

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра технології будівельних виробів
і матеріалознавства

03-09-72М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з навчальної дисципліни
«Архітектурне матеріалознавство»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Архітектура та містобудування» спеціальності
191 «Архітектура та містобудування»
усіх форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою
з якості ННІБА
Протокол № 2 від 04.10.2022 р.

Рівне – 2022

Методичні вказівки до лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Архітектурне матеріалознавство» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Архітектура та містобудування» спеціальності 191 «Архітектура та містобудування» усіх форм навчання [Електронне видання] / Бордюженко О. М. – Рівне : НУВГП, 2022. – 50 с.

Укладач: Бордюженко О. М., к.т.н., доцент кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Відповідальний за випуск: Дворкін Л. Й., проф., д.т.н., завідувач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Керівник групи забезпечення спеціальності: Потапчук І. В., к.арх., доцент кафедри архітектури та середовищного дизайну

© О. М. Бордюженко, 2022

© НУВГП, 2022

ЗМІСТ

Передмова.....	4
Лабораторна робота №1. Вивчення структурно-фізичних властивостей будівельних матеріалів	4
Лабораторна робота №2. Вивчення гідрофізичних властивостей будівельних матеріалів.....	11
Лабораторна робота №3. Вивчення теплофізичних та механічних властивостей.....	16
Лабораторна робота №4. Вивчення властивостей деревини.....	22
Лабораторна робота №5. Вивчення властивостей природних кам'яних матеріалів.....	29
Лабораторна робота №6. Визначення властивостей керамічних матеріалів.....	31
Лабораторна робота №7. Вивчення властивостей мінеральних в'язучих та бетонів	37
Нормативні документи	49
Рекомендована література	49

ПЕРЕДМОВА

Лабораторні роботи є різновидом аудиторної роботи студента. Вони виконуються в процесі вивчення програмного матеріалу навчальної дисципліни і завершуються перед складанням підсумкового заліку або іспиту відповідної навчальної дисципліни.

Метою виконання лабораторних робіт є закріплення і практичне використання знань, набутих студентами під час лекцій з дисципліни «Архітектурне матеріалознавство». Під час виконання лабораторного практикуму студенти розвивають навички експериментальної роботи по визначенню функціональних та естетичних властивостей будівельних матеріалів різних видів. Вони навчаються працювати самостійно із довідковою літературою та нормативними документами, аналізувати отримані експериментальні дані та робити висновки щодо якості та можливостей використання будівельних матеріалів в архітектурно-дизайнерській практиці.

Зміст методичних вказівок охоплює лабораторні роботи, що передбачені силябусом навчальної дисципліни. Експериментальні та практичні завдання виконують за наведеними нижче методиками, вихідні дані та результати випробувань заносять в журнал лабораторних робіт, який студент отримує на початку семестру.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 Вивчення структурно-фізичних властивостей будівельних матеріалів

Загальні відомості

Структурно-фізичні властивості характеризують особливості фізичного стану будівельних матеріалів. Такими властивостями є густина, пористість, міжзернова порожнистість, відносна густина, коефіцієнт щільності.

Як відомо, матеріали різного походження, однакові за об'ємом, мають різну масу. Для характеристики різних за масою матеріалів використовують поняття густини. Маса одиниці об'єму матеріалу називається *густиною*.

Дійсною густиною (густиною речовини) ρ_i називають співвідношення маси матеріалу та його об'єму в абсолютно щільному стані (без врахування пор і пустот).

Середньою густиною (густиною матеріалу) ρ_0 називають співвідношення маси матеріалу та його об'єму з врахуванням наявних в ньому пор і пустот.

Відношення густини матеріалу до густини речовини характеризує ступінь заповнення об'єму матеріалу твердою речовиною і називається *коефіцієнтом щільності* $K_{щ}$.

В ряді випадків використовують поняття *відносної густини* d - відношення густини матеріалу до густини стандартної речовини, переважно води.

Показники середньої та насипної густини збільшуються зі збільшенням вологості матеріалу. Від середньої густини залежить теплопровідність та міцність матеріалів. Значеннями середньої густини користуються для орієнтовних розрахунків габаритних розмірів конструкцій, для визначення товщини зовнішніх огорожувальних елементів будівлі (стін, покриттів).

Пористість матеріалу відображає ступінь заповнення об'єму матеріалу порами, це співвідношення між об'ємом пор матеріалу та об'ємом матеріалу з врахуванням пор. Розрізняють пори закриті та відкриті, мікропори (<1 мм) і макропори (1...3 мм). Залежно від показника пористості розрізняють низькопористі (менше 30%), середньопористі (від 30 до 50 %) і високопористі матеріали (більше 50%). Останні часто використовують як теплоізоляційні.

Відкриті пори матеріалу, сполучені із середовищем, збільшують проникність до рідин і газів, водопоглинання, зменшують морозостійкість матеріалу. Збільшення закритої пористості покращує морозостійкість та теплоізоляційні властивості матеріалу.

Для сипких (рихлих) матеріалів (цементу, вапна, піску, щебеню) визначають *насипну густину* ρ_n разом із пустотами між їхніми частинками. Сипкі матеріали також характеризуються *міжзерною порожнистістю* - відношенням об'єму міжзернових порожнин до об'єму, який заповнює матеріал при вільному засипанні (без ущільнення).

Методика виконання дослідів

Дослід 1.1. Визначення дійсної густини речовини

Дійсну густину визначають на пробі, яка відібрана не менше ніж від трьох зразків матеріалу. Підготовлену пробу висушують до постійної маси і подрібнюють до повного проходження кризь сито з

сіткою №0,063 (діаметр отворів 0,63 мм). Визначення дійсної гус-

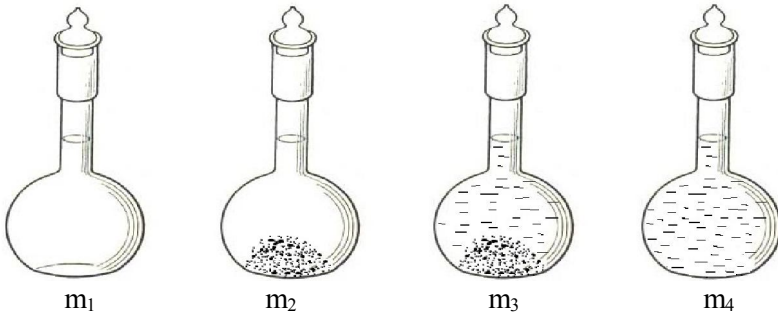


Рис. 1.1. Схема визначення дійсної густини матеріалу методом пікнометрії

тини виконують паралельно на двох наважках масою близько 10г. При виконанні досліду використовують метод пікнометрії (рис. 1.1). Відібрану наважку висипають в чистий, висушений і попередньо зважений пікнометр (m_1). Пікнометр зважують разом з наважкою (m_2). Потім наливають в нього воду в такій кількості, щоб він

був заповнений приблизно на 50% об'єму. Для видалення повітря з наважки пікнометр із вмістом кип'ять протягом 15...20 хв на водяній або піщаній бані (рис. 1.2). Повітря можна також видалити шляхом вакуумування в ексикаторі. Після видалення повітря пікнометр заповнюють водою до мітки і зважують (m_3). Після зважування пікнометр звільняють від вмісту, промивають, заповнюють водою до мітки і знову зважують (m_4) (рис.

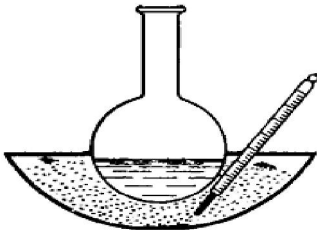


Рис. 1.2. Схема влаштування піщаної бані

1.1).

Для визначення дійсної густини речовин, які взаємодіють з водою, застосовують іншу, інертну по відношенню до матеріалу, рідину.

Дійсну густину наважки (ρ_i) в г/см³ обчислюють за формулою

$$\rho_i = \frac{(m_2 - m_1)\rho_p}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)}, \quad (1.1)$$

де m_1 – маса пікнометра, г; m_2 – маса пікнометра з наважкою, г; ρ_p –

густина інертної рідини (для дистильованої води приймають $1,0 \text{ г/см}^3$); m_3 – маса пікнометра з наважкою і рідиною, г; m_4 – маса пікнометра з рідиною, г.

Дійсну густину речовини ρ визначають як середнє арифметичне результатів випробування двох наважок з точністю до $0,01 \text{ г/см}^3$. Розбіжність між результатами паралельних визначень не повинна перевищувати $0,02 \text{ г/см}^3$.

Завдання 1.1. Визначити дійсну густину піску, гранітного щебеню, кераміки, портландцементу.

Дослід 1.2. Визначення середньої густини матеріалу

а) Визначення середньої густини зразків правильної геометричної форми. Середню густину визначають не менше як на трьох зразках матеріалу одного виду правильної геометричної форми з мінімальним розміром 50 мм . Зразки очищають від пилу, висушують до постійної маси в електрошафі при температурі $105 \pm 5^\circ\text{C}$ і зважують. Об'єм зразків визначають за їх геометричними розмірами. Для визначення кожного лінійного розміру зразок вимірюють в трьох місцях – по ребрах і середині грані. За остаточний результат приймають середнє арифметичне трьох вимірювань (рис. 1.3а). Діаметр зразка циліндричної форми обчислюють як середнє арифметичне чотирьох розмірів, які отримані вимірюванням двох взаємно перпендикулярних діаметрів на кожній паралельній площині циліндра. Висоту зразка циліндричної форми обчислюють як середнє арифметичне чотирьох вимірів – по два виміри на взаємно перпендикулярних площинах, які проходять через вертикальну вісь циліндра (рис. 1.3б).

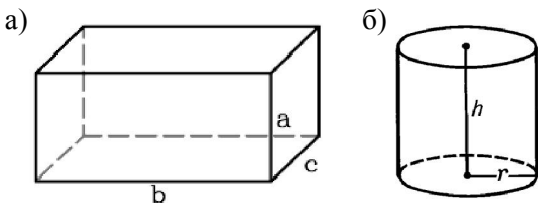


Рис. 1.3. Вимірювання розмірів зразків правильної геометричної форми: призматичної (а) та циліндричної (б)

Середня густина окремого зразка $\rho_{0,i}$ в кг/м^3 дорівнює

$$\rho_{0,i} = \frac{m}{V} \cdot 1000, \quad (1.2)$$

де m – маса висушеного зразка, г; V – об'єм зразка, см^3 .

Середню густину матеріалу ρ_0 визначають як середнє арифмети-

чне середніх густин усіх окремих зразків з точністю до 10 кг/м^3 .

Завдання 1.2. *Визначити середню густину матеріалу зразків правильної форми з бетону різних видів, цементно-піщаного розчину, повнотілої та порожнистої керамічної цегли, деревини.*

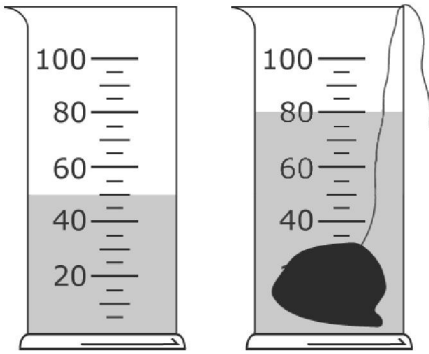


Рис. 1.4. Схема до досліду 1.2

б) Визначення середньої густини зразків неправильної геометричної форми. Середню густину пористих матеріалів визначають на парафінованих зразках (масою не менше 200 г). Зразки висушують до постійної маси в електрошафі при температурі $105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ і зважують. Парафінування проводять шляхом занурення зразка в розплавлений при

температурі $80 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ парафін. Пухирці або тріщини, які утворюються на парафіновій плівці, усувають гарячою голкою. Утворена на поверхні зразка плівка парафіну повинна мати товщину близько 1 мм. Парафінований зразок зважують на лабораторних вагах. Визначають масу парафіну на зразку. Далі наливають у мірний циліндр визначену кількість води та занурюють парафінований зразок (рис.1.4). Приріст об'єму рідини відповідає об'єму парафінованого зразка в см^3 .

Середню густину окремого зразка $\rho_{0,i}$ в кг/м^3 обчислюють за формулою

$$\rho_{0,i} = \frac{m}{V_n - \frac{m_n - m}{\rho_n}} \cdot 1000 \quad (1.3)$$

де m – маса висушеного зразка, г; V_n – об'єм парафінованого зразка, см^3 ; m_n – маса парафінованого зразка, г; ρ_n – густина парафіну, яку приймають рівною $0,93 \text{ г/см}^3$.

