho_{он} = \frac{m_1 - m_2}{V} \quad (7.1)$$

де m_1 – вага циліндру із заповнювачем, кг; m_2 – вага циліндру, кг; V – об'єм циліндру, m^3 .

Визначення істинної густини гранітного крупного заповнювача

Для визначення істинної густини польовим методом зважують 100 г гранітного щебеню. У мірний стакан наливають воду до визначеної відмітки й висипають щебінь. За законом Архімеда, стовбур води підійметься й позначка на мірному стакані покаже об'єм, на який збільшився об'єм води. Різницю показників об'ємів до та після занурення щебеню можна прирівняти до об'єму щебеню. Пористість граніту дуже мала (становить менше 1 %), тому нею можна нехтувати й отриманий результат зарахувати як істинну густину гранітного щебеню. Розрахунки ведуть за формулою:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

де m – маса граніту в абсолютно щільному стані (без пор), г; V – об'єм, cm^3 .

Визначення порожнистості крупного заповнювача

Міжзернова порожнистість заповнювача — це показник, який виражається у відсотках як відношення об'єму пустот між зернами до загального об'єму заповнювача у пухкому стані, тобто без ущільнення. Порожнистість є важливою характеристикою заповнювача: у щільному конструкційному бетоні всі порожнини мають бути заповнені цементним тістом, тому зменшення порожнистості дозволяє зменшити витрату цементу під час приготування бетону. Навпаки, для крупнопористого бетону підвищена порожнистість заповнювача є бажаною. Порожнистість залежить від форми зерен заповнювача й зернового (гранулометричного) складу. Порожнистість визначають за формулою:

$$П = (1 - \rho_{он} / \rho) \cdot 100 \%. \quad (7.3)$$

Визначення вмісту у щебені пластинчастих і голчастих частинок

У чинних стандартах форму зерен заповнювачів оцінюють за співвідношенням їхніх розмірів. Згідно з ДСТУ Б В.2.7–75–98, визначають вміст у пробі щебеню або гравію пластинчастих (лещадних) та голчастих зерен, у яких товщина або ширина менша за довжину в три рази і більше.

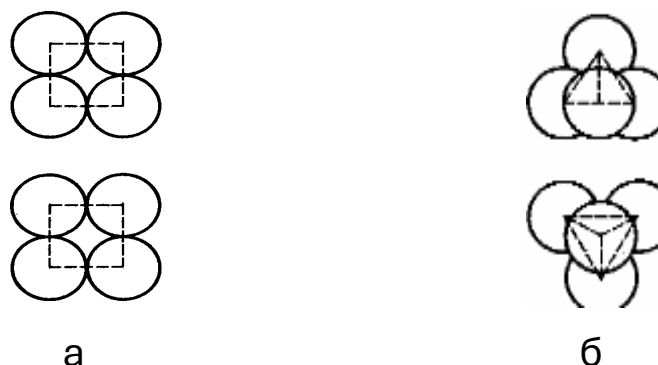
Таблиця 7.2 містить результати розрахунків порожнистості для різних типів правильних багатогранників.

Таблиця 7.2 – Порожнистість сипкого матеріалу залежно від форми зерен

Форма зерен	Порожнистість		
	найбільш щільна	середня	найменш щільна
Куби	0	43,55	87,1
Октаедри	12,1	48,05	83,9
Додекаедри	14,1	37,4	60,7

Оптимальна щільність бетону може бути досягнута залежно від варіанту укладання зерен щебеню. Найменша щільність спостерігається, коли заповнювач укладається рядами так, що лінії, що з'єднують центри зерен, утворюють куби (рис. 7.2, а). Натомість найбільша щільність досягається, коли лінії, що

з'єднують центри зерен, формують тетраедри (рис. 7.2, б).



**Рисунок 7.2 – Варіанти укладки заповнювача (у проєкціях):
а – найменша щільність; б – найбільша щільність**

При виконанні експерименту достатньо розглянути найбільшу фракцію щебеню, отриману попереднім просіюванням (рис. 7.3).

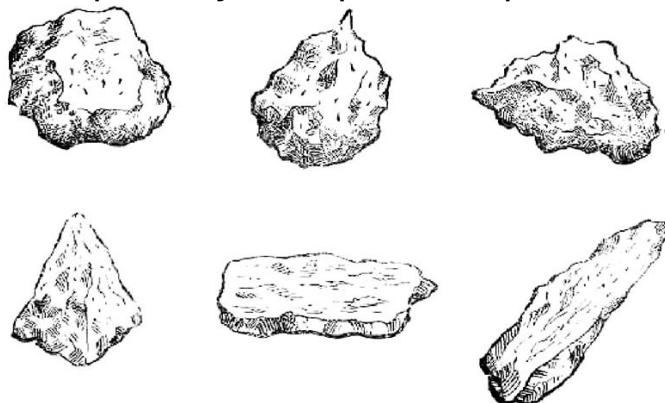


Рисунок 7.3 – Форма зерен великого заповнювача

Результати дослідів записують у такій формі:

1. Маса проби m , г _____
2. Маса зерен пластинчастої та голчастої форми m_1 , г _____

Визначення вмісту зерен пластинчастої та голчастої форми розраховують за формулою:

$$Q_{nz} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot 100 \% \quad (7.2)$$

Вміст пластинчастих і голчастих зерен, %: _____

У висновку порівнюють отримані показники якості піску й щебеню з вимогами стандартів і дають рекомендації щодо їх використання.

Лабораторна робота № 8

Визначення модуля Юнга

Прилади і матеріали. Устаткування з набором вантажів, сталевий стержень, стремено для підвішування вантажів, масштабна лінійка, штангенциркуль, вимірювальний мікроскоп.

