

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Архітектурне проектування,
землеустрій та будівельні матеріали»

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

**ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНИХ ТА ГІДРОФІЗИЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНИХ КАМ'ЯНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Методичні рекомендації до лабораторних робіт

Електронний аналог
друкованого видання

Дніпро 2023

УДК 691.2-024(076.5)
Б 90

Укладачі:

О. В. Громова, А. М. Зінкевич, Т. І. Афанасьєва

Експерти:

канд. техн. наук, проф. *Микола Біляєв*

канд. техн. наук, доц. *Олена Громова*

Рекомендовано МКФ ПЦБ (протокол № 7 від 15.03.2023 р.)
Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 628 від 22.06.2023 р.)

Б 90 Будівельне матеріалознавство. Визначення структурних та гідрофізичних властивостей природних кам'яних матеріалів : методичні рекомендації до лабораторних робіт / уклад. О. В. Громова, А. М. Зінкевич, Т. І. Афанасьєва ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро : УДУНТ, 2023. 13 с.

Методичні рекомендації призначені для використання студентами 2 курсу денної форми навчання, освітній ступень – бакалавр, спеціальностей: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»; 273 «Залізничний транспорт»; 183 «Технологія захисту навколишнього середовища» під час виконання лабораторних робіт з освітніх програм «Промислове та цивільне будівництво», «Архітектурне проектування будівель і споруд», «Водопостачання та водовідведення», «Мости і транспортні тунелі», «Захист довкілля та техногенна безпека», «Залізничні споруди та колійне господарство», «Автомобільні дороги та аеродроми».

Методичні рекомендації містять основні теоретичні положення для засвоєння матеріалу, методику проведення експериментів та обробки отриманих даних, контрольні питання з дисциплін «Будівельне матеріалознавство» і «Матеріалознавство та технологія матеріалів».

Табл. 4. Бібліогр.: 2 назв. Додат.: 2.

© Громова О. В. та ін., укладання, 2023

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2023

Зміст

Витяг з інструкції № 116	4
1. Загальні положення.....	4
2. Вимоги безпеки перед початком роботи	4
3. Вимоги безпеки під час роботи	4
4. Вимоги безпеки по закінченню роботи	5
5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	5
Лабораторна робота № 1 Структурні характеристики.....	5
Визначення пористості	5
Визначення пустотності	6
Лабораторна робота № 2 Гідрофізичні властивості	7
Визначення вологості	7
Визначення водопоглинання.....	7
Контрольні запитання	9
Додатки	10
Додаток 1.....	10
Додаток 2.....	10
Рекомендована література.....	12

ВИТЯГИ З ІНСТРУКЦІЇ № 116

1. Загальні вимоги

«Інструкція з охорони праці при проведенні лабораторних робіт в лабораторії будівельних матеріалів» № 116 (ауд. 348 та лабораторія, нульовий поверх) забезпечує безпечні умови праці при проведенні лабораторних робіт і є обов'язковою для усіх викладачів кафедри «Архітектурне проектування, землеустрій та будівельні матеріали» надалі «АПЗБМ».

Викладачі кафедри «АПЗБМ» при виконанні лабораторних робіт, пов'язаних з обслуговуванням та експлуатацією електричних приладів, повинні мати кваліфікаційні групи з електробезпеки (2 група) та пройти інструктаж з охорони праці та інструктаж з пожежної безпеки на робочому місці (2 рази на рік).

За невиконання даної інструкції викладач або студент несе дисциплінарну, матеріальну, адміністративну та кримінальну відповідальність.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Викладачі кафедри «АПЗБМ» повинні:

- бездоганно знати вимоги даної Інструкції;
- проводити інструктаж з охорони праці із студентами на початку семестру (на першому занятті з лабораторних робіт) з записом у контрольному листі інструктажу з охорони праці для студентів;
- вміти організувати безпечне проведення лабораторних робіт;
- не допускати до роботи студентів, що з'явилися на заняття в нетверезому вигляді і притягнути їх до відповідальності.

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

Студенти під час виконання лабораторної роботи повинні:

- виконувати тільки ті роботи, що доручені викладачем;
- бережно відноситись до лабораторного посуду, приладів, інструментів, обладнання та меблів лабораторії;
- проявляти обережність при роботі зі скляними приладами, хімічним посудом та випробувальними будівельними матеріалами;
- одягати при необхідності халати та резинові рукавички;
- слідкувати за порядком на робочому місці.

Студентам категорично забороняється:

- заносити до лабораторії їжу та напої;
- працювати на приладах без дозволу та присутності викладача;
- самовільно вмикати електроприлади, рубильники, кнопки, вимикачі, що знаходяться в лабораторії;
- підключати до електромережі підзарядки для мобільних телефонів;
- торкатися частин лабораторного обладнання, яке знаходиться під електричним струмом в момент роботи;
- використовувати хімічний посуд з тріщинами або надбитий скляний посуд;

- уламки розбитого скляного посуду збирати руками.

