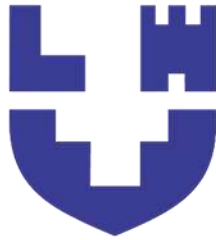


Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет



АРХІТЕКТУРНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

методичні вказівки
до практичних занять для здобувачів
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Архітектура та містобудування»
галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»
спеціальності G17 Архітектура та містобудування
денної форми навчання

ЛУЦЬК 2025

УДК 691 (07)
Б 90

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Н.ПОЛЩУК

Рекомендовано до видання вченою радою факультету архітектури, будівництва та дизайну ЛНТУ, протокол № __ від «__» _____ 2025 року.

Голова вченої ради факультету архітектури, будівництва та дизайну _____ О. АНДРІЙЧУК

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри будівництва та цивільної інженерії ЛНТУ, протокол № __ від «__» _____ 2025 року.

Завідувач кафедри БЦІ _____ О. УЖЕГОВА

Укладачі: _____ І. ЗАДОРЖНІКОВА, к.т.н., доцент ЛНТУ
О. УЖЕГОВА; , к.т.н., доцент ЛНТУ

Рецензент: _____ С. РОТКО, к.т.н., доцент ЛНТУ.

Відповідальний за випуск: _____ О. УЖЕГОВА кандидат технічних наук, доцент ЛНТУ.

Б 90 Архітектурне матеріалознавство: методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Архітектура та містобудування» галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G17 Архітектура та містобудування денної форми навчання /, І.В. Задорожнікова, О.А. Ужегова, – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 54 с.

Подано перелік тем практичних занять, їх мету, хід кожної роботи, правила організації робочого місця студента, короткі теоретичні відомості, прилади, матеріали, обладнання, які необхідні для проведення досліджень. Подано рекомендації до оформлення звіту з виконаної роботи та вимоги до захисту. До кожної роботи наведені запитання для самоконтролю.

ВСТУП

До архітектурних будівельних матеріалів (від лат. *materia* – речовина) належать речовини, що мають властивості, необхідні для їхнього застосування в конструкціях і výroбах будівельного призначення. Властивості матеріалів характеризують особливості їхнього стану і відношення до дії різноманітних факторів і процесів. Такі особливості тісно пов'язані зі складом і структурою матеріалів, які, в свою чергу, залежать від їхнього походження, характеру дії фізичних і хімічних сил і від технології їх виробництва.

Найпростіші будівельні матеріали – пісок, глина, деревина, природний камінь, гравій.

Запропоноване методичне видання включає в себе методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу “Архітектурне матеріалознавство”, до якого увійшли роботи з вивчення основних фізичних та механічних властивостей будівельних матеріалів, а також випробування керамічної цегли, повітряного будівельного вапна, гіпсу, цементу, заповнювачів для бетону.

В методичних вказівках викладена методика випробування основних будівельних матеріалів, сформульовані визначення їх основних властивостей, запропоновано прилади, які використовують в лабораторних, наведені рекомендовані форми запису результатів випробувань.

Допуск до виконання робіт студент отримує лише після повного ознайомлення з теоретичними відомостями, призначеними для роботи приладами і матеріалами. Звіти оформляють у спеціально відведеному для лабораторних занять зошиті. У звіті подають схеми випробувань, таблиці з даними експериментальних досліджень та розрахунків. Про отримані результати студент робить висновок, як загальний до усієї роботи, так і до окремого досліджу.

Захист роботи відбувається після остаточного закінчення лабораторної роботи та оформлення звіту. Під час захисту студент повинен відповісти на всі контрольні запитання до певної лабораторної роботи, а також знати теоретичні відомості, хід роботи, пояснити отримані результати, виявити залежності, зробити вірні висновки.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

Тема: “ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ”

Мета роботи: навчитися визначати істинну густину матеріалів, об’ємну масу зразків правильної і неправильної геометричної форми, насипну густину сипких матеріалів, пористість і коефіцієнт теплопровідності деяких матеріалів. навчитися визначати границю міцності матеріалів при стисканні, виявити залежність границі міцності від ступеня насичення зразка водою.

Прилади і матеріали: зразки матеріалів, технічні терези з різноважками гідростатичні терези, мірні циліндри, вода, порошок цегли, сушильна шафа, пісок, лінійка, штангенциркуль, гідравлічний прес.

ТЕОРЕТИЧНА ДОВІДКА

Структурно-фізичні властивості матеріалів:

Істинна густина – це маса одиниці об’єму матеріалу в абсолютно щільному стані, тобто без пор і пустот. Для визначення істинної густини матеріалу потрібно знати масу матеріалу та його об’єм у абсолютно щільному стані. Позначається істинна густина буквою ρ грецького алфавіту і визначається за формулою:

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

де m – маса зразка у сухому стані, г;

V_a – об’єм зразка у абсолютно щільному стані, см³.

Для отримання матеріалу без пор і пустот його подрібнюють. Чим вища тонкість подрібнення, тим точніше буде визначена істинна густина.

Середня густина матеріалу – це маса одиниці об’єму матеріалу у природному стані, тобто разом з порами і пустотами. Вона позначається буквою ρ_m і обчислюється за формулою:

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

де m – маса матеріалу, г;

V – об’єм матеріалу у природному стані, см³.

Об’єм зразків правильної геометричної форми визначається за допомогою вимірювальних приладів і інструментів. Для визначення об’єму зразків неправильної геометричної форми користуються гідростатичними терезами, робота яких ґрунтується на законі Архімеда.

Насипна густина – це характеристика сипких матеріалів і визначається відношенням маси матеріалу до об'єму, який він займає.

Відносна густина матеріалу d визначається відношенням середньої густини матеріалу до густини відомої речовини, наприклад, води.

Пористість – це ступінь заповнення об'єму матеріалу порами. Вона визначається за формулою:

$$P = (1 - \rho_m / \rho) \cdot 100\%,$$

де ρ_m – середня густина матеріалу, г/см³;

ρ – істинна густина матеріалу, г/см³.