Теоретичні відомості та опис приладів. Визначити модуль Юнга можна методом прогину стержня, який обома кінцями опирається на тверді опори і навантажений посередині вантажем певної ваги. Дія цієї сили викликає деформацію прогину (рис. 8.1). У цьому випадку величина деформації характеризується так

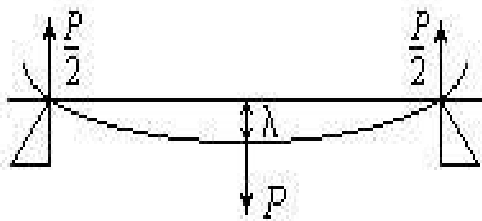


Рис. 8.1

званою стрілою прогину λ , тобто тою відстанню, на яку опускається точка прикладання сили, що діє на стержень. Знаючи стрілу прогину λ , модуль Юнга можна знайти за формулою:

$$E = \frac{Pl^3}{4\lambda ab^3} \quad (8.1)$$

де P – сила, яка викликала деформацію (прогин); l – відстань між ребрами опорних призм на які спирається стержень; a – ширина поперечного перерізу стержня; b – його висота.

Застосування формули (1) можливе лише за умови, що стержень має прямокутний переріз і згинаюча сила діє паралельно

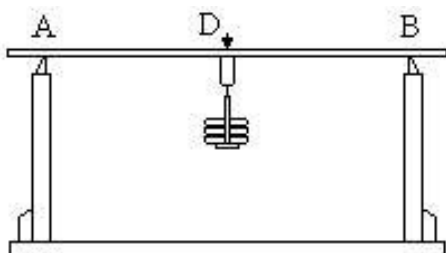


Рис. 8.2

тій стороні перерізу, яка входить у знаменник у третьому степені.

Прилад для визначення модуля Юнга (рис. 8.2) складається з масивної платформи з двома стійками на кінцях та мікроскопа з окулярним мікрометром. На стійках закріплено сталеві призми А і В так, що їх ребра паралельні між собою.

Хід роботи

1. Виміряйте штангенциркулем ширину і висоту стержня не менше ніж у трьох місцях.
2. Масштабною лінійкою виміряйте відстань між ребрами опорних призм А і В (див. рис. 27; $l=AB$).
3. Обчисліть похибки прямих вимірювань.
4. Розмістіть стержень на опорах так, щоб його середина D збігалася з серединою відстані між опорами. Визначте ціну поділки шкали окулярного мікрометра.
5. Для цього наведіть мікроскоп на міліметрову шкалу масштабної лінійки і порахуйте, скільки поділок шкали мікроскопа n вкладається у 1 мм цієї шкали. Ціна поділки шкали мікроскопа обчислюється за формулою $K = 1/n$ мм.
6. Встановіть мікроскоп горизонтально з допомогою установочних гвинтів.
7. Сумістіть нульову поділку окулярної шкали мікроскопа з верхнім краєм стержня за допомогою кремальєри.
8. Навантажте стремено вантажем масою 1 кг.
9. Визначте, на скільки поділок m окулярної шкали прогнута верхній край стержня. Обчисліть стрілу прогину при навантаженні за формулою

$$\lambda = m K.$$

10. Зніміть навантаження. Визначте, на скільки поділок m' окулярної шкали відрізняється положення верхнього краю стержня у порівнянні з встановленим нульовим положенням. Визначте стрілу прогину при розвантаженні за формулою

$$\lambda' = (m - m') K.$$

11. Визначте стрілу прогину при навантаженні стержня вантажем масою 1 кг як середнє арифметичне з λ і λ'

$$\lambda = \frac{\lambda + \lambda'}{2}$$

12. За формулою (1) обчисліть модуль Юнга.
13. Обчисліть похибки опосередкованих вимірювань.
14. Навантажте стержень вантажем масою 2 кг і повторіть пп. 9–12.

15. Навантажте стержень вантажем масою 3 кг і повторіть пп. 9 – 12. Якщо величина стріли прогину така, що виходить за межі окулярної шкали, то для її визначення треба користуватися шкалою на стійці мікроскопа. У цьому випадку наводять горизонтальну лінію шкали мікроскопа на верхній край стержня і записують покази шкали на стійці мікроскопа (нульове положення). Навантажують стержень і за допомогою кремальєри знову суміщають горизонтальну лінію окулярної шкали з верхнім краєм стержня. Зчитують покази шкали на стійці (перше положення). Різниця показів у першому і нульовому положеннях буде стрілою прогину при навантаженні. Знімають навантаження. Наводять горизонтальну лінію шкали мікроскопа на верхній край стержня і зчитують покази шкали (друге положення). Різниця показів у першому і другому положеннях буде стрілою прогину при розвантаженні.

Для обчислення модуля Юнга зручно порахувати величину

$$const = \frac{l^3}{4ab^3}$$

яка не залежить від величини навантаження. Тоді формула (1) набуде вигляду

$$E = const \frac{P}{\lambda}$$

Контрольні запитання та завдання

1. Хід виконання роботи, похибки експерименту.
2. Які деформації називають пружними, пластичними? Поясніть їх механізми. Які існують типи деформацій?
3. Що таке механічна напруга?
4. Поясніть криву деформації розтягу. Запишіть закон Гука для деформації розтягу.
5. У чому полягає фізичний зміст модуля Юнга? У яких одиницях він вимірюється?
6. Що таке абсолютна і відносна деформація зсуву? Запишіть закон Гука для деформації зсуву. Який фізичний зміст модуля зсуву?
7. Що таке коефіцієнт Пуассона? Як він зв'язаний з модулем Юнга та модулем зсуву?