Середню густину матеріалу ρ_0 визначають як середнє арифметичне результатів визначення середньої густини усіх окремих зразків.

Завдання 1.3. *Визначити середню густину матеріалу зразків неправильної форми з щільних та пористих гірських порід.*

Дослід 1.3. *Визначення насипної густини*

При визначенні насипної густини дрібнозернистих матеріалів (з розміром зерен менше 5 мм) застосовують мірний циліндр об'ємом 1 л, а для крупнозернистих беруть мірні циліндри об'ємом 5 л (до 20 мм) та більше. Визначення ведуть таким чином: із спеціальної лійки (рис. 1.5) або просто із совка з визначеної висоти (близько 10 см) насипають матеріал в попередньо зважений мірний циліндр таким чином, щоб у ньому був деякий надлишок матеріалу. Цей надлишок потім знімають металевою лінійкою врівень з краєм циліндру, який після цього зважують.

Насипну густину (в $\text{кг}/\text{м}^3$) обчислюють за формулою

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V} \cdot 1000, \quad (1.4)$$

де m_1 – маса порожнього мірного циліндра, кг; m_2 – маса мірного циліндра з матеріалом, кг; V – об'єм циліндра, л.

Завдання 1.4. Визначити насипну густину піску, гранітного щебеню та портландцементу.

Дослід 1.4. Визначення пористості, міжзернової пустотності, коефіцієнту щільності будівельних матеріалів

Визначення проводять розрахунковим методом за наступними формулами для пористості

$$П = \frac{V_{пор(пуст.)}}{V} \cdot 100\% = \frac{\rho - \rho_0(\rho_n)}{\rho} \cdot 100\% \quad (1.5),$$

для міжзернової пустотності $V_{м.п.} = \frac{V_{пуст.}}{V} \cdot 100\% = \frac{\rho_0 - \rho_n}{\rho_0} \cdot 100\%, \quad (1.6),$

для коефіцієнту щільності $K_{щ} = \frac{\rho_0}{\rho}. \quad (1.7)$

Завдання 1.5. Користуючись даними, отриманими при виконанні завдань 1-3 та довідковими даними, визначити пористість бетону, кераміки, гірських порід (граніту, вапняку, черепашнику) та пустотність піску, гранітного щебеню, портландцементу.

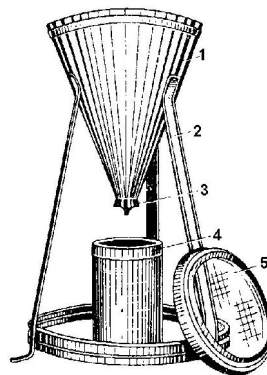


Рис. 1.5. Прилад для визначення насипної густини дрібнозернистого матеріалу:

- 1 – воронка; 2 – підставка;
- 3 – засувка; 4 – мірний циліндр; 5 – сито

Питання до захисту

1. Яку властивість матеріалу називають насипною густиною?
2. Яку властивість матеріалу називають дійсною густиною?
3. Яку властивість матеріалу називають середньою густиною?
4. Наведіть формулу визначення та вкажіть одиниці вимірювання пористості матеріалу.
5. Наведіть формулу визначення та вкажіть одиниці вимірювання міжзернової пористості матеріалу.
6. Яку властивість матеріалу називають відносною густиною? В яких межах може коливатися її значення?
7. Наведіть формулу визначення та вкажіть одиниці вимірювання середньої густини матеріалу.
8. Наведіть формулу визначення та вкажіть одиниці вимірювання насипної густини матеріалу.
9. Навести приклади матеріалів (2-3), для яких дійсна густина і середня густина практично однакові.
10. Як змінюється середня густина зі збільшенням пористості матеріалу?
11. Як впливає збільшення відкритої пористості на морозостійкість та водопоглинання матеріалу?
12. Які властивості покращуються при збільшенні закритої пористості?
13. Що таке закрита та відкрита пористість?
14. Які орієнтовні значення пористості повинні мати теплоізоляційні матеріали?
15. Як змінюється середня густина матеріалу зі збільшенням його вологості?
16. Розташуйте наведені нижче матеріали у порядку збільшення їхньої пористості: легкий бетон, пінополістирол, скло, базальт.
17. Розташуйте наведені нижче матеріали у порядку збільшення їхньої середньої густини: сталь будівельна, важкий бетон, пінополістирол, граніт.
18. Який метод використовувався в лабораторній роботі для визначення густини речовини? В чому його сутність?
19. Який метод використовувався в лабораторній роботі для визначення густини матеріалу? В чому його сутність?
20. Який метод використовувався в лабораторній роботі для визначення насипної густини матеріалу? В чому його сутність?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Вивчення гідрофізичних властивостей будівельних матеріалів

Загальні відомості

Гідрофізичні властивості зумовлюють реакцію матеріалу на дію вологи. Такими властивостями є гігроскопічність, водопоглинання, водостійкість, водонепроникність та інші.

Гігроскопічність - це здатність матеріалу поглинати водяну пару з повітря. Вона зумовлена природою матеріалу: одні матеріали активно притягують своєю поверхнею молекули води (*гідрофільні* матеріали), а інші - відштовхують (*гідрофобні* матеріали). Гігроскопічність деяких пористих матеріалів призводить до збільшення теплопровідності (пінополістирол), зміни розмірів і міцності (деревина), втрати реакційної здатності (цемент).

Водопоглинання – це здатність матеріалу всмоктувати й утримувати воду. Розрізняють водопоглинання за масою та об'ємом. *Водопоглинання за масою* W_m визначають як відношення кількості поглинутої матеріалом води до маси сухого матеріалу

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де m_2, m_1 - маси матеріалу відповідно в насиченому водою та сухому стані, г, кг.

Водопоглинання за об'ємом W_v характеризується ступенем наповненості пор матеріалу водою при насиченні й виражається відношенням об'єму поглинутої води до загального об'єму матеріалу в природному стані

$$W_v = \frac{m_2 - m_1}{V \cdot \rho_w} \cdot 100 \quad (2.2)$$

де m, m_1 - відповідно маса сухого та вологого матеріалу, г; V - об'єм матеріалу, см^3 ; $\rho_w = 1 \text{ г/см}^3$.

Величини W_m, W_v характеризують граничний випадок, коли будівельний матеріал більше не може поглинати вологу за звичайних умов. При заповненні всіх відкритих пор водою (під тиском або при кип'ятінні) показник водопоглинання чисельно відбиває відкрити пористість матеріалу

$$W_v = P_B \quad (2.3)$$

Водостійкість - це здатність матеріалу зберігати міцність при

насиченні водою; характеризується *коефіцієнтом розм'якшення* (водостійкості), який визначається відношенням міцності насиченого водою матеріалу R_n до його міцності в сухому стані R_c

$$K_p = R_n/R_c \quad (2.4)$$

Матеріал вважається водостійким, якщо $K_p \geq 0,75 \dots 0,8$. При $K_p < 0,8$ матеріали не можна застосовувати у місцях із підвищеною вологістю.

Водонепроникність - це здатність матеріалу не пропускати крізь себе воду при певному гідростатичному тиску. Це основна характеристика якості гідроізоляційних матеріалів. Водонепроникність характеризується тиском води, який витримує зразок протягом певного часу без появи ознак фільтрації (найбільш поширений спосіб) або кількістю води, яка просочилася крізь зразок протягом певного часу при встановленому тиску.

Паропроникність - це здатність матеріалу пропускати водяну пару при наявності різниці тиску біля поверхонь огорожень.

При зміні вологості матеріали здатні змінювати свій об'єм, такі *вологові деформації*. Властивості матеріалу при зволоженні (насиченні) водою збільшуватись в об'ємі називається *набряканням* (глина, деревина). Зі зменшенням вологості (висиханням) деякі матеріали дають *усадку*, що може викликати тріщиноутворення (цегла-сирець, бетон).

Морозостійкість - це здатність матеріалу в насиченому водою стані витримувати багаторазове циклічне заморожування й відтавання без ознак руйнування і без значних втрат міцності на стиск та маси. *Марка* за морозостійкістю характеризується оптимальним числом циклів заморожування-відтавання, які витримує випробуваний матеріал без суттєвих втрати маси та міцності.

Методика виконання дослідів

Дослід 2.1. Визначення змочуваності

Мірою змочуваності є крайовий кут, утворений краплею рідини на твердій поверхні (рис. 2.1).

Крайовий кут можна визначити проекційним методом. Непорошкоподібний матеріал у вигляді пластинки з гладкою поверхнею поміщують на спеціальний дротяний тримач, закріплений в проекторі. За допомогою піпетки на зразок наноситься крапля, яка проектується проектором на екран. Проекцію краплі обмальовують на екрані та знаходять величину крайового кута.

Для порошкоподібних матеріалів крайовий кут можна виміряти так само, проектуючи на екран сформовану краплю води, нанесену на рівну поверхню проби порошку (приблизно через 3 хвилини після завершення її формування).

Для виконання завдання проєкційним методом визначають крайовий

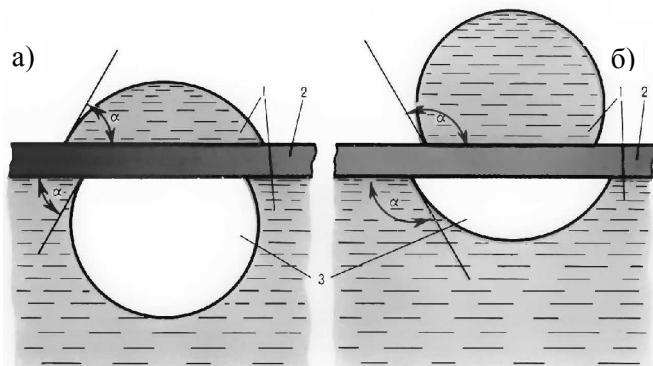


Рис. 2.1. Гідрофільна (а) та гідрофобна (б) поверхні:

1 - вода; 2 - тверде тіло; 3 - повітря; α - крайовий кут змочування

вий кут для кожного матеріалу (6...10 разів). Обчисливши значення крайових кутів (як середнє арифметичне усіх випробувань) для кожного матеріалу, роблять висновок про ступінь їх гідрофобності.

Завдання 2.1. Визначити змочуваність зразків різних будівельних матеріалів (кераміка, скло, сталь, бетон, цемент, гіпс).

Дослід 2.2. Визначення водопоглинання

Визначення водопоглинання у воді при температурі $20 \pm 5^\circ\text{C}$. Дослідні зразки висушують до постійної маси в електрошафі при температурі $105 \pm 5^\circ\text{C}$ і зважують. Зразки на основі або із застосуванням гіпсу висушують до постійної маси при температурі $40 \pm 5^\circ\text{C}$.

Висушені зразки укладають на ґратки в посудину з водою температурою $20 \pm 5^\circ\text{C}$ в один ряд за висотою із зазорами між ними не меншими 20 мм так, щоб рівень води був вищий за верх зразків на (20...100) мм. Тривалість витримування у воді 48 ± 1 год, водостійких гіпсових зразків - 2 год. Насичені зразки виймають із води, обтирають вологою губкою або м'якою тканиною і зважують повторно. Масу води, яка витекла на шальку терезів, включають у масу зразка, насиченого водою. Водопоглинання за масою визначають за формулою (2.1), а за об'ємом - за формулою (2.2).

Визначення водопоглинання прискореним способом. Водопоглинання можна визначити прискореним способом – методом поступового занурення зразків у воду на 1/4; 1/2; 3/4 висоти та на повну висоту +2 см. Після занурення і витримання зразка у воді протягом 5 хвилин його обережно обтирають та зважують (рис. 2.2).

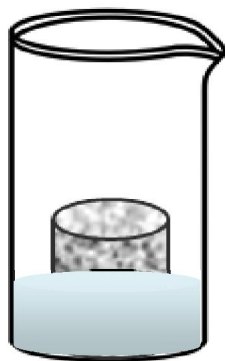


Рис. 2.2. Схема до дослідів 2.2

Завдання 2.2. Методом поступового занурення зразка у воду визначити водопоглинання зразків з кераміки, цементного та асфальтового бетону.