Пустотність характеризується наявністю порожнин (пустот) у будівельних виробках (порожниста цегла, панелі) або між зернами в сипких матеріалах (пісок, гравій, жорства) і визначається у % від загального об'єму виробу чи матеріалу. Пустотність сприяє зменшенню маси конструкцій і покращення теплозахисних властивостей.

Коефіцієнт щільності характеризує ступінь заповнення об'єму твердою речовиною: $\kappa_{щ} = \rho_m / \rho$.

Маючи відносну густина природного мінерального матеріалу, можна визначити наближене значення **коефіцієнта теплопровідності**, що відноситься до теплофізичних властивостей, за емпіричною формулою:

$$\lambda = 1,16 \cdot \sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16.$$

До основних механічних властивостей відносять міцність, стиранисть, твердість, опір удару, деформативні характеристики тощо.

ХІД РОБОТИ:

1. Визначення істинної густини.

- 1.1. Кусочки цегли висушують у сушильній шафі при температурі 105–110⁰С, тонко подрібнюють у фарфоровій ступці. Порошок просіюють крізь сито № 02 та висушують у сушильній шафі до постійної маси, охолоджують, зберігають у ексікаторі.
- 1.2. У сухий мірний циліндр наливають певну кількість води, 50 см³.
- 1.3. Беруть наважку порошку цегли, наприклад, 50 г, 100 г.
- 1.4. Якусь частину порошку всипають у циліндр з водою до збільшення об'єму на 15 – 20 см³.
- 1.5. Визначають масу порошку, який залишився.
- 1.6. Обчислюють масу засипаного порошку, об'єм, істинну густина.
- 1.7. Дані записують у таблицю 1.1.

Таблиця 1.1

№ п/п	Початкова маса порошку, г, m_1	Маса порошку, що залишився, г, m_2	Маса випаленого порошку, г, $m = m_1 - m_2$	Об'єм рідини, см^3 , V_1	Об'єм рідини з порошком, см^3 , V_2	Об'єм витісненої рідини, см^3 , V_a	Істинна густина матеріалу, ρ , г/см^3
1.							
2.							
3.							

1.8. За даними трьох вимірювань визначити середнє значення істинної густини.

2. Визначення середньої густини зразків правильної геометричної форми.

- 2.1. Виміряти розміри зразків за допомогою штангенциркуля з точністю до 0,1 мм.
- 2.2. Обчислити об'єм зразка.
- 2.3. Визначити масу зразка на технічних терезах.
- 2.4. Обчислити об'ємну масу зразка.
- 2.5. Дані записати в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2

№ з/п	Назва матеріалу	Розміри, см				Об'єм зразка, см^3 , V	Маса зразка, г, m	Середня густина	
		a	b	H	d			г/см^3	кг/м^3
1									
2									
3									

3. Визначення об'ємної маси зразків неправильної геометричної форми.

- 3.1. Зразки висушують при температурі 105-110⁰ С до постійної маси.

- 3.2. Визначають масу кожного зразка.
- 3.3. Зразки насичують водою.
- 3.4. Виймають з води, злегка обтирають і зважують на технічних та гідростатичних терезах.
- 3.5. Проводять потрібні обчислення. Дані записують до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

№ з/п	Назва матеріалу	Маса сухого зразка, г, m	Маса зразка насиченого водою, г, m_1	Маса зразка на гідростатичних терезах, г, m_2	Об'єм витісненої води, см ³ , $V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_B}$	Густина, ρ_m	
						г/см ³	кг/м ³
1							
2							
3							

4. Визначення насипної густини матеріалів.

- 4.1. Сипкий матеріал висушують до постійної маси.
- 4.2. Визначають масу та об'єм посудини.
- 4.3. Наповнюють посудину сипким матеріалом з надлишком. Надлишок зрізують металевою лінійкою.
- 4.4. Визначають масу посудини з матеріалом.
- 4.5. Обчислюють масу матеріалу та його насипну густину. Дані записують до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

№ з/п	Назва матеріалу	Об'єм посудини, см ³ , V	Маса посудини, г, m_1	Маса посудини з матеріалом, г, m_2	Маса матеріалу, г, $m = m_2 - m_1$	Насипна густина, $\rho^n = m / v$,	
						г/см ³	кг/м ³
1							
2							
3							

8. Як впливає пористість на теплопровідність матеріалу?
9. Як впливає вологість матеріалу на його теплопровідність?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2

Тема: “ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ”

Мета роботи: навчитися визначати границю міцності матеріалів при стисканні, виявити залежність границі міцності від ступеня насичення зразка водою.

Прилади і матеріали: гідравлічний прес, штангенциркуль, лінійка, зразки дослідних матеріалів.

ТЕОРЕТИЧНА ДОВІДКА

До основних механічних властивостей відносять міцність, стійкість, твердість, опір удару, деформативні характеристики тощо. Міцність будівельних матеріалів визначається їх здатністю чинити опір внутрішнім напруженням, які виникають внаслідок дії зовнішніх навантажень. Будівельні матеріали у спорудах працюють на стискання, розтяг, згин, зріз тощо.

Міцність будівельних матеріалів характеризується границею міцності при стиску, вигині, розтягу та ін. Вона чисельно дорівнює напруженню у матеріалі, яке відповідає навантаженню, що призвело до руйнування зразка. Границя міцності вимірюється у мегапаскалях (МПа).

Границю міцності при осьовому стиску визначають на зразках у формі кубів, циліндрів, призм, на натурних зразках. Обчислюється ця величина за формулою:

$$R_{cm} = \frac{P}{F};$$

де P – руйнівне навантаження, Н;

F – площа поперечного перерізу зразка до випробування, см².

Міцність при стисканні визначається для зразків у сухому та (для порівняння) у насиченому водою стані. Здатність матеріалу зберігати свою міцність у зволоженому стані називається водостійкістю. Водостійкість характеризується коефіцієнтом водостійкості, або коефіцієнтом розм'якшення:

$$K_p = \frac{R_n}{R_c},$$

де R_n – міцність при стисканні матеріалу насиченого водою, МПа.