Лабораторна робота 9

Визначення фізико-механічних характеристик арматурної сталі

Визначення класу арматурної сталі

Мета роботи: визначення фізико-механічних характеристик арматурної сталі, визначення класу арматурної сталі.

Обладнання

1. Розривна машина AVK SZ-5-1.
2. Система комп'ютерного керування, зчитування і обробки даних.
3. Металева лінійка.
4. Штангельциркуль.
5. Маркер.
6. ДСТУ 3760:2006 «Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій».

Хід роботи

Для отримання характеристик арматурної сталі рекомендують відібрати зразки гладкої арматури класу А240С діаметром 6...10 мм, арматури періодичного профілю класу А400С діаметром 8...12 мм і дротової арматури класу А500 діаметром 3...5 мм.

На кожному зразку наносять мітки через 10 мм на довжині не менше 10 діаметрів зразку (рис. 9.1). Випробування виконують на розривній машині до руйнування зразку (розриву). Швидкість навантаження до межі текучості не повинна перевищувати 10 МПа/с.

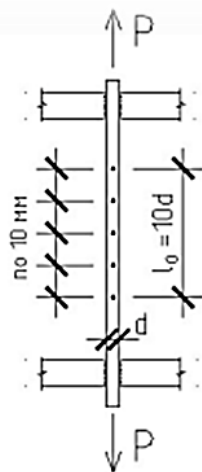


Рис. 9.1.

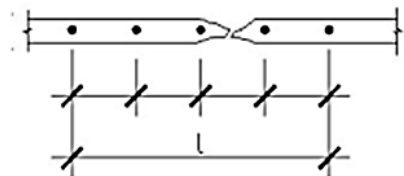


Рис. 9.2.

Геометричні розміри зразків і підсумки випробувань заносять до табл. 9.1.

Після розриву зразок зарисовують (рис. 9.2).

Таблиця 9.2.

№ зразка	d, мм	Площа перерізу A_s , см ²	l_0 , м	Навантаження, кН		Міцність арматури, кН/см ²		Пластичність арматури		Клас сталі
				до межі текуч P_y	до розриву P_{max}	межа текуч. $f_{y,max}$	межа міцн. f_t	Δl_0 , мм	ε , %	
1										
2										
3										

Межа текучості $f_{y,max} = P_y / A_s$

Межа міцності $f_t = P_{max} / A_s$

Відносна деформація розтягу при розриві $\varepsilon = [(l - l_0) / l_0] * 100\%$.

Після випробувань студенти зарисовують для кожного зразку копії діаграм «напруження-деформації», що видана розривною машиною (рис. 9.3).

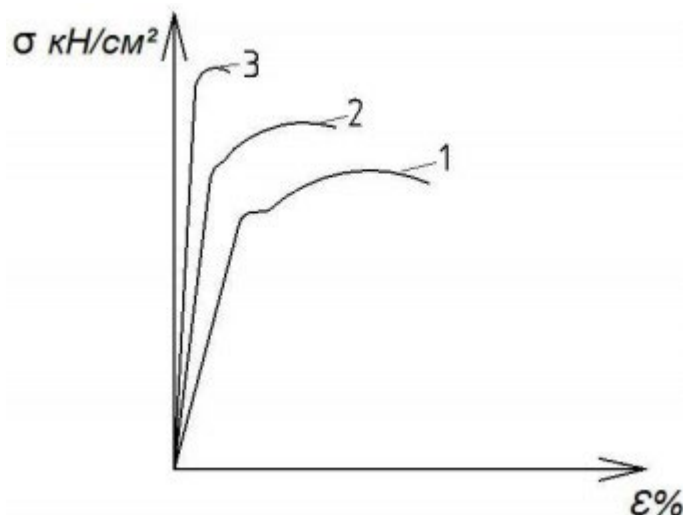


Рис. 9.3. Діаграма «напруження-деформації», що видана розривною машиною

Якщо явно виражена межа текучості на діаграмі відсутня (арматура немає фізичної межі текучості), то визначають умовну межу текучості напруження, що відповідають остаточній

відносній деформації $\Delta \varepsilon_{0.2} = 0,2\% \cdot \varepsilon$.

Визначаєм модуль Юнга

$$E = \frac{\frac{F}{S}}{\frac{\Delta l}{l}} = \frac{F \cdot l}{S \cdot \Delta l}$$

де: F — осьова сила;

S — площа поверхні (перерізу), по якій розподілена дія сили;
— довжина стрижня, що деформується;

Δl — модуль зміни довжини стрижня в результаті пружної деформації.

Модуль Юнга встановлює зв'язок між деформацією розтягу й механічним напруженням направленим на розтяг.

$$\sigma = \frac{F}{S} = E \cdot \frac{\Delta l}{l} = E \cdot \varepsilon$$

де: σ — механічне напруження, визначається, як сила, що припадає на одиницю площі поперечного перерізу тіла,

$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$ — величина відносної деформації (відносне видовження). Висновок:

Запитання для самоперевірки

1. Якими є цілі випробувань арматурної сталі?
2. Які існують методи зміцнювання м`якої арматурної сталі?
3. Поясніть характерну поведінку зразку при випробуванні типу «навантаження-розвантаження».
4. Як визначають остаточну деформацію зразку?
5. Як визначають пружну і пластичну деформації?
6. Що таке умовна межа текучості?

Лабораторна робота № 10

Вимірювання твердості за Бринелем

Мета роботи – навчити студентів самостійно вимірювати твердість за Бринелем, правильно вибирати навантаження, діаметр кульок та час навантаження.