Дослід 2.3. Визначення водостійкості

Для виконання дослідів частину зразків на-

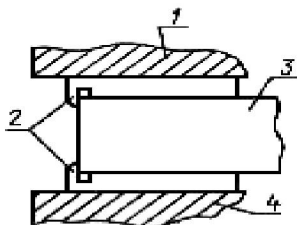


Рис. 2.3. Схема визначення міцності на стиск зразків-півбалочок:

- 1- верхня плита преса;
- 2 – металеві пластини;
- 3 – зразок;
- 4 – нижня плита преса

сичують водою протягом двох діб, інші зберігають у повітряно-сухому стані. Потім на гідравлічному пресі усі зразки випробовують на стиск (рис. 2.3), визначають межі міцності R_u та R_c за формулою (2.5) та коефіцієнт розм'якшення за формулою (2.4)

$$R_c = \frac{P}{S} \quad (2.5)$$

Завдання 2.3. Порівняти водостійкість зразків на гіпсовому та цементному в'язучих. Зробити висновок про можливу сферу їх використання.

Дослід 2.4. Визначення водонепроникності

Для вимірювання гідростатичного тиску використовують прилад (рис. 2.4), який працює за законом сполучених посудин. Зразок рулонного матеріалу розміщують в обоймі приладу між гумовими прокладками та встановлюють нульовий рівень на шкалі.

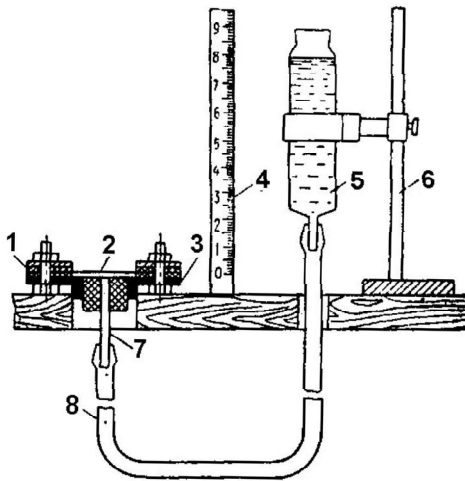


Рис. 2.4. Прилад для визначення водонепроникності рулонних матеріалів:

- 1 – гумові прокладки; 2 – зразок; 3 – перфорований фланець з отвором $\varnothing 50$ мм; 4 – лінійка;
- 5 – скляна посудина; 6 – штатив; 7 – скляна трубка; 8 – гумова трубка

Після цього в скляну трубку наливають воду до рівня 0,1 м та витримують протягом 5хв, потім збільшують тиск на 0,1 м водяного стовпа через кожні 5 хв, доки на поверхні зразка не з'являться крапельки рідини. Водонепроникність відповідає максимальному тиску, при якому не з'являються ознаки фільтрації води через зразок. Для покрівельного руберойду водонепроникність повинна бути не меншою 0,07 МПа, пер-

гаміну – 0,05 МПа, поліетилену - більшою 0,5 МПа.

Завдання 2.4. Визначити і порівняти водонепроникність рулонних матеріалів, які застосовують для гідро- та пароізоляції: руберойду, пергаміну, поліетиленової плівки.

Питання до захисту

1. Що таке вологість матеріалу?
2. Що таке гігроскопічність і яким матеріалам вона притаманна: гідрофільним чи гідрофобним?
3. Які матеріали називають гідрофільними?
4. Які матеріали називають гідрофобними?
5. Наведіть приклади гідрофільних матеріалів.
6. Наведіть приклади гідрофобних матеріалів.

7. Що таке водопоглинання?
8. Наведіть формулу визначення та вкажіть одиниці вимірювання водопоглинання за об'ємом.
9. Наведіть формулу визначення та вкажіть одиниці вимірювання водопоглинання за масою.
10. Яка формула виражає взаємозв'язок між водопоглинанням за об'ємом та масою?
11. Яка гідрофізична властивість та за яких умов характеризує відкриту пористість матеріалу?
12. Що таке водостійкість?
13. Вкажіть формулу коефіцієнту розм'якшення
14. Які матеріали (залежно від коефіцієнту розм'якшення) вважаються водостійкими? Що таке водонепроникність?
15. Наведіть приклади водостійких та неводостійких будівельних матеріалів.
16. До яких матеріалів (за призначенням) висуваються вимоги забезпечення певної водонепроникності?
17. Що таке морозостійкість та який показник є критерієм морозостійкості?
18. Як змінюється морозостійкість матеріалу зі збільшенням закритої пористості?
19. До яких матеріалів (за призначенням) ставляться вимоги забезпечення певної морозостійкості?
20. Що таке паропроникність?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Вивчення теплофізичних та механічних властивостей будівельних матеріалів

Загальні відомості

Теплофізичні властивості зумовлюють реакцію матеріалу на дію тепла.

Теплопровідність - це здатність матеріалу передавати теплоту від однієї поверхні до іншої при наявності різниці температур на цих поверхнях. Оцінюється коефіцієнтом теплопровідності λ , $Вт/(м \cdot K)$, $Вт/(м \cdot ^\circ C)$, що представляє кількість теплоти, яка проходить крізь стінку з досліджуваного матеріалу товщиною $1м$ площею

1 м² при різниці температур поверхонь стінок 1⁰С.

$$\lambda = \frac{q\delta}{\Delta T} = \frac{Q\delta}{S\tau\Delta T}, \quad (3.1)$$

де q - поверхнева густина теплового потоку, $Вт/м^2$; δ - товщина матеріалу, $м$; ΔT - різниця температур на ділянці завтовшки δ , $К$; Q - кількість теплоти, $Дж$; S - площа перерізу, $м^2$; τ - тривалість проходження теплового потоку, $с$.

Для орієнтовного визначення теплопровідності λ матеріалів мінерального походження існує емпірична (експериментальна) формула В.П.Некрасова

$$\lambda = 1,16 \sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16, \quad (3.2)$$

де d - відносна густина матеріалу.

З теплопровідністю пов'язаний *термічний опір* R_6 : $R = \delta/\lambda$ (3.3). Термічний опір багат шарових конструктивних елементів складається з суми термічних опорів всіх шарів.

Теплоємність - це здатність матеріалу під час нагрівання поглинати теплоту. Вона характеризується *питомою теплоємністю*, тобто кількістю теплоти, необхідною для нагрівання одиниці маси на 1⁰, $кДж/(кг \cdot ^0C)$.

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}, \quad (3.4)$$

де Q - кількість теплоти, необхідної для нагрівання матеріалу, $Дж$; m - маса матеріалу, $кг$; t_2 і t_1 - відповідно кінцева й початкова температури нагрівання, 0C .

Температуропровідність характеризує швидкість зміни температури речовини теплових процесах; вимірюється в $м^2/год$

$$\alpha = \frac{\lambda}{C \cdot \rho_0}. \quad (3.5)$$

Термічна стійкість - це здатність матеріалу витримувати змінне нагрівання та охолодження (певний цикл) без руйнування.

Температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР) характеризує відносне видовження матеріалу під час нагрівання на один градус, вимірюється в $К^{-1}$.

Теплостійкість - це здатність матеріалу витримувати нагрівання до певної температури (нижчої за температуру плавлення) без переходу в пластичний стан.

Вогнестійкість - це здатність матеріалу витримувати дію висо-

ких температур (до 1000⁰С) або вогню й води (під час пожеж), не руйнуючись.

Вогнетривкість - це здатність матеріалу витримувати тривалу дію високих температур, не деформуючись і не розплавляючись. Показником є температура, при якій зразок досліджуваного матеріалу розм'якшується і деформується.

Фізико-механічні властивості характеризують поведінку матеріалів при дії статичних та динамічних сил. До них належать міцнісні та деформативні властивості.

Міцність - це здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від внутрішніх напружень, що виникають під дією різних зовнішніх навантажень; залежить від хімічного та мінералогічного складу матеріалів, структури та будови. Міцність матеріалів характеризується *границею (межею) міцності* - напруженням в матеріалі, яке відповідає навантаженню, що привело до руйнування зразка (МПа).

Розрізняють границю міцності при *осьовому стиску*

$$R_c = \frac{P}{S}, \quad (3.6)$$

де P - руйнівне навантаження (сила), МН; S - площа поперечного перерізу зразка до випробування, м².

- границю міцності *при згині*: якщо навантаження зосереджене в центрі для зразка прямокутного перерізу

$$R_{zc} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (3.7)$$

де l - відстань між опорами, м; b , h - ширина і висота зразка, м;

- границю міцності при *осьовому розтягу*

$$R_p = \frac{P}{S}. \quad (3.8)$$

Міцність матеріалу при *ударі* оцінюють за сумарною роботою декількох скидань вантажу на зразок матеріалу (на спеціальному приладі — копрі), витраченій на його руйнування (до появи першої тріщини) і віднесеній до одиниці об'єму матеріалу.

$$R_{y\delta} = nA/V, \quad (3.9)$$

де n - кількість ударів, A - робота руйнування, Дж, V - об'єм зразка, м³.

При визначенні міцності крім руйнівних можуть бути застосовані також неруйнівні методи (метод пружного відскоку, ультразвуковий, вдавлювання та ін.).

Твердість - це здатність матеріалу чинити опір місцевим деформаціям, які виникають тоді, коли в нього проникають інші, твердіші тіла. Твердість металів, деревини, пластиків визначають, вдавлюючи в зразки з певним зусиллям сталеву кульку або наконечник (конус, піраміду). Ступінь твердості встановлюють за величиною відбитка. Число твердості за Брінеллем (НВ) визначають відношенням прикладеного навантаження P до площі поверхні відбитка S , МПа

$$HB = P/S. \quad (3.10)$$

Ступінь твердості природних кам'яних матеріалів визначають за шкалою порівняльної твердості *Мооса*, яка складається з 10 мінералів-еталонів. При різній міцності твердість може бути однаковою. Твердість значною мірою залежить від густини матеріалу. Вона нормується для конструкційних матеріалів, які часто піддаються дії зосереджених навантажень, наприклад, підлоги промислових будівель.

Стиранність - це здатність матеріалу зменшуватись за масою й об'ємом при спільній дії абразивного матеріалу (наждаку, кварцового піску) та стиральних зусиль; характеризується втратою маси на одиницю площі стираної поверхні матеріалу

$$Cm = \frac{m_1 - m_2}{S} \quad (3.11)$$

де m_1 і m_2 - маси зразка відповідно до і після стирання, кг; S - площа стираної поверхні, m^2 .

Практичні завдання

Завдання 3.1. Використовуючи довідкові дані, визначити теплопровідність наступних матеріалів: бетону важкого, бетону легкого, цегли керамічної, граніту. В розрахунках використати формулу Некрасова.

Завдання 3.2. Користуючись наведеними нижче даними, визначте, чи відповідає вимогам до мінімального термічного опору зовнішня стіна житлової будівлі, розташованої в м. Рівне та перекриття над неопалювальним підвалом громадської будівлі, розташованої у м. Луцьку. Згідно нормативних вимог зовнішня стіна житлової будівлі повинна мати термічний опір не менше $2,8 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, перекриття громадської будівлі над неопалювальним підвалом – не менше $3,3 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Конструкція зовнішньої стіни житлової будівлі			
	Назва шару	$\delta, \text{мм}$	$\lambda, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
	1- цегла керамічна порожниста;	120	0,58
	2- утеплювач мінераловатна плита;	140	0,049
	3- цегла керамічна порожниста;	250	0,47
	4- вапняно-піщана штукатурка;	30	0,48
	5- армувальна сітка	-	-
Конструкція перекриття громадської будівлі			
Назва шару	$\delta, \text{мм}$	$\lambda, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	
1 – шар наливної підлоги	50	1,00	
2 - гідроізоляційний шар	-	-	
3 - теплоізоляційний шар – мінераловатна плита	80	0,040	
4 – залізобетонна плита перекриття	220	1,69	
5 - штукатурний шар	30	0,52	

Завдання 3.3. Користуючись довідковими даними, побудувати бульбашкову діаграму «Теплопровідність-теплоємність» для різних видів стінових будівельних матеріалів: важкого бетону, керамзитобетону, ніздрюватого бетону, цегли повнотілої, цегли порожнистої, деревини. Визначити матеріали, з оптимальними теплофізичними параметрами для влаштування огорожувальних конструкцій.

Завдання 3.4. Розрахувати подовження стержня з початковою довжиною 50 см, нагрітого від 20°C до 100°C і виготовленого з віконного скла; кварцового скла; сталі, алюмінію, деревини. Коефіцієнти лінійного розширення ($\alpha_t \cdot 10^7$) віконного скла 95; кварцового скла – 5,6; сталі – 117; алюмінію – 235 град⁻¹, К.