R_c – міцність при стисканні сухого матеріалу, МПа.

Водостійкими вважаються матеріали з коефіцієнтом водостійкості не меншим за 0,8.

ХІД РОБОТИ:

1. Визначити розміри зразків, що будуть випробовуватись, та площу їх поперечного перерізу .
2. Помістити зразок на нижню плиту преса, відцентрувати його, притиснути верхньою плитою преса. Стрілка манометра має бути на нулі.
3. Увімкнути прес, навантаження довести до руйнівного. Дані вимірів записати у таблицю 2.1.
4. Обчислити значення границі міцності при стиску. Обчислити середнє значення за даними трьох дослідів.
5. Накреслити схему дослідів.
6. Повторити аналогічні дослідження з вологими зразками.

Таблиця 2.1

№ пп	Найменування матеріалу	Поперечний переріз			Руйнівне навантаження R , [Н],[кгс]	Границя міцності при стиску, R , [кгс/см ²],[МПа]	Середнє значення границі міцності R , [кгс/см ²],[МПа]
		а, см	в, см	F, см ²			

7. За середнім значенням границі міцності при стисканні сухого матеріалу та матеріалу, насиченого водою, визначити коефіцієнт водостійкості.
8. Зробити висновки.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. Які фізико-механічні властивості матеріалів вам відомі?
2. Чим характеризується міцність матеріалу?
3. Як можна визначити міцність матеріалу?
4. Що називається границею міцності?
5. На які категорії за міцністю поділяють матеріали?
6. Від чого залежить міцність матеріалу?
7. Як впливає волога на міцність матеріалів?
8. Які матеріали можна вважати водостійкими?
9. Як покращити водостійкість матеріалів?
10. Які деформативні властивості вам відомі?
11. Наведіть приклади пружної роботи матеріалу?
12. Для яких матеріалів характерні пластичні деформації, а для яких вони відсутні?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

Тема: “ПРИРОДНІ КАМ’ЯНІ МАТЕРІАЛИ”

Мета роботи: Ознайомитись із мінералами, які входять до шкали твердості. Вивчити шкалу твердості. Ознайомитись з деякими гірськими породами та породоутворюючими мінералами. Навчитись за петрографічними характеристиками зразка гірської породи визначати мінералогічний склад та властивості матеріалу.

Прилади і матеріали: зразки мінералів шкали Мооса (шкали твердості); зразки гірських порід.

ТЕОРЕТИЧНА ДОВІДКА:

Твердість однорідних кам’янистих матеріалів визначають за шкалою твердості, у якій десять спеціально підібраних мінералів розташовані у такому порядку, що на кожному з них всі наступні можуть лишати риску.

Шкала Мооса (шкала твердості)

Показник твердості	Мінерал	Характеристика твердості
--------------------	---------	--------------------------

1	Тальк або крейда	Легко подряпується нігтем
2	Кам'яна сіль або гіпс	Подряпується нігтем
3	Кальцит або ангідрит	Стальний ніж залишає риску легко
4	Плавииковий шпат	Під невеликим тиском подряпується ножем
5	Апатит	Під великим тиском подряпується ножем
6	Ортоклаз	Злегка подряпує скло
7	Кварц	Добре дряпають скло, стальним ножем не подряпуються
8	Топаз	
9	Корунд	
10	Алмаз	

Тальк – мінерал підкласу сланцюватих силікатів, $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$. колір – білий, зеленкуватий; густина $2,8 \text{ г/см}^3$. Утворився внаслідок гідротермальної зміни магнезійних силікатів вивержених порід. Використовують як кислототривкий та електроізоляційний матеріал.

Крейда – відноситься до осадових порід органічного (зоогенного) походження (затверділий морський осад, складається з черепашок, найпростіших морських тварин), $CaCO_3$. Колір білий. Використання – для виробництва вапна, цементу, скла, для приготування замазок, фарб, шпаклівки.

Гіпс – мінерал групи сульфатів, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Колір білий, сірий, жовтуватий, червонуватий. Густина $2,2 - 2,3 \text{ г/см}^3$, будова пластинчаста, волокниста, зерниста. Використовується для виробництва повітряних гіпсових в'язучих.

Кам'яна сіль – (галіт) $NaCl$. Мінерал хомогенного походження підкласу хлоридів. Густина $2,2 \text{ г/см}^3$. Колір безбарвний, білий, жовтий, синюватий. Будова кристалічна.

Кальцит – (вапняковий шпат) $CaCO_3$, мінерал групи карбонатів. Будова кристалічна. Густина $2,7 \text{ г/см}^3$. Колір білий, сірий.

Ангідрит – $CaSO_4$, осадовий гідротермальний мінерал групи сульфатів. Густина $2,8 - 3,0 \text{ г/см}^3$. Схожий на гіпс. Колір сірий, голубуватий. Поглинаючи воду переходить у гіпс. Використовують у виробництві в'язучих, добрив.

Плавииковий шпат (флюорит) – мінерал класу фторидів, CaF_2 . Густина $3,2 \text{ г/см}^3$, чистий флюорит – безбарвний (цінна оптична сировина), домішки надають фіолетового, зеленого, жовтого та ін. кольорів.

Апатит – мінерал класу фосфатів магматичного, гідротермального походження, $Ca_5(PO_4)_3 \cdot (F, Cl, OH)_2$. Будова зерниста, кристалічна. Густина $3,2 \text{ г/см}^3$. Використовується як сировина для виробництва добрив, фосфорної кислоти, скла.

Ортоклаз – калієвий польовий шпат. $Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$. Яскраво виражена спайністю у двох напрямках. Колір білий, рожевий, сірий. Густина $2,6 \text{ г/см}^3$. Використовують як сировину для виробництва кераміки та скла. Входить до складу гранітів, гнейсу та інших вивержених та метаморфічних порід.