Завдання:

1. Виміряти твердість за Бринелем зразків сталі, сплавів міді та алюмінію різної товщини (>6 мм, 3-6 мм, <3 мм).
2. Оцінити похибки проведених вимірювань
3. Скласти звіт про виконану роботу.

Вимірювання твердості за Бринелем проводять шляхом втискування у досліджуваний матеріал сталюї кульки певного діаметра під дією заданого навантаження впродовж певного часу.

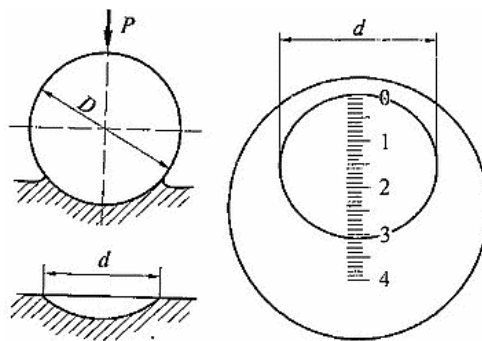


Рис.10.1. Схема вимірювання твердості за Бринелем та визначення діаметра відбитка за допомогою лупи Бринеля.

У результаті втискування на поверхні зразка утворюється відбиток (лунка) діаметром d . Відношення тиску P в кг до поверхні відбитка (кульового сегмента) F у мм^2 дає число твердості H_B :

$$H_B = \frac{P}{F} \text{ кг/мм}^2 \quad (10.1)$$

Поверхня кульового сегмента $F = \pi D h$, де D – діаметр сталюї кульки, h – глибина відбитка в мм. Оскільки при вимірюванні h виникають деякі проблеми, цю величину виражають через D і діаметр відбитка d :

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2} \text{ мм} \quad (10.2)$$

Тоді число твердості H_B :

$$H_B = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \text{ кг/мм}^2 \quad (10.3)$$

Твердість за Бринелем вимірюють або автоматичним важільним, або гідравлічним пресами (рис. 10.2).

Схема автоматичного важільного преса показана на рис. 2 та рис. 3. У верхній частині станини 1 є шпindel 2, у який вставляють один із трьох наконечників з кульками діаметром 10, 5 і 2,5 мм. На столик 4 встановлюють зразок 5. Повертаючи рукоятку 6 проти годинникової стрілки, рухають гвинт 7 вгору і столик 4 притискує зразок 5 до кульки 3.

Ручку необхідно обертати доти, поки показчик 8 не стане проти риски. При цьому пружина 9 стискується і створює попереднє навантаження в 100 кг.

Електродвигун 10, що вмикається за допомогою кнопки збоку преса, обертає ексцентрик 11, який тисне на шатун 12 і опускає важіль 13 та з'єднану з ним підвіску 14 з вантажами. Кулька вдавлюється в зразок. При подальшому обертанні ексцентрика шатун рухається вгору, піднімає важіль з підвіскою та вантажами. Після того як важіль та підвіска знову будуть у вихідному положенні, дзвонить дзвінок і електродвигун автоматично вимикається. Обертаючи ручку 6 проти годинникової стрілки столик 4 опускають. Навантаження підбирають відповідним вибором вантажів.

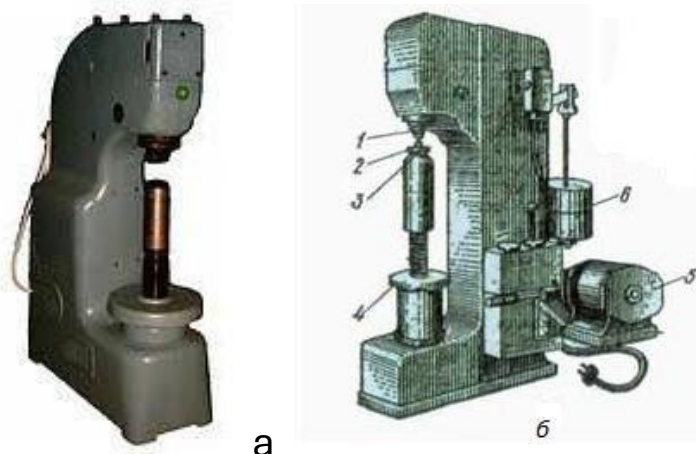


Рис. 10.2. Визначення твердості матеріалу за Бринелем:
а – загальний вигляд преса; б – схематичне зображення:
1 – шпindel; 2 – досліджуваний зразок; 3 – столик; 4 – маховик;
5 – електродвигун; 6 – вантаж.