Завдання 3.5. Визначити міцність на стиск зразків різних видів будівельних матеріалів (деревина, природний камінь, бетон, кераміка). Отримані результати занести в таблицю за нижче наведеним зразком.

Результати визначення міцності будівельних матеріалів

Назва матеріалу	Розміри зразка, см			Площа поперечного перерізу, см ²	Руйнівне навантаження, кН (кГс)	Межа міцності на стиск, МПа
	ширина	товщина	діаметр			

Завдання 3.6. На цегляний стовп перерізом 51см×51см діє вертикальне навантаження 400 кН. Марка цегли М 200 (міцність на стиск 20 МПа). Стовп знаходиться у воді. Чи витримає він прикладене навантаження, якщо допустимі напруження не повинні перевищувати 10% міцності цегли, а коефіцієнт розм'якшення цегли становить 0,80?

Завдання 3.7. Користуючись навчальною та науково-технічною літературою, описати методи неруйнівного контролю міцності будівельних матеріалів. Отриману інформацію занести в таблицю за наведеним нижче зразком.

Неруйнівні методи контролю міцності будівельних матеріалів

Назва методу	Назва використуваного приладу	Короткий опис та принцип дії приладу	Область використання приладу

Завдання 3.8. В скільки разів можна збільшити висоту h (м) стіни товщиною 64 см при заміні цегляної кладки з 1800 кг/м^3 керамзитобетонними блоками 1200 кг/м^3 ? Гранично допустимі напруження в основі цегляної стіни –15МПа, бетонної –5МПа.

Завдання 3.9. Залізобетонна квадратна плита розміром $4 \times 4 \times 0,4$ м опирається по краям на чотири цегляних стовпа перерізом $0,51 \times 0,51$ м кожний. Висота стовпів 6,5 м. На залізобетонну плиту по її центру поставили баддю з бетоном. Маса бадді без бетону 87 кг, а об'єм бетону в бадді $0,85 \text{ м}^3$. Визначити, який тиск на цегельні стовпи на рівні їх фундаменту.

Завдання 3.10. Користуючись довідковими даними, визначити твердість та стиранність матеріалів для покриття підлог: плитки з

природного каменю різних видів, паркету з різних порід деревини, плитки керамічної, лінолеуму з полівінілхлориду та ін. Побудувати точкову діаграму «Твердість-стираність» для цих видів матеріалів. Зробити висновок про залежність стираності від твердості матеріалу та вказати матеріали з мінімальною стиранністю.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 **Вивчення властивостей деревини**

Загальні відомості

Деревину, використовувану в якості будівельного матеріалу, в основному дає стовбур, який складає до 90 % об'єму деревини. Уявлення про *макроструктуру* деревини одержують при вивченні будови стовбура неозброєним оком або при невеликому збільшенні за трьома напрямками (перерізами): торцевим (поперечним), що проходить перпендикулярно осі стовбура і двом бічним; радіальним, що проходить вздовж стовбура крізь його вісь; та тангенціальним – що проходить вздовж стовбура по хорді поперечного перерізу.

Породи, які мають ядро, називають *ядровими* (дуб, тополя, ясень, кедр, модрина). Деякі породи деревини (береза, клен, вільха) не мають ядра – це *заболонні породи*. Деревні породи з однаковим забарвленням поперечного перерізу називаються породами зі стиглою деревиною (бук, ялина).

Деревина є анізотропним матеріалом, тобто її властивості в різних напрямках є різними.

Значною мірою якість деревини зумовлена *вологістю*. При зміні вологості виникають зміни розмірів деревини та її об'єму. Розрізняють гігроскопічну (у стінках клітин) і капілярну (міжклітинну) вологість. Вологість 12% вважається стандартною (нормальною).

Вологість, якої набуває деревина внаслідок тривалого перебування на повітрі із сталими температурою й вологістю називають *рівноважною*; кожному поєднанню температури й вологості повітря відповідає певна гігроскопічна вологість деревини даної породи.

Деревина схильна до значних вологових деформацій.

Стійкість деревини до дії агресивних середовищ досить висока.

Мицність залежить від породи, вологості, наявності вад (сучків,

тріщин), вона відрізняється в поздовжньому і поперечному напрямку відносно напрямку волокон.

Деревина як конструкційний матеріал має високе значення коефіцієнту конструктивної якості. Як природний полімерний матеріал, практично не старіє на відміну від штучних полімерних матеріалів.

Деревина може мати *вади* - недоліки її окремих ділянок, що погіршують якість та обмежують можливості використання матеріалів. Вади, що виникають в деревині в процесі її добування та обробки, називають *дефектами*.

Щоб запобігти загниванню деревини, використовують ряд конструктивних заходів (захищають від зволоження), просочують її *антисептиками* – хімічними речовинами, які вбивають грибні спори.

Щоб уникнути займання, передбачають конструктивні заходи, а також просочують деревину різними вогнезахисними сполуками – *антипіренами*.

Естетичні властивості деревини визначаються її текстурою, видами декоративної обробки та вадами. Листяні породи мають більш різноманітну текстуру, ніж хвойні.

Різновидами декоративної обробки деревини є прозоре, непрозоре, імітаційне, мозаїчне опорядження, різьба та ін.

Основні деревні породи, що використовуються в архітектурно-будівельній галузі України – це сосна, ялина, модрина, дуб, вільха, осика, береза та ін.

Номенклатура матеріалів та виробів з деревини включає в себе необроблені (круглі) лісоматеріали та оброблені: пиломатеріали, шпон, фрезеровані та погонні вироби, столярні та паркетні вироби, клеєні конструкції, вироби з відходів (в тому числі для теплоізоляції), шпалери паперові та інше.

Методика виконання дослідів

Дослід 4.1. Визначення вологості деревини

Вологість деревини визначають у відсотках по відношенню до маси абсолютно сухого зразка. З цією метою беруть зразок розміром 20×20×30 мм, зважують, а потім висушують в сушильній шафі до постійної маси при температурі (103±2)°С і знову зважують. Рівноважну вологість можна визначити за діаграмою М.М.Чулицького (рис 4.1).

Завдання 4.1. Визначити експериментально та за діаграмою М.П.Чулицького вологість деревини, яка зберігалась тривалий час в лабораторії, і порівняти отримані результати.

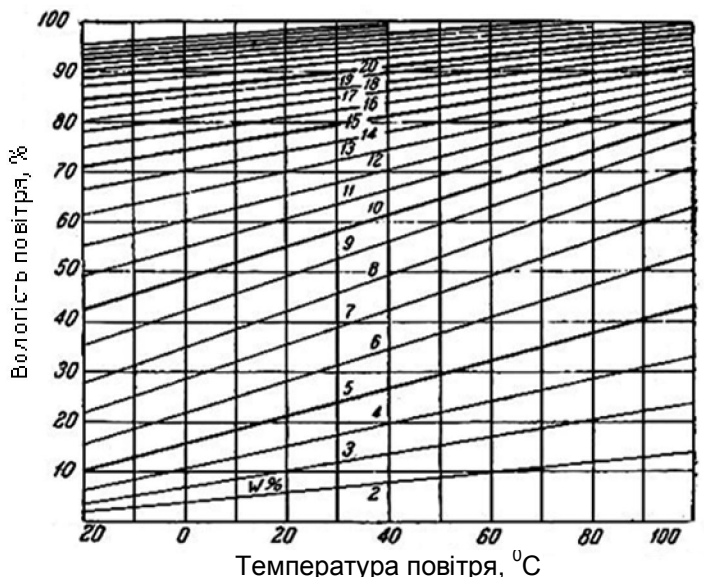


Рис. 4.1. Діаграма М.М. Чулицького для визначення рівноважної вологості деревини

Дослід 4.2. Визначення середньої густини

Середню густину деревини визначають на зразках у вигляді прямокутної призми перерізом 20×20 мм і висотою вздовж волокон 30 мм. Розміри поперечного перерізу і висоту вимірюють штангенциркулем з точністю до 0,1 мм по осям симетрії зразків. Об’єм зразка обчислюють з точністю до 0,01 см³. Після вимірювання зразок зважують з точністю до 0,01 г і обчислюють середню густину за формулою

$$\rho_{ow} = \frac{m_w}{V_w}, \tag{4.1}$$

Знайдену середню густину перераховують на стандартну вологість деревини (12%) за формулою

$$\rho_{012} = \rho_{ow} [1 + 0,01(1 - K_0)(12 - W)], \tag{4.2}$$

де K_0 - коефіцієнт об’ємного всихання, %; W - вологість зразка, %.

Завдання 4.2. Визначити і порівняти середню густину деревини різних порід.

Дослід 4.3. Визначення границі міцності деревини на стиск вздовж волокон

Цей дослід проводять на таких же зразках, що й визначення середньої густини на гідравлічному пресі, доводячи зразок до руйнування (рис.4.2).

Межа міцності на стиск деревини вздовж волокон при даній вологості визначається за формулою

$$R_w = \frac{F_{\max}}{ab} \quad (4.3)$$

Визначену межу міцності перераховують на стандартну вологість 12% за формулою:

- для зразків з вологістю, меншою межі гігроскопічності

$$R_{12} = R_w [1 + \alpha (W - 12)], \quad (4.4)$$

де α - коефіцієнт, який приймається рівним 0,04 на 1% вологості, W- вологість зразка в момент випробування, %.

- для зразків з вологістю, яка рівна границі гігроскопічності (30%) або перевищує її

$$R_{12} = \frac{R_w}{K_{12}^{30}}; \quad (4.5)$$

де K_{12}^{30} - коефіцієнт перерахунку при вологості 30%, який дорівнює: 0,4- для берези та ялиці; 0,445- для ялини, модрини, осики і тополі; 0,45 – для сосни і бука; 0,55- для дуба, липи і вільхи.

Завдання 4.3. Визначити міцність на стиск вздовж волокон деревини різних порід та різної вологості.

Дослід 4.4. Визначення межі міцності при статичному згині

Для визначення межі міцності при статичному згині виготовляють зразки у формі брусків перерізом 20 × 20 мм і довжиною вздовж волокон 300 мм. При випробуванні зразок кладуть на дві нерухомі опори з відстанню між їх центрами 240 мм. Навантаження передається в одній або двох точках (рис. 4.3).

Зразок випробовують на згин таким чином, щоб згинальна сила була направлена по дотичній до річних шарів тангенціального згину. Одночасно визначають вологість зразка. Межу міцності при

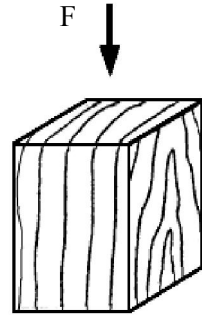


Рис. 4.2. Рисунок до дослідів 4.3

статичному згині R_w за даної вологості визначають з точністю до 1 МПа за формулами

- при навантаженні в двох точках

$$R_w = \frac{F_{\max} l}{bh^2}; \quad (4.6)$$

- при навантаженні в одній точці

$$R_w = \frac{3F_{\max} l}{2bh^2}. \quad (4.7)$$

Межу міцності зразків перераховують на вологість 12%.

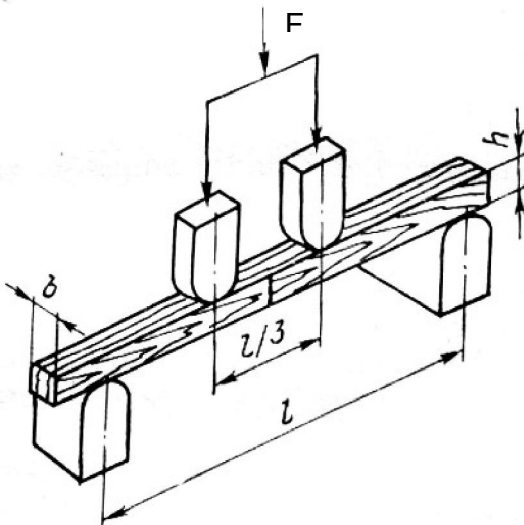


Рис. 4.3. Схема навантаження зразка деревини при випробуванні на статичний згин

сколювання при тангенціальному і перпендикулярні при радикальному сколюванні (рис. 4.4). Утворені річні шари повинні бути паралельні довгим ребрам зразка. Перед випробуванням штангенциркулем вимірюють по очікуваній площині сколювання ширину зразка b і довжину сколювання l .