Викладачам категорично забороняється

- залишати без догляду увімкнені прилади та установки;
- будь-яке ремонтування та перенос електроприладів під час їхньої роботи.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Викладачі після закінчення роботи повинні:

- відключити електроприлади від електромережі;
- проконтролювати наявність відповідних приладів на робочому місці.

Студенти після закінчення роботи повинні:

- вимити прилади та посуд і скласти їх на місце;
- привести в порядок своє робоче місце;
- вимити руки миючими засобами;
- не залишати свої речі в лабораторії, за які викладач після закінчення заняття не несе відповідальності.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Ознакою аварійної ситуації може бути займання електропроводки або електроприладів, поява підвищеного шуму, диму або вогню, повітряна тривога. В цьому випадку треба негайно вимкнути рубильник, прийняти заходи для гасіння пожежі (вогнегасник, пісок). В разі потреби надати першу допомогу потерпілому, а при необхідності викликати «швидку допомогу» за тел. **103**. У випадку повітряної тривоги студенти припиняють роботу, вимикають обладнання і переходять з викладачем до укриття.

Про кожну аварійну ситуацію або нещасний випадок викладач повинен повідомити завідувачу лабораторією або завідувача кафедри.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Структурні характеристики

Мета роботи – за результатами визначення істинної, середньої та насипної густини матеріалів розрахувати пористість, пустотність різних за структурою матеріалів.

Визначення пористості

Пористість і пустотність гірської породи або зерен щебеню (гравію) відноситься до структурних характеристик матеріалів і визначають розрахунковим шляхом на підставі попередньо встановлених значень істинної, середньої і насипної густини (див. лабораторну роботу «Визначення фізичних властивостей природних кам'яних матеріалів (істина, середня та насипна густина).

Пористість – ступінь насиченості матеріалу повітряними включеннями у вигляді пор (розміром не більш 1...3 мм). Пори – це дрібні комірки в матеріалі, заповнені повітрям чи водою. Дрібні пори, заповнені повітрям, надають будівельним матеріалам теплоізоляційних властивостей і більшої проникності для рідин і газів.

За величиною пористості можна приблизно судити про інші властивості матеріалу: густину, міцність, водопоглинання, довговічність та ін. Розрізняють загальну, відкриту й закриту пористість.

Загальна пористість – ступінь насиченості матеріалу повітряними включеннями в вигляді пор:

$$P = \left(\frac{\rho - \rho_c}{\rho} \right) \cdot 100 \% ; \quad (1.1)$$

Відкрита пористість – відносний об'єм пор, які сполучаються із зовнішнім середовищем:

$$P_e = \frac{m_n - m_c}{V} \cdot \frac{1}{\rho_v} \cdot 100 \% ; \quad (1.2)$$

Закрита пористість – відносний об'єм пор, які не сполучаються із зовнішнім середовищем:

$$P_z = P - P_e , \quad (1.3)$$

де ρ – істинна густина матеріалу, г/см³;
 ρ_c – середня густина матеріалу, г/см³;
 m_n – маса водонасиченого матеріалу, г;
 m_c – маса матеріалу в сухому стані, г;
 V – об'єм матеріалу в сухому стані, см³;
 ρ_v – густина рідини, ρ_v г/см³.

Визначення пустотності

Пустотність – відношення об'єму простору у матеріалі, не зайнятого зернами заповнювача, до загального об'єму матеріалу в насипному стані.

Пустотність – характеризується наявністю порожнин (пустот) у будівельних виробках (у порожнистій цеглі, панелях із залізобетону) чи між зернами в сипких матеріалах (пісок, щебінь та ін.) і визначається у відсотках від загального об'єму виробу чи матеріалу.

Пустотність сипких матеріалів (піску, щебеню, гравію та ін.) відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-71-98 Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань, обчислюють за формулою:

$$P_y = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_c \cdot 1000} \right) \cdot 100 \% , \quad (1.4)$$

де ρ_c – середня густина матеріалу, г/см³;
 ρ_n – насипна густина матеріалу, кг/м³.

Порядок виконання роботи

За даними, одержаними в лабораторних роботах № 1, 2 і 3 «Визначення фізичних властивостей природних кам'яних матеріалів (істина, середня та насипна густина)», розраховують P , P_e , P_z , P_y . Дані розрахунків заносять в

табл. 1.1 та роблять висновок про залежність проникності матеріалів для рідини від структурних характеристик та густини.