Кварц – один з найпоширеніших породоутворюючих мінералів групи кварцу SiO_2 . Густина $2,65 \text{ г/см}^3$. Спайності не має, злом не рівний. Колір – безбарвний (гірський кришталь), фіолетовий (аметист), білий, сірий, рожевий. Використовується у вигляді кварцового піску та кварцитів у виробництві скла та кераміки, кварцити – як оздоблювальний матеріал. Монокристали кварцу – у оптичному приладобудуванні та як п'єзоелектрик. Забарвлені прозорі кварци – у ювелірній справі.

Топаз – мінерал підкласу острівних силікатів $Fl_2[SiO_4](F,OH)_2$. Будова кристалічна, густина $3,4 - 3,6 \text{ г/см}^3$. Колір безбарвний, голубий, рожевий, винно-жовтий, залежно від домішок. Прозорий топаз – дорогоцінний камінь. Зустрічається у розсипах.

Корунд – мінерал простих окислів Al_2O_3 . Домішки Cr, Fe, Ti та ін. Густина 4 г/см^3 . За походженням – метаморфічна порода. Колір прозорий різноманітних відтінків, залежно від домішок. Є дорогоцінним каменем (рубін, сапфір та ін.). Хороший абразив. У промислових масштабах виготовляють синтетичний корунд – для годинникової промисловості, електронної, ювелірної. Зустрічається у розсипах.

Алмаз – мінерал, одна із кристалічних поліморфних модифікацій вуглецю, C. Будова кристалічна. Колір безбарвний, рідше забарвлений. Густина – $3,5 \text{ г/см}^3$. Крупні кристали прозорого алмазу – дорогоцінний камінь (I класу). Застосовують як абразив. Виготовляють синтетичні алмази (з графіту та вуглемістких речовин).

Породоутворюючі мінерали, об'єднуючись у певні сполуки, утворюють гірські породи.

Гірські породи – це мінеральні маси, які утворюють земну кору і мають відносно сталі склад і будову. Бувають мономінеральними та полімінеральними.

За походженням гірські породи поділяються на вивержені (первинні), осадові (вторинні) та метаморфічні (видозмінені).

Вивержені: масивні (глибинні та вилиті), уламкові (сипкі, зцементовані).

Осадові: механічні відклади, органігенні відклади, хімічні осади.

Метаморфічні: з вивержених порід, з осадових порід.

Для прикладу розглянемо одну з найпоширеніших у земній корі гірських порід – граніт.

Граніт вивержена масивна глибинна порода. Склад: кварц 20 – 40%, польовий шпат (найчастіше ортоклаз) – 40 – 70%, слюда (мусковіт чи біотит) – 5 – 20%,

рідше – авгіт, рогова обманка. Великий вміст польового шпату визначає колір граніту (сірий, голубувато-сірий, темно-червоний). Структура – яскраво виражена зернисто-кристалічна. Границя міцності на стиск 100-250МПа. Густина 2,6 - 2,7 г/см³. Пористість менше 1,5%, вологість 0,9%. Морозостійкість висока. Добре обробляється, обтесується, полірується, шліфується. Використовується для зовнішніх оздоблювальних робіт, сходи, плити для підлоги, бутовий камінь, щєбінь.

У будівництві природні кам'яні матеріали використовують на всіх етапах зведення будівлі. Для кладки фундаментів використовують всі види гірських порід. Для кладки стін використовують вапняк, доломіт, вулканічний туф, пісковик, гіпсовий камінь. Для облицювання будівель зовні застосовують граніт, сієніт, діорит, габро, лабрадорит, вулканічний туф, базальт, кварцит, щільний вапняк, пісковик.

Для внутрішнього оздоблення використовують мрамур, мармуроподібний вапняк, травертин, ангідрит, гіпсовий камінь, вулканічний туф, щільний вапняк-черепашник, брекчія, конгломерат.

ХІД РОБОТИ:

1. Вивчити шкалу Мооса.
2. Ознайомитись із зразками мінералів шкали твердості, охарактеризувати кожен з них.
3. Дані вписати до таблиці 3.1:

Таблиця 3.1

№ №	Назва мінералу	Твердість	Хімічний склад	Густина, г/см ³	Будова	Інші ознаки (колір, блиск та ін.)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

4. Ознайомитись із зразками гірських порід.

5. Охарактеризувати гірські породи. Дані внести до таблиці 3.2:

Таблиця 3.2

№	Група за класифікацією	Назва гірської породи	Густина, кг/м ³	R _{ст} , МПа	Колір	Використання	Мінерали, що входять до складу гірських порід		
							назва	хім. склад	колір
1									
2									
3									
4									
5									
6									

Зробити

висновки.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. Що називається мінералами?
2. Що називається гірською породою?
3. У чому полягає відмінність між гірськими породами і мінералами?
4. Від чого залежать властивості гірських порід?
5. Як класифікують гірські породи?
6. Які гірські породи використовують як стіновий матеріал?
7. Які гірські породи використовують для оздоблення?
8. Як визначити твердість гірських порід?
9. Що таке шкала Мооса?
- 10.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №4

Тема: “ВИПРОБУВАННЯ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ”

Мета роботи: за зовнішнім виглядом оцінити якість цегли; визначити об'ємну масу цегли; за результатами випробувань зразків навчитися визначати марку цегли; встановити придатність для використання її у будівництві.

Прилади і матеріали: зразки цегли, лінійка, штангенциркуль, прес ПУ-10.

ТЕОРЕТИЧНА ДОВІДКА:

Керамічну цеглу виготовляють з глини, діатомітів, лесів і промислових відходів з мінеральними та органічними добавками або без них.

Застосовують цеглу для мурування зовнішніх та внутрішніх стін.

Звичайна цегла має такі розміри: $(250 \pm 5) \times (120 \pm 4) \times (65 \pm 3)$ мм.