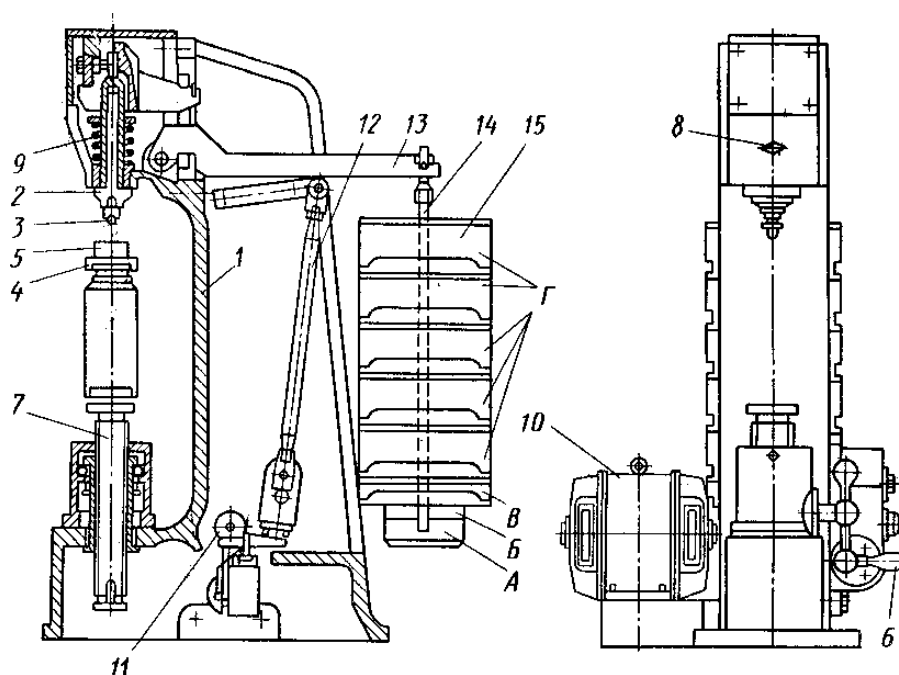


Рис. 10.3. Деталізована схема автоматичного важільного пресадля визначення твердості за Бринелем.

Таблиця 10.1. Підбір вантажів.

Наванта- ження, кг 187,5	Назва вантажів А	А-підвіска
250	А+Б	Б- малий вантаж
500	А+Б+В	В- середній вантаж
750	А+Б+Г	Г- великий вантаж
1000	А+Б+В+Г	
3000	А+Б+В+5Г	

Методичні поради

1. При виборі діаметра сталюї кульки користуються правилом: чим більша товщина зразка, тим більший D (дивіться табл.2).

2. Навантаження Р вибирають за формулою $P=KD^2$, де $K=30$ для чорних металів та сплавів; $K=10$ для твердих кольорових сплавів (мідь, латунь, бронза); $K=2,5$ для м'яких кольорових сплавів (алюмінію, підшипникові сплави).

3. Умови випробування записують так: H_V 10(3000)30, що означає: вимірювання проводили кулькою 10 мм при навантаженні 3000 кг впродовж 30 с.

4. Поверхню зразка ретельно зачищають напилком чи на наждачному крузі від окалини та інших дефектів (для отримання чіткого відбитка). Увага! При обробці поверхня не повинна нагріватись вище 100–150°C.

5. Товщина зразка повинна бути не менша десятикратної глибини відбитка.

6. При дослідженні зразок повинен щільно лежати на столику, Центр відбитка повинен бути від краю зразка не менше ніж D . Відбиток від відбитка – не менш ніж на $2D$.

7. Вимірювання відбитка проводити за допомогою лупи з ціною поділки 0,1 мм або мікроскопа у двох взаємно перпендикулярних напрямках. (Як результат беруть середнє арифметичне двох вимірювань). Лупа повинна бути щільно притиснена до досліджуваної поверхні.

8. Твердість розрахувати за формулою (3), оцінити похибку проведених вимірювань і оформити звіт.

9.

Таблиця 10.2. Вибір діаметра кульки та навантаження в залежності від твердості матеріалу

	H_V	Товщина зразка, мм	$P=f(D)$	D , мм	P , кг	Час, с
Сталь, чавун	140-450	>6	$P=30D^2$	10	3000	10
		3-6		5	750	
		<3		2,5	187,5	
Сталь, чавун	до 140	>6	$P=30D^2$	10	3000	30
		3-6		5	750	
		<3		2,5	187,5	
Кольорові метали (Си, латунь, бронза)	31,8-130	>6	$P=10D^2$	10	1000	30
		3-6		5	250	
		<3		52,5	62,5	
Кольорові метали (Al)	8-35	>6	$P=2,5D^2$	10	250	60
		3-6		5	62,5	
		<3		52,5	15,6	

Табл. 10..3. Співвідношення між значеннями твердості, визначеної різними методами.

HB, (D=10 мм, P=3000 кгс)	HRC, (шкала C, P=150 кгс)	HV, Твердість за Віккерсом,	HSD, Твердість за Шором,
143	-	143	23
149	-	149	24
156	-	155	26
163	2	162	27
170	4	171	28
179	7	178	29
187	9	186	30
197	12	197	31
207	14	208	33
217	17	217	34
229	20	228	36
241	23	240	38
255	25	255	40
269	27	270	42
285	29	285	44
302	31	303	46
321	33	320	49
341	36	344	51
363	39	380	54
388	41	401	57
415	43	435	61
444	46	474	64
477	49	534	68
514	52	587	73
555	56	650	78
600	60	746	84
653	64	868	91
682	66	941	94
712	68	1022	98
745	70	1116	102
780	72	1220	106

Контрольні запитання

1. Як визначити твердість, користуючись шкалою МООСА?
2. Які переваги та недоліки методу вимірювання твердості за Бринелем?
3. Які фактори впливають на точність вимірювання твердості за Бринелем?

Лабораторна робота №11

Вимірювання твердості методом Роквелла

Мета роботи: навчитися самостійно вимірювати твердість приладом Роквелла; правильно вибирати наконечники та навантаження; готувати зразки; проводити контроль приладу.

Завдання:

1. Провести вимірювання твердості на приладі Роквелла зразків сталі у відпаленому та загартованому станах, а також зразків кольорових сплавів.
2. Визначити твердість у кг/мм^2 та оцінити похибки вимірювань.
3. Скласти звіт про виконану роботу.