Таблиця 1.1

Дані випробувань та розрахунків

Матеріал	Загальна пористість P , %	Відкрита пористість P_v , %	Закрита пористість P_z , %	Пустотність, P_y , %
Граніт				
Вапняк				

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Гідрофізичні властивості

Мета роботи – ознайомитися з методикою визначення гідрофізичних властивостей матеріалів та за результатами випробувань розрахувати вологість та водопоглинання різних за структурою матеріалів.

Визначення вологості

Вологість матеріалу залежить від вологості навколишнього середовища і визначається в необхідний момент часу знаходження матеріалу у даному середовищі.

Згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-71-98 Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань, вологість гірської породи та щебеню (гравію) визначають шляхом порівняння маси проби у вологому стані й після висушування.

Вологість – вміст у матеріалі вільної води в порах і на поверхні матеріалу. Вологість визначають у відсотках по відношенню до маси матеріалу в сухому стані. Вона може бути абсолютною або відносною.

Абсолютну вологість визначають як відношення маси вологи, яка знаходиться у матеріалі, до маси сухого матеріалу:

$$W_a = \frac{m_v - m_c}{m_c} \cdot 100 \%$$

Відносну – як відношення маси вологи до маси матеріалу у вологому стані:

$$W_v = \frac{m_v - m_c}{m_v} \cdot 100 \%$$

де m_v – маса проби (матеріалу) у вологому стані, г;

m_c – маса проби (матеріалу) в сухому стані, г.

Порядок підготовки і проведення випробування

Із породи або щебеню (гравію) випробовуваної фракції 5...10 см беруть аналітичну пробу масою 1 кг.

Пробу гірської породи або щебеню (гравію) насипають в посудину та зважують (m_c), висушують до постійної маси та знову зважують (m_v).

Вологість гірської породи визначають на зразках правильної чи довільної форми.

Вологість гірської породи або щебеню (гравію) W , % по масі, визначають за формулою (2.1). Дані випробувань заносять у таблицю 2.1 та роблять висновок про залежність проникності матеріалів для рідини від структурних характеристик та густини.

Визначення водопоглинання

Прилади: ваги настільні циферблатні; шафа сушильна; посудина для насичення зразків водою; щітка металева.

Матеріали: граніт, вапняк.

Водопоглинання – властивість матеріалу вбирати та утримувати в собі воду, що оцінюється відношенням кількості увібраної води до маси сухого матеріалу. Розрізняють:

– водопоглинання за масою:

$$W_m = \frac{m_n - m_c}{m_c} \cdot 100 \%, \quad (2.2)$$

– водопоглинання за об'ємом:

$$W_V = \frac{m_n - m_c}{V} \cdot \frac{1}{\rho_v} \cdot 100 \%, \quad (2.3)$$

де m_n – маса матеріалу після насичення водою, г;

m_c – маса сухого матеріалу, г;

V – об'єм матеріалу у сухому стані, см³;

ρ_v – густина води, г/см³.

Порядок підготовки проб й проведення випробування

Водопоглинання гірської породи та щебеню (гравію) за вимогами ДСТУ Б В.2.7-71-98 Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань, визначають шляхом порівняння маси зразків гірської породи або проб щебеню (гравію) у насиченому водою стані й після висушування.

Для визначення водопоглинання гірської породи з геологічної проби відбирають п'ять зразків правильної форми або п'ять зразків довільної форми розміром від 40 до 70 (80) мм. Зразки очищають металевою щіткою від пилу й висушують до постійної маси (m_c).

Для визначення водопоглинання щебеню (гравію) беруть аналітичну пробу відповідно 1 кг, яку промивають і висушують до постійної маси.

Зразки гірської породи або щебеню (гравію) укладають у посудину з водою кімнатної температури так, щоб рівень води в посудині був вище верху зразків або проби щебеню (гравію) не менше ніж на 20 мм. У такому положенні зразки або пробу витримують протягом 48 годин після чого їх виймають із посудини, видаляють вологу з поверхні віджатою вологою

м'якою тканиною і кожний зразок або пробу зважують, при цьому маса води, яка витекла зі зразка або щебеню (гравію) на чашу ваг, повинна включатися в масу зразка (проби) (m_n).

Водопоглинання W_m , %, по масі та W_V , %, по об'єму, визначають за формулами (2.2) та (2.3).

За результат приймають середнє арифметичне значення п'яти паралельних випробувань гірської породи, і двох паралельних випробувань щебеню (гравію). Результати випробувань заносять у таблицю 2.1 та роблять висновок про залежність проникності матеріалів для рідини від структурних характеристик та густини.