Залежно від границі міцності при стиску звичайну цеглу поділяють на марки (МПа $\times 10$): М75, М100, М125, М150, М200, М250, М300. Для кожної марки нормується також границя міцності при згині. Вона коливається у межах 1,8...4,4 МПа.

Повнотіла (суцільна) цегла повинна мати водопоглинання не менше, ніж 8% за масою. Середня густина суцільної цегли становить 1600...1900 кг/м³, теплопровідність 0,7...0,82 Вт/(м·К), морозостійкість – 15, 25, 35, 50 циклів.

ХІД РОБОТИ:

1. Оглянути зразки цегли. Замалювати цеглу, вказавши розміри та назви сторін.

2. Зробити відповідні виміри і дати заключення щодо доцільності використання цегли в будівництві. Дані внести до таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Показники	Допустимі відхилення	Відхилення, встановлені вимірюванням
1	2	3
Допуски на лінійні розміри, мм	± 5	
по довжині		
по ширині	± 4	
по товщині	± 3	
Викривлення граней і ребер, мм	до 3	
по постелі		
по ложку	до 4	
Наскрізні тріщини на ложкових гранях не більше 30 мм, шт.	до 1	
Відбитості або притупленості ребер і кутів	до 2	

розміром по довжині ребра не більше 15 мм, шт.		
Недопал цегли	не допускається	
Вапняні включення (дутики)	не допускаються	

3. Визначити середню густину цегли звичайної керамічної. Дані вимірювань і обчислень внести до таблиці 4.2:

Таблиця 4.2

№	Довжина, см	Ширина, см	Висота, см	Об'єм, см ³	Маса, г	Об'ємна маса, г/см ³
1						
2						
3						

4. Визначення марки цегли.

4.1. Замалювати схему випробування цегли на стиск.

4.2. Зробити відповідні виміри, дані внести до таблиці 4.3:

Таблиця 4.3

№	Довжина, см м		Ширина, см м		Площа перерізу, см ² см ²		Руйнівна сила, кгс Н		Границя міцності, кгс/см ² МПа	
1										
2										
3										

4.3. Випробувати цеглу на стиск, відмітивши руйнівне навантаження.

4.4. Обчислити границю міцності при стиску. Дані внести до таблиці 4.3.

4.5. Замалювати схему випробування цегли на вигин.

4.6. Зробити виміри. Дані внести до таблиці 4.4:

Таблиця 4.4

№	Відстань між опорами, см м		Ширина, см м		Товщина, см м		Руйнівне навантаження, кгс Н		Границя міцності при вигині, кгс/см ² МПа	
1										
2										
3										

4.7. Провести випробування цегли на вигин, визначити руйнівне навантаження.

4.8. Обчислити границю міцності при вигині. Дані внести до таблиці 4.4.

4.9. За середнім та мінімальним значенням міцності окремих зразків визначити марку цегли.

5. Зробити висновки про проведену роботу.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. Що називається керамічними матеріалами?
2. Які ви знаєте керамічні будівельні матеріали?
3. У чому полягає виробництво керамічних матеріалів?
4. Що є сировиною для виготовлення кераміки?
5. Які властивості перевіряються у лабораторії для визначення якості цегли?
6. Що називають маркою цегли? Наведіть приклади.
7. Які вимоги ставляться до керамічної цегли марки М100?
8. Спеціальні види добавок.
9. Які ви знаєте властивості сировини для виготовлення кераміки?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №5

Тема : “ПОВІТРЯНІ В’ЯЖУЧІ. ВИПРОБУВАННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ГІПСУ”

Мета роботи: Навчитися визначати ступінь подрібнення будівельного гіпсу, нормальну крутість гіпсового тіста, строки тужавлення гіпсового тіста, границю міцності гіпсового каменю при стисканні та вигині. За результатами зробити висновки.

Прилади та обладнання: прилад для технічного просіювання, сито з сіткою №02, технічні терези, віскозиметр Сутгарда, прилад Віка, гіпс, вода, чаша і лопатка для замішування гіпсового тіста, мірний циліндр, секундомір, форми.

ТЕОРЕТИЧНА ДОВІДКА:

Будівельним гіпсом називають порошкоподібну повітряну в’яжучу речовину, яку отримують в результаті теплової обробки (при 140° –170°С) двоводного природного гіпсу з утворенням півводного гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$.

Якість гіпсових в'язучих визначається строками тужавлення, тонкістю помелу, водопотребою, границею міцності на стиск та згин.

Залежно від строків тужавлення гіпсові в'язучі поділяють на три групи: швидкотверднучі (індекс А) з початком тужавлення не раніше як 2 хв., закінченням – не пізніше, як 15 хв.; нормальнотвердіючі (індекс Б) з початком тужавлення не пізніше, ніж 6 хв., закінченням – не пізніше, ніж 30 хв.; повільнотвердіючі (індекс В) з початком тужавлення не раніш як 30 хв., закінчення – не нормується.

Тонкість помелу гіпсових в'язучих оцінюється просіюванням через сито з розміром отворів 0,2 мм. Розрізняють в'язучі грубого, середнього і тонкого помелу з максимальним залишком на ситі не більше як 23, 14 і 2% (позначаються, відповідно, I, II, III).

Для одержання тіста нормальної густоти будівельний гіпс вимагає до 50-70% води.

Для гіпсових в'язучих установлено марки залежно від границі міцності при стиску $R_{ст}$ з урахуванням міцності на вигин $R_{виг.}$. Усі гіпсові в'язучі діляться за міцністю на 12 марок (від Г2 до Г25), чисельне значення марки відповідає мінімальній границі міцності зразків на стиск у МПа. Для будівельного гіпсу найхарактернішими є марки Г4...Г7 з нормованою границею міцності на згин не менше, відповідно, 2...3,5 МПа.

Маркування гіпсового в'язучого дає інформацію про його основні властивості. Наприклад, маркою Г-5-А-ІІ позначено гіпсова в'язуча речовина марки 5, швидкотвердіюча, середнього помелу.