Межу міцності при сколюванні в тангенціальній і радикальній площині при вологості в момент випробування визначають за формулою:

$$R_w = \frac{F_{\max}}{bl}. \quad (4.7)$$

Визначають міцність деревини різних порід, отримане значення приводять до стандартної вологості.

Завдання 4.4. Визначити міцність на згин деревини різних порід.

Дослід 4.5. Визначення межі міцності при сколюванні вздовж волокон

Для визначення межі міцності при сколюванні вздовж волокон зразки вирізають таким чином, щоб річні шари на торцях були паралельні площині

Межа міцності при сколюванні також повинна бути приведена до стандартної вологості деревини 12%. Визначають міцність деревини різних порід, приводять до стандартної вологості.

Завдання 4.5. Визначити міцність при сколюванні деревини різних порід.

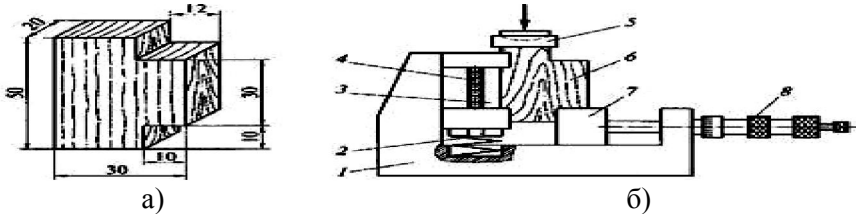


Рис. 4.4. Зразок для випробування на сколювання в тангентальній площині (а) і пристрій для закріплення зразка (б):

1 - корпус, 2 - пружина, 3 - рухлива планка; 4 - ролики; 5 - натискаюча призма з кульовою опорою; 6 - зразок для випробування на сколювання в радіальній площині; 7 - рухома опора; 8 - пристрій для притиску рухомої опори

Питання до захисту

1. Намалуйте та назвіть перерізи стовбура деревини.
2. Які породи деревини називають заболонними?
3. Які породи деревини називають породами зі стиглою деревиною?
4. Вкажіть переваги деревини як конструкційного матеріалу.
5. Вкажіть недоліки деревини як конструкційного матеріалу.
6. В чому полягає анізотропність міцнісних властивостей деревини?
7. Яку властивість деревини називають усиханням?
8. Напишіть та розшифруйте формулу визначення коефіцієнту об'ємного усихання деревини.
9. Яке значення стандартної вологості деревини?
10. Напишіть та розшифруйте формулу визначення усихання деревини.
11. Якими параметрами визначаються естетичні властивості деревини?
12. Що таке межа гігроскопічності деревини та яке її значення?
13. Наведіть приклади вад деревини.
14. Як змінюється густина деревини при зменшенні вологості?
15. Назвіть основні породи деревини, поширені в на території України, та вкажіть сферу їх використання в архітектурно-будівельній практиці.

16. Напишіть та розшифруйте формулу перерахунку середньої густини зразків деревини на густину зразків стандартної вологості.
17. Як змінюються міцнісні показники деревини при зменшенні вологості?
18. Як визначається рівноважна вологість деревини?
19. Які речовини називають антисептиками?
20. Які речовини називають антипіренами?
21. Що таке вади деревини? Назвіть приклади вад.
22. Напишіть та розшифруйте формулу визначення міцності на згин деревини.
23. Напишіть та розшифруйте формулу перерахунку міцності зразків деревини на міцність зразків стандартної вологості.
24. Замалюйте схему визначення міцності деревини при сколюванні вздовж волокон.
25. Які види декоративної обробки деревини вам відомі?

Практичні завдання

Завдання 4.6. Використовуючи колекцією порід деревини та довідкові дані, замалювати торцевий та тангентальний перерізи 3-4-х найбільш поширених в архітектурно-будівельній практиці порід деревини, вказати їхні властивості та сферу використання. Результати представити у вигляді таблиці.

Назва породи	Торцевий переріз	Тангенціальний переріз	Основні властивості (колір, міцнісні показники, густина)	Сфера використання

Завдання 4.7. Використовуючи колекцією порід деревини та довідкову літературу, замалювати основні вади деревини та вказати причини їхньої появи.

Завдання 4.8. Визначити орієнтовно межу міцності при стиску повздовж волокон і при статичному згині зразків деревини сосни і дуба, якщо відомо, що кількість m пізньої деревини у них становить відповідно 20 і 80%. Кількість пізньої деревини, m , %, підраховується на торцевих зрізах деревини вимірюванням пізньої зони річних шарів із точністю до 0,1 мм на відстані 15...20 мм.

Для розв'язку використовуємо емпіричні формули.

- для деревини сосни: $R_{ст12}=0,6 \cdot m+30$; $R_{зг12}=1,4 \cdot m+56$;

- для деревини дуба: $R_{ст12}=0,32 \cdot m+29,5$; $R_{зг12}=0,43 \cdot m+47,5$.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Вивчення властивостей природних кам'яних матеріалів

Загальні відомості

Матеріали і вироби з природного каменю одержують шляхом добування та обробки гірських порід, які складаються з одного природного мінералу (*мономінеральні породи*), або декількох мінералів (*полімінеральні породи*).

Залежності від умов утворення гірські породи поділяють на *вивержені* (граніти, базальти, габро, лабрадорити), *осадові* (глини, пісок, пісковики, вапняки, крейда, гіпс) та *метаморфічні* (мармури, кварцити, сланці).

Колористична оцінка природного каменю здійснюється шляхом визначення параметрів кольору і кількісним визначенням блиску за допомогою фотоелектричного блискоміра.

Залежно від способу механічної обробки фактури природного каменю поділяють на 2 групи: *абразивна* та *ударна*. Зі зміною фактури різко змінюються і колірні характеристики матеріалу.

В сучасному будівництві використовують природні кам'яні матеріали і вироби наступного призначення: конструкційні (блоки фундаментні та стінові; стінові камені, плити для гідротехнічних споруд з вивержених та осадових порід; бутовий камінь, валунний камінь; булижник; щебінь, гравій, конструкційно-опоряджувальні (плити для підлоги, сходів, бруківка, бортові камені); опоряджувальні (плити для зовнішнього і внутрішнього опорядження архітектурно – будівельні вироби).

Практичні завдання

Завдання 5.1. Користуючись польовими методами, описаними нижче, визначити орієнтовні значення водопоглинання та твердості зразків природних кам'яних матеріалів і зробити висновки щодо сфери їх можливого використання.

Водопоглинання — показник ступеня вивітрювання і морозостійкості породи. В польових умовах цей показник можна визначити шляхом нанесення краплі води на поверхню матеріалу (рис.5.1).



Рис.5.1. Визначення водопоглинання матеріалів

(за допомогою краплини води)

При цьому можливі наступні випадки:

а) водопоглинання до 3% – крапля практично не поглинається (камінь можна використовувати для цоколів будівель, мурування фундаментів, для шляхового покриття, як щебінь у надміцних бето-нах);

б) водопоглинання 5...8% – крапля частково поглинається (ка-мінь можна використовувати як щебінь для бетонів середніх марок, невідповідальних дорожніх покриттів, фундаментів малоповерхо-вих будівель);

в) водопоглинання 10% – крапля швидко поглинається (камінь можна використовувати на підготовку підлоги, відмостки).

Таблиця 5.1

Породоутворюючі мінерали	Бал шкали Мооса	Підручні матеріали
Каолін	1	Грифель м'якого олівця 2м - 3м
Тальк	1	
Гіпс	2	Ніготь людини
Слюда	1,5-2,5	
Кам'яна сіль	2,5	
Кальцит / мармур	3	1,2 і 5 - копійкова монета
Плавиківий шпат	4	10, 25 - копійкова монета
Апатит	5	Скло віконне
Рогова обманка	5	
Пірит	5,5-6	Сталевий ніж середньої якості
Польовий шпат	6	
Кварц	7	Напилок, сталева голка
Корунд	9	Склоріз звичайний
Алмаз	10	Склоріз алмазний

Для визначення твердості природних кам'яних матеріалів вико-ристовують шкалу Мооса та підручні матеріали (табл. 5.1).

У випадку відсутності мінералів цієї шкали та деяких підручних засобів можна використати сталеву голку, якою дряпають породу. Вважають, що твердість такої голки близько 5. На мінералах, твер-дість яких вища 5, голка не лишає сліду, нижче 4 – вона залишає рвану лінію із зазубленими краями, а на мінералах із твердістю ни-жче 3 сталеву голку залишає рівну глибку лінію.

Завдання 5.2. Описати естетичні властивості лицювального каменю місцевих родовищ.

№ з/п	Назва гірської породи	Назва родовища	Колір	Будова*	Малюнок текстури

*Крупнозерниста будова – частинки більші 5мм; середньозерниста – частинки 1...5 мм; дрібнозерниста – частинки менші 1мм; аморфна будова – частинки практично невидимі.

Завдання 5.3. Ознайомитися з видами обробки поверхні природного каменю, замалювати фактуру. Користуючись довідковими даними, упорядкувати отримані дані за нижченаведеною формою.

№ з/п	Назва фактури	Характеристика поверхні	Висота рельєфу	Інструменти та методи отримання	Використання (для яких гірських порід)	Малюнок фактури

Завдання 5.4. Зразок вапняку масою 207 г виштовхнув із об'ємоміру 111 г води. Після витримування зразка у воді об'ємне водопоглинання склало 50%. Межа міцності на стиск в сухому стані 27 МПа, після насичення водою - 21 МПа, після випробування на морозостійкість міцність становила 18 МПа.

Визначити середню густину, водопоглинання, морозостійкість і коефіцієнт розм'якшення зразка. Користуючись даними табл. 4 ДСТУ Б В.2.7-246:2010 «Камені бортові і стінові з гірських порід», визначити придатність вапняку для виготовлення стінових каменів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Визначення властивостей керамічних матеріалів

Загальні відомості

Глина, замішана з певною кількістю води, утворює глиняне тісто, яке має зв'язність та пластичність, здатне в процесі випалу утворювати міцний штучний камінь, який називається *керамікою*.

Керамічні маси містять крім глини різні добавки, що впливають на властивості керамічного матеріалу: спіснюючі, пороутворюючі добавки, пігменти, тощо.

Основними технологічними операціями при виготовленні керамічних матеріалів є приготування сировинної шихти, формування сирцю, сушіння та випал.

Залежно від виду вихідної сировини і продукції, що виготовляються, розрізняють три способи *формування* керамічних виробів:

- *напівсухий* – з керамічних прес-порошків вологістю 8...10%, ущільнюваних під тиском в сталевих прес-формах (цегла звичайна і камені, вогнетривка цегла);
- *пластичний*: з керамічної маси вологістю 20...25 % виробляють на стрічкових шнекових пресах(цегла і камені повнотілі і порожнисті, черепиця, лицевальна плитка);
- *шлікерний* з керамічної маси вологістю 45...60% (шлікеру) шляхом лиття (лицевальна плитка, санітарно-технічна виробли).

Сушіння ($t^{\circ} \approx 90^{\circ}\text{C}$) має на меті знизити усадочні деформації та запобігти можливому розтріскуванню матеріалу при наступному випалі. Під час *випалу* ($t^{\circ} \approx 950...1000^{\circ}\text{C}$) утворюється структура керамічного матеріалу, яка визначає його властивості, в т.ч. міцність.

Більшість керамічних виробів мають пористу структуру черепка (цегла звичайна, керамічна плитка для стін), щільну структуру мають плитка для підлоги, кислототривка цегла.

Для конструкційно-опоряджувальних та опоряджувальних виробів виконують декоративну обробку. Розрізняють механічну обробку, ангобування глазурування, серіографію (друк), декалькоманію, шовкографію.

Основними конструкційними керамічними матеріалами є цегла рядова повнотіла та порожниста і камені порожнисті.

За середньою густиною у сухому стані цеглу й камені поділяють на три групи:

- ефективні, які поліпшують теплотехнічні властивості стін ($\rho \leq 1450$ кг/м³; $\lambda \leq 0,46$ Вт/(м·°C));
- умовно-ефективні ($\rho \leq 1450 \dots 1600$ кг/м³, $\lambda = 0,46 \dots 0,58$ Вт/(м·°C));
- звичайна цегла ($\rho \leq 1600 \dots 1900$ кг/м³, $\lambda \geq 0,58$ Вт/(м·°C)).

Цеглу та камені поділяють на марки залежно від границі міцності на стиск: М75 (7,5 МПа), 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, марки за морозостійкістю – F15, 25, 35, 50.