Таблиця 2.1

Дані випробувань та розрахунків

Матеріал	Маса сухого зразка m_c , г	Маса насиченого зразка m_n , г	Об'єм зразка V , см ³	Водопоглинання за масою W_m , %	Водопоглинання за об'ємом W_V , %
Граніт					
Вапняк					

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як впливає на пустотність насипна густина матеріалу?
2. Чи для всіх матеріалів визначається пустотність?
3. Який взаємозв'язок між пористістю матеріалу та його водопоглинанням?
4. Фізична сутність вологості і водопоглинання.
5. Яка залежність між структурними і фізичними властивостями матеріалів та їх застосуванням у різних галузях будівництва?

ДОДАТКИ

Додаток 1

Основні фізичні властивості деяких будівельних матеріалів

Матеріал	Істинна густина, ρ , г/см ³	Середня густина, ρ_c , г/см ³	Пористість, P , % (пустотність, P_y , %)
Сталь	7,85	7,8	0,0
Бетон:			
важкий	2,6	2,4	10
легкий	2,6	1,0	61,5
ніздрюватий	2,6	0,5	81
Цегла:			
звичайна	2,65	1,8	32
порожниста	2,65	1,3	51
Природні камені:			
базальт	2,8...3,3	2,7...3,2	1,5
граніт	2,7...3,0	2,5...2,9	1,5
вапняк (щільний)	2,4...2,6	1,6...2,4	3,5
вапняк-черепашник	1,4...2,0	0,8...1,8	25,0
пісок кварцовий	2,65	1,45...1,6	(45,0)
Скло:			
віконне	2,65	2,65	0,0
піноскло	2,65	0,30	88
Деревина:			
сосна	1,55	0,4...0,6	65,0
деревноволокнисті плити	1,5	0,2	86

Додаток 2

Одиниці виміру та розрахункові формули основних властивостей будівельних матеріалів

Найменування властивостей	Одиниці виміру	Розрахункова формула	Умовні позначення
Істинна густина	г/см ³	$\rho = \frac{m}{V_a}$	m – маса матеріалу, г; V_a – об'єм матеріалу в абсолютно щільному стані, см ³
Середня густина	г/см ³	$\rho_c = \frac{m}{V_n}$	m – маса матеріалу, г; V_n – об'єм матеріалу в природному стані, см ³
Насипна густина	кг/м ³	$\rho_H = \frac{m}{V_H}$	m – маса сипкого матеріалу, кг; V_H – об'єм сипкого матеріалу при вільній засипці, м ³

Продовження таблиці Додатку 2

Пористість загальна	%	$P = \left(\frac{\rho - \rho_c}{\rho} \right) \cdot 100 \%$	ρ – істинна густина матеріалу, г/см ³ ; ρ_c – середня густина матеріалу, г/см ³ ;
Пористість відкрита	%	$P_B = \frac{m_H - m_c}{V} \cdot \frac{1}{\rho_B} \cdot 100 \%$	m_H – маса водонасиченого матеріалу, г; m_c – маса матеріалу в сухому стані, г; V – об'єм матеріалу в сухому стані, см ³ ; ρ_B – густина води, $\rho_B = 1$ г/см ³
Пористість закрита	%	$P_3 = P - P_B$	
Пустотність	%	$P_y = \left(1 - \frac{\rho_H}{\rho_c \cdot 1000} \right) \cdot 100 \%$	ρ_c – середня густина матеріалу, г/см ³ ; ρ_H – насипна густина матеріалу, кг/м ³
Вологість	%	$W = \frac{m_B - m_c}{m_c} \cdot 100 \%$	m_B – маса проби у вологому стані, г; m_c – маса проби в сухому стані, г
Водопоглинання за масою	%	$W_m = \frac{m_H - m_c}{m_c} \cdot 100 \%$	m_H – маса матеріалу після насичення водою протягом 2 годин, г; m_c – маса сухого матеріалу, г
Водопоглинання за об'ємом	%	$W_V = \frac{m_H - m_c}{V} \cdot \frac{1}{\rho_B} \cdot 100 \%$	V – об'єм матеріалу в сухому стані, см ³ ; ρ_B – густина води, 1 г/см ³

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАУРА

1. ДСТУ Б В.2.7-75-98 Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови. – К.: Держкоммістобудування України, 1999. 15 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-71-98 Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань. – К.: Держкоммістобудування України, 1999. 47 с.

Навчально-методичне видання

*Громова Олена Вячеславівна
Зінкевич Андрій Миколайович
Афанасьєва Тетяна Іванівна*

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО
ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНИХ ТА ГІДРОФІЗИЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНИХ КАМ'ЯНИХ МАТЕРІАЛІВ

Методичні рекомендації до лабораторних робіт

Редактор А. В. Безверхня
Комп'ютерна верстка В. В. Бердо

Формат 60x84 _{1/16}. Ум. друк. арк. 0,70 Обл.-вид. арк. 0,40
Зам. № 69

Український державний університет
науки і технологій
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010