ХІД РОБОТИ:

1. Визначення тонкості помелу гіпсу.

1.1. Будівельний гіпс висушують протягом 1 год. у сушильній шафі.

1.2. Наважку гіпсу (не менше 50 г) висипають на сито №02.

Просіюють, визначають залишок на ситі. Дані вносять в таблицю 5.1:

Таблиця 5.1

№	Маса наважки, г	Маса сита, г	Маса сита з залишком, г	Маса залишку, г	Тонкість помелу, %
1					
2					
3					

1.4. Зробити висновок про ступінь помелу гіпсу.

2. Визначення нормальної крутості гіпсового тіста.

2.1. Перед випробуванням віскозиметр Сутгарда очищають і змочують водою. Циліндр розміщують вертикально у центрі концентричних кіл.

- 2.2. Наважку гіпсу 300г швидко замішують з водою в кількості 50..60% від маси гіпсу протягом 30с до одержання однорідної маси.
- 2.3. Зробивши два різких перемішування, виливають тісто в циліндр. Вирівнюють поверхню тіста. Витрати часу – до 30с.
- 2.4. Різко піднімають циліндр вгору. Тісто розпливається по склу коржиком. Діаметр коржика має становити близько 12 см (це відповідатиме нормальній крутості гіпсового тіста). При невідповідності діаметрів змінюють витрату води. Результати дослідів внести до таблиці 5.2:

Таблиця 5.2

№ п/п	Витрата гіпсу, г	Витрата води, г, %	Діаметр коржика, см	Нормальна крутість гіпсового тіста
1				
2				
3				

- 2.5. Зробити висновок про водопотребу гіпсу.

3. Визначення строків тужавлення гіпсового тіста.

- 3.1. Перевірити вільне падіння приладу Віка.
- 3.2. Налити в чашу воду, необхідну для приготування гіпсового тіста нормальної консистенції з 200г гіпсу.
- 3.3. Протягом 30с всипають гіпс у чашу з водою і перемішують тісто.
- 3.4. Тісто виливають у кільце приладу Віка. Поверхню загладжують.
- 3.5. Кільце з тістом поміщають під голку приладу. Голку суміщають з поверхнею тіста.
- 3.6. Затискний гвинт відпускають, голка опускається і занурюється в тісто.
- 3.7. Кожні 30с дослід повторюють, щоразу очищаючи голку і змінюючи місце занурення. Час і глибину занурення фіксують. Дані вимірювань вносять в таблицю 5.3:

Таблиця 5.3

№ п/п	Витрата гіпсу, г	Витрата води, г	Час початку засипання гіпсу	Час опускання голки приладу	Занурення голки приладу, мм

- 3.8. Зробити висновок про швидкість тужавлення гіпсу.

4. Визначення міцності гіпсового каменю.

- 4.1. Виготовляють балочки розмірами $40 \times 40 \times 160$ мм шляхом заливки гіпсового тіста нормальної густоти у спеціальні форми.
- 4.2. Через 1...1,5 години виймають балочки з форм, перевіряючи їх на якість.
- 4.3. Випробування на вигин проводять через 2 години.
- 4.4. Півбалочки після випробування на вигин випробовують на стиск.
- 4.5. Дані вимірювань та обчислень вносять до таблиці 5.4:

Таблиця 5.4

№	Висота, см	Ширина, см	Довжина, см	Руйнівна сила при вигині, кгс	Границя міцності при вигині, МПа	Площа попереч. перерізу, см ²	Руйнівна сила при стиску, кгс	Границя міцності при стиску, МПа

- 4.6. Зробити висновок про марку гіпсу за міцністю.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. Що називається неорганічними в'язучими речовинами?
2. Що називається будівельним гіпсом?
3. Які основні властивості гіпсу?
4. Які є ступені помелу гіпсу? Як це впливає на інші характеристики матеріалу?
5. Як визначають нормальну крутість гіпсового тіста? Для чого потрібен цей показник?
6. Які строки тужавлення гіпсу?
7. Яка міцність гіпсу?
8. Де застосовують будівельний гіпс?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6

Тема: “ГІДРАВЛІЧНІ В’ЯЖУЧІ. ВИПРОБУВАННЯ ЦЕМЕНТУ”

Мета роботи: визначити тонкість помелу, нормальну крутість цементного тіста, навчитися визначати строки тужавлення цементного тіста, навчитися визначати марку цементу.

Прилади і матеріали: сушильна шафа, технічні терези, сито №008, прилад Віка, секундомір, мірний циліндр, прес, цемент, вода.

ТЕОРЕТИЧНА ДОВІДКА

Тонкість помелу цементу чисельно дорівнює залишку на ситі №008 в % до початкової маси наважки і визначається методом просіювання наважки цементу.

Нормальна густина (крутість) цементного тіста визначається за допомогою приладу Віка, укомплектованого циліндричним стержнем – товкачиком. Нормальною крутістю цементного тіста називається така його консистенція, при якій товкачик приладу Віка, занурений в кільце, заповнене тістом, не доходить на 5-7 мм до пластинки, на якій встановлене кільце. Нормальна густина вказує на кількість води замішування, виражену в % від маси цементу.

Початком тужавлення цементного тіста вважається час, що минув з моменту додавання до цементу води до того моменту, коли голка приладу Віка не буде доходити до пластинки на 1-2 мм.

Кінцем тужавлення цементного тіста вважають час, що минув від початку замішування тіста до моменту, коли голка приладу Віка буде опускатися в тісто не глибше за 1 мм.

Для визначення міцнісних характеристик цементу, виготовляють зразки – балочки з цементно-піщого розчину складу 1:3 при $V/C \geq 0,4$ і випробовують їх спочатку на вигин, а пізніше на стиск.

ХІД РОБОТИ:

1. Визначення тонкості помелу.

1.1 З проби цементу, висушеної протягом години при температурі 105-110⁰С, відважують 50г і просіюють крізь сито №008.