Твердість – це інтегральна характеристика матеріалу, яку неможливо описати математично і яка дозволяє оцінити здатність матеріалу чинити опір втіленню в нього іншого тіла (індентора). Вимірювання твердості методом Роквелла проводиться за допомогою твердоміра Роквелла – приладу для визначення відносної глибини проникнення індентора. Цей прилад винайшли та запатентували 11 лютого 1919 року уродженці штату Коннектикут Хью М. Роквелл (1890 – 1957) і Стенлі П. Роквелл (1886 – 1940), які працювали у компанії з виробництва шарикопідшипників (нині – це частина всесвітньовідомої корпорації [General Motors](#)). Він дозволяв оперативно вивчати результати термообробки сталей шарикопідшипників. Метод Брінелля, винайдений дещо раніше (у 1900 році у Швеції) був значно повільнішим, не застосовним до загартованих сталей і значно деформував поверхню деталі (тобто був руйнівним).

Вимірювання твердості приладом Роквелла проводиться шляхом вдавлення в досліджуваний зразок алмазного конуса з кутом 120° або сталей загартованих кульок діаметрами 1,588 мм ($1/16''$) або 3.175 мм ($1/8''$).

Принципова схема твердоміра представлена на рис.11.1.

Наконечник складається зі шпінделя для закріплення на його кінці за допомогою гвинта оправки із сталлю кулькою або

алмазним конусом. Постійний вантаж 2 створює навантаження 50 кГ; якщо на постійний вантаж 2 встановити різні вантажі (40 кгс, 50кгс тощо), то створюється сумарне навантаження (90 кгс, 100кгс, відповідно).

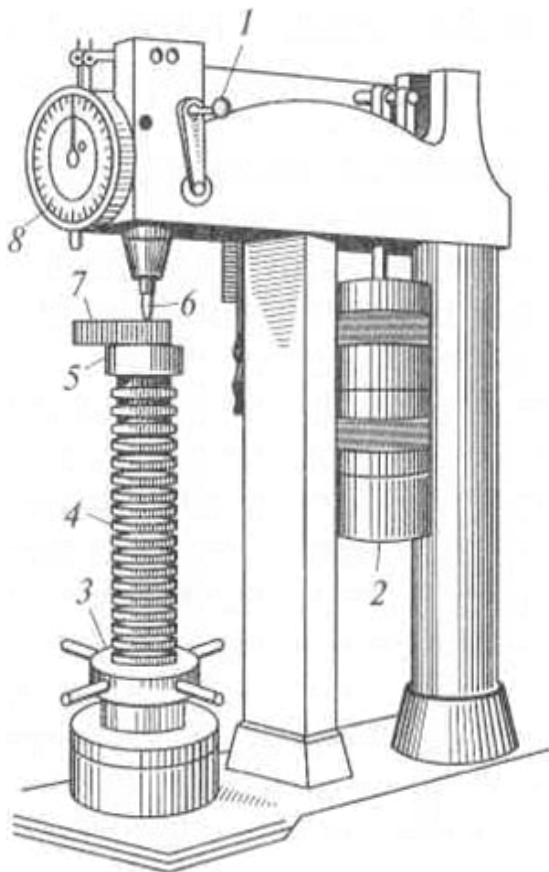


Рис.11. 1. Схематичне зображення приладу типу Роквелла для вимірювання твердості.

- 1 – руків'я для вивільнення вантажу; 2 – вантаж; 3 – маховик;
- 4 – підйомний гвинт; 5 – столик;
- 6 – наконечник приладу;
- 7 – досліджуваний матеріал;
- 8 – шкала-індикатор.

Столик 5 служить для установки на ньому досліджуваного зразка 7. Столики бувають плоскими та з V-подібними заглибленням для круглих деталей. При обертанні за годинниковою стрілкою маховика 3 починає обертатися гвинт 4, який при русі вгору піднімає стіл із зразком. При подальшому русі маховика 3 стискується пружина, кулька або алмазний конус починає вдавлюватися у досліджуваний зразок 7, а стрілки повертаються по шкалі індикатора 8. При обертанні маховика зразок впирається в обмежувальний чохол і маленька стрілка 1 індикатора доходить до червоної точки 2, а велика стрілка 3 встановлюється приблизно у вертикальному положенні (рис.11.2, 11.3). При цьому створюється попереднє навантаження 10 кгс. Точну установку шкали індикатора на 0 проводять вручну за допомогою зовнішнього кільця шкали-індикатора.



Рис.11.2. Шкала-індикатор твердоміра Роквелла.

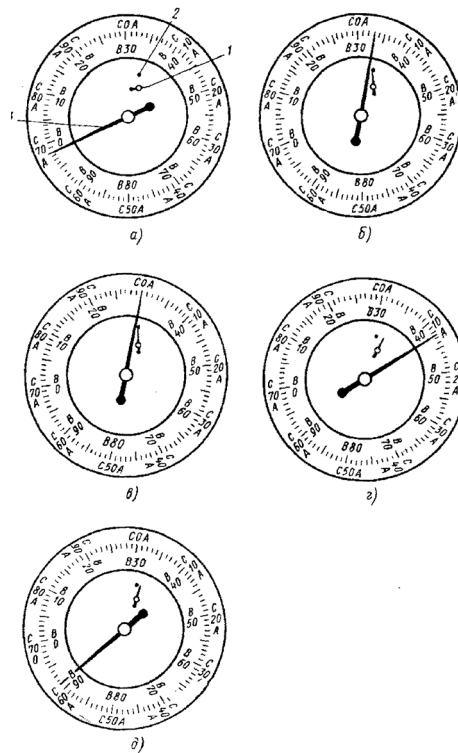


Рис.11.3. Послідовність переміщення стрілок на циферблаті приладу ТК-2 (типу Роквелла) привдавлуванні алмазного конуса.

За допомогою руків'я 1 приводять у рух вантажний важіль. При цьому підвіска з вантажами 2 опускається і цим забезпечується дія основного навантаження та створюється загальне навантаження (попереднє + основне) (див. рис.11.4).