Лицьова повнотіла і порожниста цегла має якісну зовнішню поверхню, лицьовими гранями є ложок і поперечник. Розрізняють двошарову, фактурну, глазуровану, ангобовану, фігурну лицьову цеглу.

Найпоширеніший опоряджувальний керамічний матеріал - керамічні плиткі - які за призначенням поділяють на 3 групи: фасадні, для внутрішнього опорядження та для підлог. Сучасні різновиди плиток керамічних: котто, коттофорте, грес, та ін.

Серед інших поширених керамічних матеріалів виділяють черепицю керамічну, вироби санітарно-технічної, декоративно-художньої кераміки, вироби спеціального призначення (кислототривкі, вогнетривкі, клінкерна цегла).

Методика виконання дослідів

Дослід 6.1. Оцінка якості цегли за зовнішнім виглядом та розмірами

Під час зовнішнього огляду встановлюють наявність недопалу чи перепалу в контрольній цеглі, для чого порівнюють відібрані

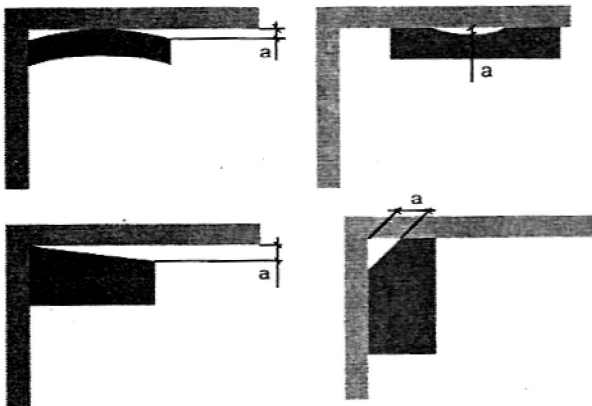


Рис. 6.1. Способи вимірювання дефектів цегли (а – вимірювана величина)

зразки з еталоном (нормально випалена цегла). Світліший колір цегли за еталоном (“яскраво-червона” цегла) та глухий звук при ударі по цеглі молотком свідчать про наявність недопалу. Перепалена цегла характеризується опаленням та слученням, і, як правило,

викривленням, на зламі має бурий колір. Після зовнішнього огляду вимірюють довжину, ширину і товщину цегли, а також визначають викривлення поверхонь і ребер, наявність та довжину тріщин.

Тріщини на лицьовій поверхні лицьових виробів, а також тріщини та розшарування по контакту фактурного шару з основною масою виробів не допускаються. На лицьових поверхнях не повинно бути відколів, плям, вицвітів та інших дефектів, видимих на відстані 10 м на відкритому майданчику при денному освітленні.

Колір та інші показники зовнішнього вигляду лицьової поверхні виробів повинні відповідати затвердженому в установленому порядку або погодженому із споживачем зразку-еталону.

Загальна кількість рядових виробів з дефектами, що перевищують допустимі (наведені вище), включаючи парний половняк, не повинна бути більше 5%. Парним половняком вважають вироби, що складаються із парних половинок або мають тріщини більше допустимих ДСТУ Б В.2.7-61:2008.

Для рядових виробів вапняні включення (“дутики”), які викликають після пропарювання зруйнування виробів або їх поверхонь, або відколи на їх поверхні розміром за найбільшим виміром від 5 до 10 мм у кількості більше трьох штук на одному виробі, не допускаються.

Завдання 6.1. Оцінити відповідність ДСТУ Б В.2.7-61:2008 представлених зразків керамічної цегли за зовнішнім оглядом та обміром.

Дослід 6.2. Визначення марки цегли

Марку цегли за міцністю встановлюють за значенням границь міцності на стиск і згин, каменю – тільки на стиск відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-61:2008.

Схеми випробувань цегли зображено на рис. 6.2. Випробовують по 5 шт. зразків на стиск і на

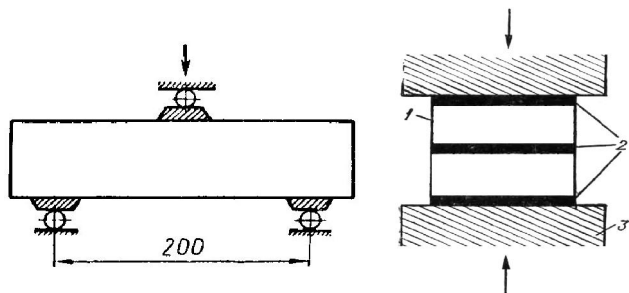


Рис. 6.2. Визначення меж міцності цегли на згин та стиск: 1 – цеглина (половинка цеглини), 2 – прокладки, 3 – пластини преса

згин. Значення міцності визначають за формулами (3.6) і (3.7). Середнє значення межі міцності визначають як середнє арифметичне. Також записують мінімальний результат випробувань.

Марку цегли можна також орієнтовно визначити за допомогою польових методів. З висоти росту людини (150...170 см), цеглину постілля кидають на землю (не на бетонну або дерев'яну підлогу!). Якщо цеглина розколюється, її марка нижче 75 і для будівництва вона не придатна; б) способом тресту Мосбуду: цеглину поміщають на дві опори-бруски, які розміщені на відстані 20...21 см один від другого.

Або на середину цеглини скидають вантаж вагою 4...4,5 кг з різної висоти (як вантаж можна використати іншу цеглину). Марку цегли можна визначити орієнтовно, користуючись даними табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Висота падіння вантажу, см	5...6	10...12	16...18	24...26	40	Близько 50
Марка цегли (МПа × 10)	75	100	125	150	200	300

Завдання 6.2. *Визначити межю міцності звичайної цегли на стиск та згин лабораторним та польовим методами. Порівняти отримані результати.*

Дослід 6.3. *Оцінка якості керамічної глазурованої плитки для внутрішнього облицювання за зовнішнім виглядом та розмірами*

За формою плитки керамічні глазуровані для внутрішнього облицювання стін поділяються на квадратні, прямокутні і фігурні.

Відхилення від номінальних розмірів плиток повинні бути не більше, %: за довжиною, шириною - $\pm 0,8$; за товщиною: для плиток довжиною до 150 мм включно - ± 10 , для плиток довжиною понад 150 мм - ± 8 .

Колірний тон, малюнок і рельєф лицьової поверхні плиток повинні відповідати нормативним вимогам. Загальна кількість допустимих дефектів на одній плитці не повинна перевищувати: 2 – на плитках I сорту, 3 – на плитках II сорту. Для перевірки розмірів і форми відбирають 25 зразків.

Довжину і ширину плитки вимірюють штангенциркулем по двох гранях лицьової поверхні на відстані не менше 5 мм від грані. *Товщину* плитки вимірюють штангенциркулем в чотирьох точках на відстані не менше 15 мм від середини кожної грані до краю плитки. За товщину

приймають середнє арифметичне значення з чотирьох вимірювань.

Викривлення лицьової поверхні вимірюють: при увігнутій поверхні – заміром калібром найбільшого зазору між лицьовою поверхнею плитки і ребром металевої лінійки, що поставлена по діагоналі; при опуклій поверхні – заміром найбільшого зазору між лицьовою поверхнею плитки, що поставлена по діагоналі і спирається одним кінцем на калібр (рівний допустимій величині викривлення). Так само проводять контроль викривлення граней.

Косокутність плитки визначають за допомогою косинця з кутом 90° і довжиною сторін не менше довжини граней плитки, вимірюючи калібру чи інших вимірювальних інструментів з точністю до 0,1 мм. Для цього косинець прикладають по черзі до граней плитки і вимірюють калібром найбільший зазор між другою контрольованою гранню плитки і внутрішнім краєм косинця. Косинець прикладають таким чином, щоб одна грань плитки щільно прилягала до горизонтального боку косинця, а друга – торкалася вертикальної.

Завдання 6.3. *Оцінити відповідність представлених зразків керамічної глазурованої плитки для внутрішнього облицювання нормативним вимогам.*

Дослід 6.4. *Контроль лінійних розмірів і правильності форми плиток керамічних для підлоги*

За формою керамічні плитки для підлоги поділяються на квадратні, прямокутні, шести-, восьмигранні та фігурні.

Відхилення від номінальних розмірів плиток повинні бути не більше, %: за довжиною, шириною: для плиток до 100 мм включно - $\pm 1,5$; понад 100 мм - ± 1 ; за товщиною: для плиток від 4 до 9 мм включно - ± 10 , для плиток від 9 до 13 мм - ± 8 мм.

Відхилення від форми плиток від прямокутності і кривизна (відхилення від площинності) не повинні перевищувати 0,5%.

Загальна кількість допустимих дефектів на одній плитці повинна бути не більше двох.

Завдання 6.4. *Оцінити відповідність представлених зразків керамічної плитки для підлоги нормативним вимогам.*

Питання до захисту

1. Перерахуйте в логічному порядку основні технологічні етапи виготовлення керамічних матеріалів.
2. Вкажіть основні компоненти сировинних сумішей для виготов-

лення керамічних матеріалів.

3. Вкажіть за якими класифікаційними ознаками поділяють керамічну цеглу та камені?
4. Назвіть відомі вам види декоративної обробки керамічних матеріалів.
5. Що таке ангоб?
6. Що таке глазур?
7. Який вид декоративної обробки керамічних матеріалів називають серіографією?
8. Який вид декоративної обробки керамічних матеріалів називають декалькоманією?
9. Який вид декоративної обробки керамічних матеріалів називають шовкографією?
10. В чому полягають відмінності лицьової цегли від рядової?
11. Вкажіть різновиди керамічної плитки за призначенням.
12. Який матеріал називають керамічним гранітом? Вкажіть його особливості порівняно із звичайною керамічною плиткою.
13. Назвіть переваги і недоліки керамічної черепиці в порівнянні з іншими покрівельними матеріалами.
14. Наведіть приклади архітектурно-художніх керамічних виробів.
15. Наведіть приклади керамічних виробів спеціального призначення.
16. Що таке майоліка?
17. Що таке фаянс?
18. Що таке коттофорте?
19. Які властивості визначають марку цегли керамічної?
20. Яким чином визначають орієнтовну міцність цегли в польових умовах?
21. Які параметри фіксують при оцінці зовнішнього вигляду керамічної цегли?
22. Які параметри фіксують при оцінці зовнішнього вигляду керамічної плитки для підлог?
23. Які дефекти недопустимі на поверхні фасадних керамічних плиток?
24. Які дефекти недопустимі на поверхні глазурованих керамічних плиток для внутрішнього лицювання?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Вивчення властивостей мінеральних в'язучих та бетонів

Загальні відомості

Мінеральні (неорганічні) в'язучі (МВ) - порошкоподібні матеріали, які при змішуванні з водою (гіпс, вапно, цемент) або з водними розчинами солей (магнезіальні, шлаколуужні в'язучі, кислототривкий цемент) утворюють пластично-в'язке тісто, здатне внаслідок фізико-хімічних процесів самочинно тверднути й переходити в каменеподібний стан. Одна з основних властивостей МВ – гідрофільність – на відміну від органічних в'язучих (бітумів, дьогтів). Неорганічні в'язучі речовини залежно від умов тверднення та міцності в часі поділяють на:

- *повітряні в'язучі* (будівельний гіпс, повітряне будівельне вапно, магнезіальні в'язучі, рідке скло), здатні тверднути і зберігати міцність лише на повітрі;
- *гідралічні в'язучі* тверднуть і зберігають міцність не лише на повітрі, але й у воді; до них належить більшість цементів;
- *в'язучі автоклавного тверднення* - це речовини, здатні тверднути та утворювати міцний камінь в автоклавах при підвищеній температурі, тиску та вологості; до таких в'язучих належать вапняно-кремнеземисті, вапняно-зольні, вапняно-шлакові в'язучі.

Гіпсові в'язучі одержують тепловою обробкою природного гіпсу при низьких температурах (110...160⁰С).

Повітряне будівельне вапно отримують шляхом випалу при 900-1200⁰С і наступного помелу карбонатних порід (вапняку, крейди), які містять не більше 6% глинистих домішок.

Вапняки і глини (у співвідношенні приблизно 3:1) – основна сировина для виготовлення цементів.

Отримання МВ зводиться до двох головних технологічних операцій: *помел та випалювання*.