1.2 Через кожні 5-7 хв. висипають просіяний цемент, прочищають сітку і продовжують просіювання до отримання остаточного залишку.

1.3 Залишок зважують. Дані вносять в таблицю 6.1. Дослід повторюють тричі.

Таблиця 6.1

№ пп	Наважка цементу, г	Залишок на ситі №008	
		г	%
1			
2			
3			

2. Визначення нормальної крутості цементного тіста.

- 2.1 Відважити 400г цементу. Висипати його в чашу. В цементі зробити заглиблення і вилити туди 25-27% води.
- 2.2 Обережно замішати цемент з водою, енергійно розтерти протягом 5 хв.
- 2.3 Цементне тісто викласти в кільце приладу Віка за один прийом, надлишок зняти ножем.
- 2.4 Кільце приладу з цементним тістом встановити під товкачиком. Різко опустити товкачик, через 30 секунд після занурення товкачика зробити відлік. Товкачик повинен не сягати дна на 5-7 мм. Дослід повторюють, добиваючись потрібного результату. Записи роблять у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

№ пп	Витрата цементу, г	Витрата води,		Показники приладу Віка, мм	Нормальна крутість тіста, %
		г	%		
1					
2					
3					

3. Визначення часу тужавлення цементного тіста.

- 3.1 Приготувати цементне тісто нормальної крутості і помістити його в кільце приладу Віка.
- 3.2 Голку приладу встановлюють біля поверхні тіста у кільці. Раптово відпустити гвинт, визначити занурення голки, покази записати в табл. 6.3.

Таблиця 6.3

№ пп	Час, с	Покази приладу Віка, мм	Початок тужавлення, с	Кінець тужавлення, с
1				
2				
3				

4. Визначення марки цементу.

- 4.1. Приготувати цементно-пісковий розчин складу 1:3 при В/Ц $\geq 0,4$. Наприклад, взяти цементу 500г, піску 1500г, перемішати протягом 1 хв. Зробити в центрі заглиблення, вилити 270 г води. Перемішувати протягом 5хв.
- 4.2. Виготовити балочки 40 x 40 x 160 мм. Зберігати їх у посудині з гідравлічним замком протягом доби, пізніше вийняти з форм і занурити у воду на 28 діб.
- 4.3. У віці 28 діб випробувати балочки на вигин. Отримавши півбалочки після руйнування, випробувати їх на стиск.

Таблиця 6.4

№ пп	Випробування на вигин		№ пп	Випробування на стиск	
	руйнівне навантаження, Н (кгс)	границя міцності, МПа, кгс/см ²		руйнівне навантаження, Н	границя міцності, МПа
1			1		
			2		
2			3		
			4		
3			5		
			6		

5. Зробити висновки після проведеної роботи.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. Що називають цементом?
2. Як отримують цемент?
3. Які властивості цементу визначають у лабораторії?
4. Що називають маркою цементу?
5. Де застосовують цемент?
6. Як визначити марку цементу?
7. Як визначити строки тужавіння цементного тіста?
8. Яка кількість води необхідна для нормальної крутості цементного тіста?
9. Які Ви знаєте марки цементу?

10. Які спеціальні види цементів виготовляють?

11. Які терміни набуття цементним каменем проектної міцності?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7

Тема: "ВИПРОБУВАННЯ ЗАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ ЗВИЧАЙНОГО БЕТОНУ."

Мета роботи: ознайомитись з лабораторними методами випробовувань піску, щебеню. Визначити зерновий склад піску та його модуль крупності, середню густину, насипну густину, пустотність.

Прилади і матеріали: пісок, щебінь, дистильована вода, сушильна шафа, пікнометр, посудина для насичення щебеню водою, набір стандартних сит, терези, посудина для відмулювання.

ТЕОРЕТИЧНА ДОВІДКА

Заповнювачі – основна частина бетону. Вони займають до 85% всього об'єму і створюють жорсткий скелет бетону, зменшуючи цим його усадку і утворення усадочних тріщин. Якість заповнювачів впливає на технічні властивості важкого бетону. Всі заповнювачі поділяються на дрібні (природні чи штучні піски), крупністю 0,14...5,00 мм та крупні (щебінь, гравій), крупністю 5...70 мм; при бетонуванні масивних споруд застосовують щебінь фракцій до 150 мм.

Пісок використовують як природного, так і штучного походження.

Природний пісок – це сипка суміш зерен крупністю 0,14...5,0 мм, яка утворилась внаслідок природного руйнування міцних гірських порід, за мінералогічним складом – кварцові, польовошпатні, карбонатні. Залежно від умов залягання природні піски бувають гірські, морські та річкові.

Для визначення якості піску у лабораторних умовах визначають густину, насипну густину, пустотність, вологість, вміст глинистих та пилоподібних частинок, органічних домішок, зерновий склад, модуль крупності піску.

Залежно від модуля крупності піски поділяють на:

крупні ($M_k > 2,5$), середні з $M_k = 2,5 \dots 2,0$;

дрібні з $M_k < 2$; дуже дрібні з $M_k < 1,5$.

До крупних заповнювачів для виготовлення важких бетонів відноситься гравій та щебінь.

Гравій – це сипкий матеріал, утворений внаслідок природного руйнування (вивітрювання) вивержених чи осадових порід. Форма зерен гравію обкатана, округла, поверхня гладенька. Міцні зерна утворюються з

граніту, діориту, а слабкі з пористих вапняків. Часто гравій містить домішки пилу, глини, піску. Якщо піску 25...40%, то такий матеріал називають піщано-гравійною сумішшю. За походженням буває гірський, морський, річковий. За розмірами зерен гравій поділяють на рядовий – 30...70 мм і фракціонований: дрібний – 5...20 мм; середній – 20...40 мм; крупний – 40...70 мм.

Щебінь – сипкий матеріал, отриманий механічним подрібненням гірських вивержених (граніт, діабаз, діорит), щільних осадових (вапняк, доломіт, кальцит) чи інших порід. Форма їх кутаста, поверхня шорстка, тому міцність зчеплення з цементним каменем у щебеню більша, ніж у гравію.