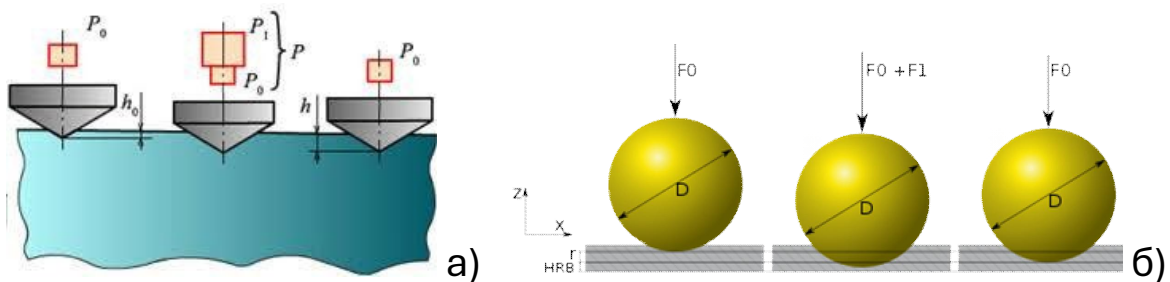


Рис.11.4. Принцип вимірювання твердості за Роквеллом за допомогою алмазного конуса (шкали А і С) (а) та кульки (шкала В) (б).

Під дією основного навантаження кулька або алмазний конус глибше проникають у досліджуваний зразок. При цьому велика стрілка індикатора повертається проти годинникової стрілки. Після закінчення вдавлування (стрілки на шкалі перестають рухатись) руків'я повертають у вихідне положення, основне навантаження автоматично знімається і залишається лише

попереднє. При цьому велика стрілка індикатора переміщується за годинниковою стрілкою і вказує на шкалі число твердості за Роквеллом. При дослідженні алмазним конусом при навантаженні 150 або 60 кгс відлік проводять за чорною шкалою, а при дослідженні кулькою (при навантаженні 100 кгс) – за червоною. При обертанні маховика 3 проти годинникової стрілки стил 5 опускається і зразок 7 звільняється від дії попереднього навантаження. Найчастіше використовують шкали А, В і С (див табл.1.1) та два-три індентори: сферичний у вигляді кульки із карбіду вольфраму або інструментальної загартованої сталі діаметром 1/16 дюйма (1,5875 мм) або діаметром 1/8 дюйма (3,175 мм) і алмазний конус з кутом при заокругленій вершині 120°. Стандарти передбачають в залежності від шкали та індентора три фіксованих навантаження – 60, 100 і 150 кгс.

Однак стандартизованими на сьогодні вважають дванадцять шкал, які все ширше використовуються на практиці при дослідженні матеріалів різної природи і твердості (див. табл. 2). Це шкали А; В; С; D; E; F; G; H; K; N; T; W, які різняться типом індентора, навантаженням і константами для визначення твердості за результатами вимірювання. Для визначення твердості у тонких шарах (плівках) використовують шкали N (алмазний конус), T (крицева кулька 1,59 мм) і W (крицева кулька 3,18 мм) при навантаженнях 15, 30 і 45 кгс, відповідно.

Для позначення твердості за методом Роквелла використовують скорочення HR, з 3-ю літерою, що вказує на шкалу дослідження (HRA, HRB, HRC і т. д. до HRW). Наприклад, HRC 64.

Чим твердіший матеріал, тим меншою буде глибина проникнення наконечника в нього. Щоб при більшій твердості матеріалу виходило більше число твердості по Роквеллу, вводять умовну шкалу глибин, беручи за одиницю відліку глибину, рівну 0.002 мм (в окремому випадку, 0,001 мм для тонких шарів). При випробуванні алмазним конусом гранична глибина введення становить 0,2 мм, або $0,2/0,002=100$ поділок, при випробуванні кулькою – 0,26 мм, або $0,26 / 0,002 = 130$ поділок. Таким чином формули для обчислення значення твердості виглядатимуть так:

а) при вимірюванні за шкалою А (HRA), С (HRC) і D (HRD):

$$HR = 100 - (H-h)/0,002.$$

У дужках – різниця глибин занурення наконечника у мм після зняття основного навантаження і до його прикладання (при попередньому навантаженні).

б) при вимірюванні за шкалою **B (HRB), H (HRH) – K (HRK):**

$$HR=130 - (H-h)/0,002, \quad (11.1)$$

в) при вимірюванні за шкалами N, T і W (напр. HR30W, HR45N і т. д.)

$$HR=100 - h/0,001. \quad (11.2)$$

Твердість за Роквеллом визначається в умовних одиницях. Визначення HR за Роквеллом проводиться досить швидко (30-60 с), слабо пошкоджує поверхню матеріалу, величина твердості легко читається на шкалі приладу без змін та перерахунків, тому цей метод широковикористовується на виробництві для контролю за якістю продукції.

Вибір навантаження та індентора

Навантаження та індентор вибираються в залежності від твердості матеріалу (див. табл.11.1).

Табл. 11.1. Найпоширеніші навантаження та індентори

Приблиз. тверд. за Роквеллом, кг/мм ²	Шкала	Індентор	Навантаження, кг	Позначення за Роквеллом	Допустимі межі шкали
60 – 230	B	Стальна кулька	100	HRB	25 – 100
230 – 700	C	Алмазний конус	150	HRC	20 – 67
Вище 700	A	Алмазний конус	150	HRA	вище 60

Однак у сучасному матеріалознавстві широко використовують і інші шкали.

Табл.11.2. Стандартизовані шкали твердоміра Роквелла.