Основна властивість мінеральних в'язучих – здатність твердіти, головним чином в результаті реакцій взаємодії з водою (гідратації). У процесі тверднення виділяють три етапи: *підготовчий* - утворення насиченого розчину; *період колоїдації* (тужавлення) - перехід новоутворень у гелеподібний стан; розрізняють початок і кінець тужавлення; *період кристалізації* (тверднення) - перекристалізація колоїдних частинок у великі кристали й утворення зростка.

Будівельному гіпсу притаманне швидке тужавлення і твердіння (початок тужавлення – через 2...15 хв після замішування водою, кінець через 15...30 хв). Міцність гіпсу (марка) встановлюється за границю міцності при згині і стиску половинок зразків балочок розміром 4x4x16 см. Чисельне значення відображає межу міцності на стиск, МПа, у віці 2 год). Будівельний гіпс - це неспалений та вогнестійкий матеріал з невеликою густиною, не виділяє шкідливих речовин, легко вбирає і віддає вологу. В перший період тверднення гіпс збільшується в об'ємі на 0,15-0,5%, а при подальшому висиханні дає усадку.

Вапно твердне повільно та має низьку міцність (у віці 1 міс. – 0,4...0,8 МПа). Йому притаманні високі пластичність та водоутримувальна здатність.

Початок тужавлення портландцементу не повинен наставати раніше 60 хв – марок 300, 400, 500, кінець – не пізніше 10 год. Міцність цементного каменю зростає інтенсивно до місячного віку. Цементний камінь може руйнуватися в звичайній воді, розчинах солей, кислот, сильних лугів. Середнє значення границі міцності при стиску зразків-напівбалочок, виготовлених з цементно-піщаного розчину і випробуваних у віці 28 діб називають *активністю цементу*, а округлене в бік зменшення значення активності – *маркою цементу*. Марки портландцементів загальнобудівельного призначення: М300, М400, М500, білого портландцементу, що використовується для виготовлення декоративних бетонів і розчинів – М400 і М500. Число вказує міцність при стиску в кгс/см²: 400кгс/см² = 40 МПа.

За ступенем білизни (коефіцієнтом відбиття) білий цемент поділяють на три сорти: I сорт - $\geq 80\%$; II - $\geq 75\%$; III - $\geq 68\%$.

Основні сучасні види будівельних матеріалів на основі МВ – конструкційні та конструкційно-опоряджувальні матеріали з бетону і залізобетону, силікатна цегла і камені, азбестоцементні вироби, опоряджувальні матеріали - будівельні розчини та фарби, тощо.

Бетон – це штучний каменеподібний матеріал, який отримують в результаті тверднення раціонально підбраної суміші в'язучого, заповнювачів (піску і щебеню), води і, у разі потреби, спеціальних добавок. До затверднення цю суміш називають *бетонною*.

Заповнювачі – це хімічно інертні матеріали, кількість яких в штучних кам'яних матеріалах досягає до 90% за об'ємом. *Дрібні*

заповнювачі – піски - мають крупність 0,16...5 мм; *крупні* - щебінь або гравій – крупність 5...70 мм.

Для регулювання властивостей бетонних сумішей та бетону, для економії цементу застосовують різного роду добавки, які вводять у суміш на стадії перемішування: пластифікатори, регулятори, повітровтягувальні та інші добавки.

За густиною бетони поділяють на: *особливо важкі*, $\rho_0 > 2500 \text{ кг/м}^3$ (заповнювачі - залізні руди, сталеві ошурки, стружки та ін.); *важкі*, $\rho_0 = 2200...2500 \text{ кг/м}^3$ (заповнювач – щебінь, гравій, пісок); *полегшені*, $\rho_0 = 2000...2200 \text{ кг/м}^3$ (заповнювач – вапняк - черепашник, цегельний бій); *легкі*, $\rho_0 = 500...2000 \text{ кг/м}^3$ (заповнювач – пемза, керамзит, туф); *особливо легкі*, $\rho_0 < 500 \text{ кг/м}^3$ ніздрюватий бетон (пінобетон, газобетон).

Основні операції при приготуванні бетонних сумішей – це дозування компонентів та їхнє ретельне перемішування в бетонозмішувачах. Суміш має бути легкоукладальною та однорідною, що в подальшому зумовить необхідні однорідність, густину, міцність, довговічність бетону.

Міцність бетону залежить від активності (марки) цементу та від співвідношення між кількістю води і цементу (В/Ц). З підвищенням активності цементу і зменшенням В/Ц міцність бетону зростає майже лінійно. Ця залежність визначається формулою

$$R_{\sigma} = A R_c (Ц/В - C), \quad (7.1)$$

де A , C – коефіцієнти, які визначаються якістю заповнювачів та іншими факторами (в середньому $A=0,6$, $C=0,5$).

Зростання міцності бетону з часом визначається температурою і вологістю, при якій відбувається тверднення. Нормальне тверднення бетону відбувається при $t^0 = 20^{\circ}\text{C}$, вологості – близько 90%. З підвищенням t^0 в результаті прискорення хімічних процесів взаємодії цементу з бетоном тверднення прискорюється. З пониженням температури тверднення сповільнюється, і взагалі припиняється при 0°C .

При руйнівному випробуванні границі міцності на стиск використовують зразки-куби з розміром ребра 7, 10, 12, 15 (еталонний), 20 см. Міцність бетону характеризується марками: М50, М100...М1000. *Марка бетону* – це середнє значення міцності в проектному віці (як правило 28 діб), заокруглене в менший бік. Але часто міцність характеризують класами В3,5; В25. *Клас* – це марка з врахуванням коефіцієнту варіації (мінливості); він гарантує одер-

жання бетону заданої міцності з надійністю 95 %.

Для важких бетонів клас визначається від В3,5(М50) до В80(М1000). Міцність бетонів на розтяг і згин в 5...10 разів нижча за міцність на стиск. Співвідношення між значеннями міцності на згин (розтяг) і стиск – показник дефектності структури бетону.

Існують *неруйнівні методи визначення міцності*: пластичної деформації, засновані на взаємозв'язку міцності при стиску і розмірів відбитку при вдавлюванні штампа (молоток Кашкарова), ультразвуковий імпульсний (вимірювання швидкості ультразвукових хвиль) та ін.

Усадка бетону відбувається головним чином за рахунок випаровування надлишку води замішування при висушуванні. Вона росте із збільшенням В/Ц, витрати цементу.

Легкі та особливо легкі бетони відрізняються високою пористістю (до 45%). За середньою густиною в сухому стані (кг/м^3) легкі бетони поділяють на марки від D300 до D2000 (через 100). Конструкційні легкі бетони (D1100...D2000) використовують в несучих конструкціях будівель і споруд, конструкційно-теплоізоляційні (D500...D1700) – в огорожувальних конструкціях, а особливо легкі (D300...D500) – як теплоізоляційні матеріали. Відмінностями легких бетонів від важких є низька теплопровідність $0,07...0,52 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$, морозостійкість F15...F500, високе водопоглинання (до 30%), висока вогнестійкість (на 30% вище, ніж у важкого бетону), вища корозійна стійкість, підвищена міцність на розтяг. Усадка легких бетонів на 15...25% вища, ніж важких.

Ніздрюваті бетони одержані внаслідок тверднення попередньо поризованої суміші в'язучого (гіпсу, цементу, вапна), води і піску (золи). За способом одержання поділяють на пінобетони та газобетони. В пінобетони вводять добавки – піноутворювачі, в газобетони – газоутворювачі. За густиною поділяють на: теплоізоляційні (D300...D500), конструкційно-теплоізоляційні (D500...D900), конструкційні (D900...D1200). Особливостями ніздрюватих бетонів є пористість до 90%, низька теплопровідність $0,10...0,38 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$.

Важкий та полегшений бетон використовують для залізобетонних несучих збірних конструкцій (колон, балок, плит перекриття) та монолітних (пролітних мостів, доріг, веж), стінових виробів (блоків і каменів), дорожніх виробів (тротуарної плитки); з легкого бетону виготовляють стінові блоки, стінові панелі, з ніздрюватих бетонів – стінові блоки, акустичні звукопоглинальні плити.

Методика виконання дослідів

Дослід 7.1. Визначення виду в'язучого

Білий колір мають мелена крейда, будівельний гіпс, вапно, білий портландцемент. Для визначення виду тонкомеленої білої речовини(порошку) необхідно мати найпростіші реактиви – спиртовий розчин фенолфталеїну, водний розчин соляної кислоти (табл.7.1).

Таблиця 7.1

Визначення виду в'язучого

Реактиви і характеристика	Порошкоподібний матеріал				
	Крейда	Мелене вапно-кип'як	Вапно-пушонка	Гіпс	Білий цемент
Розчин фенолфталеїну	Забарвлення немає	Малинове забарвлення		Забарвлення немає	
Розчин соляної кислоти	Бурхлива реакція з виділенням осаду	Реакції немає		Реакції немає	
Вода	Утворюється суміш з випаданням осаду	Бурхлива реакція з виділенням водяної пари	Утворюється суміш	Утворюється суміш з випаданням осаду	
Проба на тужавлення і твердіння	Тужавлення і твердіння не спостерігається	Утворюється сметаноподібна маса (вапняне тісто), яка повільно твердіє на повітрі		Тужавлення через 5-10 хв, твердіння через 30хв	Початок тужавлення не раніше як через 2год
Колір	Найчастіше білий	Білий		Світло-сірий, білий	Білий (не дуже чистого відтінку)

Всі випробування бажано проводити в пробірках, а реактиви приливати до порошоків з допомогою піпеток або найпростіших крапельниць. Для визначення виду порошку в 2...3 пробірки висипають по 2...3 см³ речовини, потім туди наливають 2...3 см³ води і все разом збовтують. Після цього в одну пробірку додають розчин фе-

нолфталеїну, а в другу – розчин соляної кислоти . В залежності від реакції роблять висновок. В тому випадку, коли реакція в реактиві не визначається, перевіряють здатність порошку тужавіти і тверднути. В цьому випадку після збовтування порошку в пробірці з водою і витримування після цього протягом 10 хв зливають зайву воду і спостерігають за вмістом ще протягом 20 хв. Саме за цей час виявляється здатність речовини тверднути. Результати одержані таким методом порівнюють із даними таблиці 7.1.

Завдання 7.1. Користуючись даними табл. 7.1, встановити вид мінерального в'язучого, використовуючи найпростіші реактиви.

Дослід 7.2. Визначення марки портландцементу

Визначення межі міцності на згин. Випробування проводять на приладі МІИ-100 або аналогічному. Зразки – балочки, виготовлені з пластичного цементно-піщаного розчину (співвідношення цементу і піску за масою 1:3) з розмірами 4x4x16 см встановлюють на дві опори і завантажують посередині. Опорні і передаючі навантаження елементи повинні мати циліндричну форму і розміщуватись суворо паралельно. Зразок розміщують на опорних елементах приладу так, щоб його горизонтальні при виготовленні грані знаходились у вертикальному положенні. Межу міцності на згин вираховують як середнє арифметичне значення з двох найбільших результатів випробувань трьох зразків (рис. 7.1а).

Визначення межі міцності на стиск. На стиск випробовують шість половинок балочок, отриманих після випробування на згин. Для передачі навантаження на половинки використовують дві пластинки розмірами 40x62,5 мм, виготовлені з нержавіючої сталі

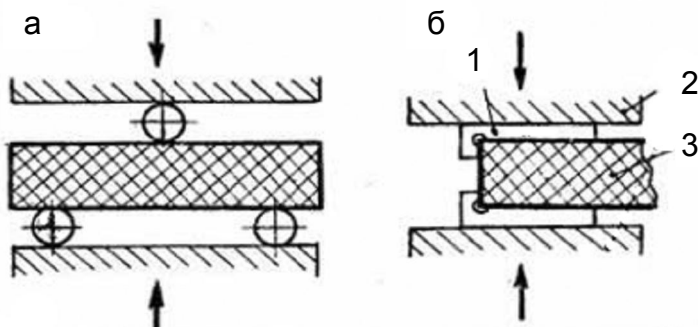


Рис. 7.1. Визначення міцності за згин (а) і стиск (б) зразків цементно-піщаного розчину

(рис.7.1б). Половинку балочки розміщують між двома пластинками так, щоб бокові грані, які при виготовленні прилягали до стінок форми, знаходились на площинах пластинок, а упори пластинок щільно прилягали до торцевої гладкої поверхні зразків. У такому випадку площа спирання зразків на пластину складає 25см².