Шкала	Скорочене позначення	Навантаження	Тип індентора	Область застосування	N	S
A	HRA	60 кгс	120° алмазний заокруглений*	Карбід вольфраму	100	0,002 мм
B	HRB	100 кгс	Діаметр 1/16 дюйма (1,588 мм) сталевий, сферичний	Алюм. сплави, бронзи, м'які сталі	130	0,002 мм
C	HRC	150 кгс	120° алмазний, заокруглений	Тверді сталі HRB > 100	100	0,002 мм
D	HRD	100 кгс	120° алмазний, заокруглений		100	0,002 мм
E	HRE	100 кгс	Діаметр 1/8 дюйма (3,175 мм) сталевий, сферичний		130	0,002 мм
F	HRF	60 кгс	Діаметр 1/16 дюйма (1,588 мм) сталевий, сферичний		130	0,002 мм
G	HRG	150 кгс	Діаметр 1/16 дюйма (1,588 мм) сталевий, сферичний		130	0,002 мм
*Радіус сферичного заокруглення алмазного конуса 0,2 мм						

Підготовка зразка до випробування

Поверхня зразка, як та, на якій проводитимуться вимірювання, так і протилежна, повинні бути плоскими, паралельними одна одній, без окалини, забоїн, бруду та інших покриттів. Усі ці дефекти необхідно видалити за допомогою абразивного круга, шліфувального паперу або напильником. При обробці поверхні зразок не повинен нагріватись вище 100-150 С.

Методичні поради до проведення випробувань за Роквеллом

1. При проведенні вимірювань твердості на зразках відпаленої сталі та сплавів кольорових металів з передбачуваною твердістю у межах 60-230 кг/мм² у шток приладу закріпити оправу із загартованою сталлю кулькою. На постійне навантаження в 50 кгс встановити гирю в 40 кгс (має червоне коло на торці). При роботі із загартованою сталлю в шток приладу закріпити алмазний конус, на постійне навантаження додати ще один вантаж вагою в 50 кгс (з чорним колом на торці). У першому випадку відлік вести за червоною шкалою, у другому – за чорною. При дослідженні зразків з дуже високою твердістю, а також тонких шарів (товщиною 0,3-0,5 мм) використовувати алмазний конус з навантаженням у 60 кгс. При виборі індентора та навантаження обов'язково занотувати вид використовуваної шкали до відповідної колонки звіту.

2. Для дослідження плоских зразків використовуйте плоский столик, а для круглих – столик з V-подібним заглибленням.

3. При встановленні зразка на предметному столику прослідкуйте, щоб зразок щільно прилягав до столика, не пружинив, не качався, не зсувався.

4. Обертання маховика за годинниковою стрілкою для підняття столика проводити плавно, так, щоб зразок не ударився об кульку, а особливо об конус (при різкому ударі алмазний конус може розколотись).

5. Маховик повертати доти, поки маленька стрілка не підійде до червоної точки на циферблаті (підведення стрілки проводити плавно). При цьому індентор вдавлюється в матеріал. Велика стрілка не повинна відхилятися від вертикального положення більш, ніж на 5 поділок (вправо чи вліво). Якщо відхилення більше, зробити повторний вимір в іншому місці зразка. Для цього поворотом маховика проти стрілки годинника опустити столик, змінити місце "уколу" індентором і провести повторне вимірювання.

6. Поворотом кільця циферблата підвести нуль шкали С до великої стрілки.

7. Ручку твердоміра плавно відвести назад і дати самовільно опуститись до кінця (поки стрілка не зупиниться), а потім підняти у

вихідне положення. Прочитати число твердості на відповідній шкалі.

8. Поворотом маховика проти стрілки годинника звільнити зразок від дії попереднього навантаження. Для проведення нового вимірювання, змістити зразок на столику. Відстань центра відбитка від краю зразка, а також від інших відбитків повинна бути не менше 2,5 мм при вимірюванні за шкалами А і С, та не менше 4 мм при роботі за шкалою В.

Контрольні запитання

1. Які матеріали можна використовувати для виготовлення інденторів, що застосовуються при вимірюванні твердості?
2. Які вимоги існують до форми індентора ? Чи можна використати як індентор алмазний паралелепіпед?
3. Які існують методи оцінки твердості матеріалу, крім методу вдавлювання?
4. Що таке твердість?
5. Які фактори впливають на точність вимірювання твердості за методом Роквелла?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дворкін Л. Й. Будівельне матеріалознавство : підручник / Л. Й. Дворкін, С. Д. Лаповська. – Київ : Кондор-Видавництво, 2017. – 472 с.
2. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали / П. В. Захарченко, Е. М. Долгий, Ю. О. Галаган, О. М. Гавриш та ін. – Київ : ТОВ «Інтертехнологія», 2005. – 511 с.
3. Бетони і будівельні розчини : підручник / В. І. Гоц, В. В. Павлюк, П. С. Шилук. – Вид. 2-е. доп. і переробл. – Київ : Основа, 2016. – 568 с.
4. Попов К. Н. Оценка качества строительных материалов / К. Н. Попов, М. Б. Каддо, О. В. Кульков. – М. : Изд-во АСВ, 2001. – 238 с.

Навчальне видання

А.Я. СТРУК, В.В. ДОВГАНЮК

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

Методичні рекомендації до лабораторних робіт

Технічна редакторка
та дизайн обкладинки ***Кудрінська О.М.***

Підписано до друку 26.01.2026. Формат 60x84/16.

Електронне видання.

Ум.-друк. арк. 4,4. Обл.-вид. арк. 4,7. Зам. Н-000.

Видавництво та друкарня Чернівецького національного університету.

58002, Чернівці, вул. Коцюбинського, 2.

e-mail: ruta@chnu.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 891 від 08.04.2002.