Для визначення межі міцності на стиск використовують прес з граничним навантаженням 200...250 кН. Середня швидкість росту навантаження при проведенні випробувань повинна бути (2±0,5) МПа. Зразок разом з пластинками розміщують на опорній плиті пресу, потім доводять його до руйнування і визначають руйнуюче навантаження за шкалою преса.

Границя міцності на стиск (активність цементу), МПа, дорівнює

$$R_{cm} = 10 \cdot P/S, \quad (7.2)$$

де P – руйнівне навантаження, кН, S – площа поверхні зразка, м².

Середнє значення міцності на стиск обчислюють як середнє арифметичне чотирьох найбільших результатів шести випробуваних напівбалочок. На підставі даних випробувань роблять висновок про марку цементу.

Завдання 7.2. Визначити марку портландцементу.

Дослід 7.3. Визначення межі міцності бетону на стиск (марки та класу бетону)

З бетонної суміші виготовляють серію зразків, яка складається з трьох кубів. Форми для зразків перед укладкою суміші повинні бути вичищені, міцно скріплені гвинтами, а їх внутрішні поверхні змащені. Форму, заповнену бетонною сумішшю з деяким надлишком встановлюють на вібромайданчик, закріплюють затискачами і вібрують до закінчення осідання суміші, вирівнювання поверхні і появи на ній цементного молока. Час вібрування повинен бути не менший за показник жорсткості, збільшений на 30 сек. Зразки після

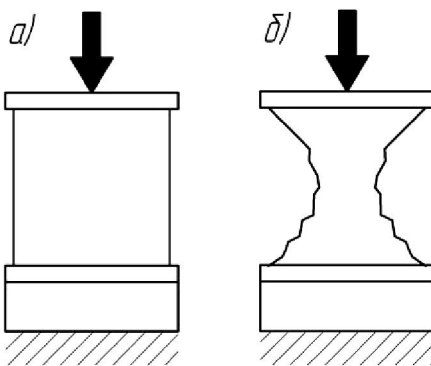


Рис. 7.2. Випробування стандартного бетонного куба на стиск:
а - схема випробування;
б - форма руйнування зразка

ущільнення зберігають першу добу у формах під вологою тканиною, а решту 27 діб після розпалублення – в спеціальній камері, де створюють вологість $W > 90\%$ і температуру 20 ± 2 °С. При відсутності такої камери зразки після розпалублення 27 діб можна зберігати у вологій тирсі або у вологому піску.

Зразки, які зберігались у стандартних умовах визначений час, підлягають випробуванню. Випробуванню не підлягають зразки, які мають на гранях раковини та каверни.

Зразки слід виймати з камери нормального тверднення не раніше, ніж за 1 год до моменту їх випробування. Перед випробуванням зразки-куби оглядають, вимірюють та зважують. До виконання обміру визначають робоче положення зразка, вибираючи опорні грані так, щоб стискальна сила при випробуванні була напрямлена паралельно шарам укладки суміші в форму. Напливи бетону на ребрах опорних граней зчищають напилком.

Для кожного зразка визначають:

- робочу площу перерізу зразка (S) см^2 як середнє арифметичне площ обох опорних граней зразка з округленням до $0,1 \text{ см}^2$;
- висоту зразка в см , як середнє арифметичне з двох вимірювань по протилежних гранях у робочому положенні зразка з округленням до 1 мм ;
- об'єм зразка в см^3 , обчислений як добуток робочої площі перерізу на висоту зразка з округленням до 1 см^3 ;
- масу зразка в грамах з точністю до 10 г ;
- середню густину зразка з округленням до $0,01 \text{ г/см}^3$.

Зразки встановлюють на нижню опорну плиту, центруючи по осі преса і прикладають навантаження, швидкість росту якого $0,6 \pm 0,2 \text{ МПа}$. Зразки доводять до повного руйнування (рис.7.2). Межу міцності бетону на стиск (R_{cm} , МПа) кожного зразка обчислюють як частку від ділення величини руйнівного навантаження (P_{max}) на робочу площу перерізу зразка. Отриманий результат приводять до міцності зразка стандартного розміру $150 \times 150 \times 150 \text{ мм}$ для звичайного важкого бетону, помножуючи на відповідний коефіцієнт. Для зразків розміром $100 \times 100 \times 100 \text{ мм}$ масштабний коефіцієнт $K=0,95$ для важкого бетону.

Знаючи вік випробуваних зразків і їх межу міцності на стиск, можна орієнтовно знайти марку бетону за формулою

$$R_{28} = R_n \cdot \lg 28 / \lg n, \quad (7.3)$$

де R_{28} – марочна міцність; R_n – міцність зразків на стиск у віці n днів ($n \geq 3$).

Співвідношення між класом і середньою міцністю бетону в марочному віці наступне

$$\bar{R}_{28} = B \cdot 0,778 \quad (7.4)$$

Завдання 7.3. Визначити міцність бетону на стиск серії з 3-х зразків та встановити марку та клас бетону.

Дослід 7.4. Визначення міцності бетону еталонним молотком конструкції К.П. Кашкарова.

Сутність методу полягає у визначенні співвідношення діаметрів відбитків, одночасно отриманих в процесі випробовування на бетоні та сталевому еталонному прутку (рис. 7.3а). Метод використовується для визначення міцності бетону в діапазоні 0,5...50 МПа.

Дослідження бетону проводять на ділянці конструкції, межі якої повинні знаходитись на відстані не менше 50 мм від краю конструкції. Вологість бетону на випробувальній ділянці не повинна відрізнятись від вологості бетону зразків, які випробували при побудові тарувальної залежності, більше ніж на 30%.

Удар по бетону при випробуванні наносять перпендикулярно до поверхні, що випробовується. При цьому удар можна наносити самим еталонним молотком або звичайним молотком по головці ета-

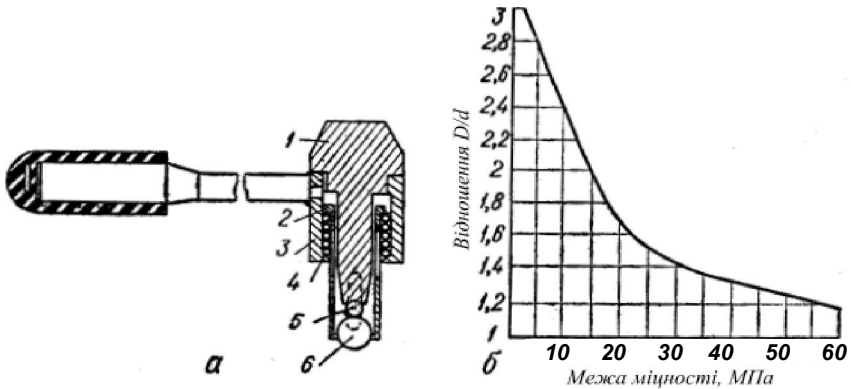


Рис. 7.3. Молоток конструкції К.П. Кашкарова:

а – схема; б – тарувальний графік; 1 – корпус; 2 – стакан; 3 – головка; 4 – пружина; 5 – пруток; 6 – кулька; D – діаметр відбитку на бетоні; d – діаметр відбитку на еталоні

лонного молотка. Удар слід наносити із зусиллям, яке забезпечує отримання відбитку на бетоні розміром 0,3-0,7 діаметру кульки, який рівний 15,88 мм, і найбільшого розміру відбитку на еталоні не менше 2,5 мм. Відстань між відбитками повинна бути не менше 30 мм на бетоні і 10 мм на еталонному стержні. Розміри відбитків вимірюють з похибкою не більше 0,1 мм. На ділянці конструкції чи зразку проводять не менше 5 випробувань.

Для полегшення вимірювань відбитків удар по бетону рекомендується наносити через лист копіювального та білого паперу.

Величину непрямой характеристики міцності бетону для ділянки конструкції обчислюють за формулою

$$H = \frac{\sum d_{\delta}}{\sum d_e}, \quad (7.5)$$

де $\sum d_{\delta}$ – сума діаметрів відбитків на бетоні, мм; $\sum d_e$ – сума діаметрів відбитків на еталоні, мм.

Міцність бетону на стиск на ділянці конструкції визначається за величиною непрямой характеристики H , використовуючи графічну залежність “відношення діаметрів відбитків на бетоні та еталоні – міцність” (рис. 7.3б).

***Завдання 7.4.** Визначити міцність бетонних зразків-кубів з різним цементно-водним відношенням за допомогою еталонного молотка К.П.Кашкарова, а потім – руйнівним методом. Порівняти дані, одержані різними методами, між собою.*

Питання до захисту

1. Наведіть приклади мінеральних в'язучих.
2. Які особливості властивостей мінеральних в'язучих у порівнянні із органічними?
3. Наведіть приклади повітряних мінеральних в'язучих.
4. Наведіть приклади гідравлічних мінеральних в'язучих.
5. Наведіть приклади в'язучих автоклавного твердіння.
6. Які властивості притаманні будівельному гіпсу?
7. Які властивості притаманні портландцементу?
8. Які властивості притаманні вапну?
9. Назвіть марки звичайного портландцементу.
10. Назвіть марки білого портландцементу.
11. На які три етапи можна поділити процес структуроутворення

мінерального в'язучого?

12. Що таке марка портландцементу?
13. Якими властивостями визначається марка будівельного гіпсу?
14. Від чого залежить якість негашеного вапна?
15. У який період, стосовно до строків тужавлення, повинні укладатися у конструкції суміші на мінеральному в'язучому?
16. Як відбивається гігроскопічність цементів на їх активності у період зберігання на складах?
17. Який матеріал називають бетоном?
18. Які бетони відносяться до важких?
19. Які бетони відносяться до легких?
20. Як впливає зниження температури навколишнього середовища на твердіння портландцементу і бетону?
21. Що таке марка бетону за міцністю на стиск?
22. Назвіть неруйнівні методи визначення міцності бетону.
23. Яка залежність описує зміну міцності бетону в часі твердінні в нормальних умовах?
24. Як впливають фактори температури і вологості на процес твердіння бетону?
25. Що таке клас бетону?
26. Яка величина є показником дефектності структури бетону?
27. Перерахуйте основні фактори, які впливають на міцність бетону.
28. Вкажіть основну причину усадкових деформацій бетону?
29. В чому полягають особливості властивостей легких бетонів порівняно із важкими?
30. В чому полягає сутність неруйнівного методу визначення
31. Напишіть та розшифруйте формулу для визначення непрямой характеристики міцності бетону молотком конструкції Кашкарова.
32. Наведіть приклади неруйнівних методів визначення міцності бетону.

1. Нормативні документи

1. ДСТУ Б В.2.7-42-97. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів.
2. ДСТУ Б В.2.7-83:2014. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Методи випробувань.
3. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.
4. ДСТУ EN 384-2001 Лісоматеріали конструкційні. Визначення характеристичних значень механічних властивостей.
5. ДСТУ Б В.2.7-246:2010. Будівельні матеріали. Каміні бортові і стінові з гірських порід. Технічні умови.
6. ДСТУ Б В.2.7-61:2008 Будівельні матеріали. Цегла та каміні керамічні рядові і лицьові. Технічні умови (EN 771-1:2003, NEQ).
7. ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск.
8. ДСТУ Б В.2.7-43-96 Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови.
9. ДСТУ Б В.2.7-170:2008 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності.
10. ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності.

Рекомендована література

1. Дворкін Л. Й. Архітектурне матеріалознавство : підручник. Рівне: НУВГП, 2022. 560 с.
2. Дворкін Л. Й., Лушнікова Н. В. Архітектурне матеріалознавство: Інтерактивний комплекс. Рівне : НУВГП, 2007.
3. Матеріалознавство (для архітекторів та дизайнерів) : підручник/ Пушкарьова К. К., Кочевих М. О., Гончар О. А., Бондаренко О. П. За ред. проф. Пушкарьової. К. : Вид-во Ліра-К., 2012.
4. Байер В. Е. Материаловедение для архитекторов, реставраторов, дизайнеров : учебное пособие. М. : Астрель, 2005.

5. Дворкін Л. Й. Опоряджувальні матеріали і вироби: Довідник. К. : Вища шк., 1993.
6. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Опоряджувальні будівельні матеріали : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2011.
7. Кавер Н. С. Современные материалы для отделки фасадов. М. : Изд-во «Архитектура -С», 2005.
8. Марцинчик А. Б., Шубенкин П. Ф. Определение свойств и качества строительных материалов в полевых условиях. М.
9. Самойлович В. В. Архітурне опорядження будівель і споруд : навчальний посібник для студентів ВНЗ. К. : ІЗМН, 1997.