Фракції щебеню: особливо дрібний – 5...10 мм; дрібний – 10...20 мм; середній – 20...40 мм; крупний – 40...70 мм; особливо крупний – 70...150 мм.

Часом крупний гравій подрібнюють на щебінь.

Вміст глинистих, мулистих, пилуватих домішок обмежують.

Зерновий склад крупного заповнювача, аналогічно як і піску, впливає на властивості бетонної суміші та самого бетону. Оптимізація зернового складу має ґрунтуватись на такій умові: отримати найменший об'єм міжзернових пустот, тобто забезпечити мінімальну витрату розчинової суміші, а отже і цементу.

ХІД РОБОТИ:

1. Визначення істинної густини піску.

- 1.1 Наважку піску 30г просіюють крізь сито №5, висушують.
- 1.2 Відважують 2 наважки по 10г.
- 1.3 У чистій сухий пікнометр об'ємом 100 мл всипають наважку піску, зважують.
- 1.4 У пікнометр вливають дистильовану воду на 2/3 об'єму, перемішують, нагрівають для видалення повітря.
- 1.5 Доливають дистильовану воду до позначки на пікнометрі, зважують.
- 1.6 Дані вносять до таблиці 7.1.

Таблиця 7.1.

№ пп	Маса наважки піску, г, m	Маса пікнометра, г		Істинна густина, г/см ³ $\rho = m / (m - m_1 + m_2)$
		з піском та водою, m_1	з дистил. водою, m_2	
1				
2				
3				

- 1.7 Пікнометр очищають, миють, заповнюють водою до позначки і зважують.
- 1.8 Обчислюють густину, знаходять середнє значення для трьох дослідів.

2. Визначення насипної густини піску та пустотності

- 2.1 Пісок у кількості 5...10 кг висушують і просіюють крізь сито №5.

- 2.2 Мірний циліндр об'ємом 1 л зважують, з висоти 10 см насипають у нього пісок з надлишком. Надлишок зрізають лінійкою, зважують.
- 2.3 Записи роблять у таблиці 7.2

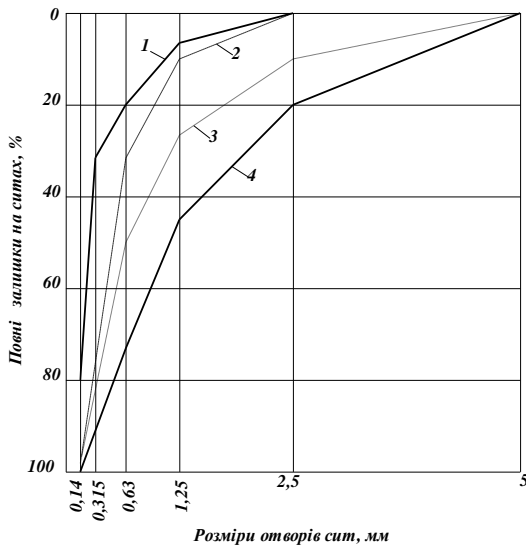
Таблиця 7.2

№ пп	Маса циліндра, г m_1	Маса циліндра з піском, г m_2	Насипна густина, гк/м ³ $\rho_n = (m_2 - m_1) / V$	Пустотність, % $V_n = (1 - \rho_n / \rho) \times 100$
1				
2				
3				

- 2.4 Обчислюють насипну густина, пустотність і середні значення для трьох дослідів.

3. Визначення зернового складу та модуля крупності піску

- 3.1 Пробу піску 2 кг перемішують і висушують.
- 3.2 Пісок просіюють крізь сито №5.
- 3.3 З просіяної проби відважують 1кг піску. Просіюють через комплект стандартних сит: №2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,14.
- 3.4 Зважують залишки з кожного сита.
- 3.5 Визначають часткові залишки на кожному ситі: $a_i = (m_i / m) \cdot 100\%$, a_i - частковий залишок, %; m_i - залишок на певному i - тому ситі, г; m - маса наважки, 1000 г.
- 3.6 Визначають повні залишки на кожному ситі: $A_i = a_{2,5} + \dots + a_i$, де $a_{2,5} \dots a_i$ - часткові залишки на ситах з більшими розмірами отворів.
- 3.7 Для оцінки зернового складу піску і його придатності для приготування важкого бетону лінію за результатами просіювання (за повними залишками) наносять на графік (рис. 7.1).



- 1 – допустима нижня границя крупності піску;
- 2 – рекомендована нижня границя крупності піску для бетонів класів В15 і вище;
- 3 – рекомендована нижня границя крупності піску для бетонів класу В25 і вище;
- 4 – допустима верхня границя крупності піску

Рис 7.1. Графік для визначення зернового складу піску

Якщо ламана, що характеризує зерновий склад досліджуваного піску, буде розміщена у виділеній зоні, то цей пісок найефективніший для виготовлення важкого бетону.

Обчислення модуля крупності піску проводяться за формулою:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}) / 100.$$

Розрахунки ведуться у формі таблиці 7.3.:

Таблиця 7.3.

Залишок	Розміри отворів сит, мм					Пройшло крізь сито № 0,14
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
Маса залишку, г						
Частковий залишок, %						
Повний залишок, %						

Обчислити модуль крупності піску

$M_k =$ _____

ВИСНОВОК

5. Визначення середньої густини зерен щебеню.

5.1. Відбирають пробу фракціонованого щебеню масою 2,5 кг.

5.2. Висушують щебінь до постійної маси.

- 5.3. Відбирають наважку щебеню 1 кг і занурюють її у посудину з водою на 2 години до повного насичення.
- 5.4. Насичений водою щебінь зважують спочатку на звичайних технічних терезах, а потім на гідростатичних. Дані вносять у таблицю 7.4..
- 5.5. Різниця маси наважки у насиченому водою стані на повітрі і у насиченому водою стані у воді дасть об'єм наважки.

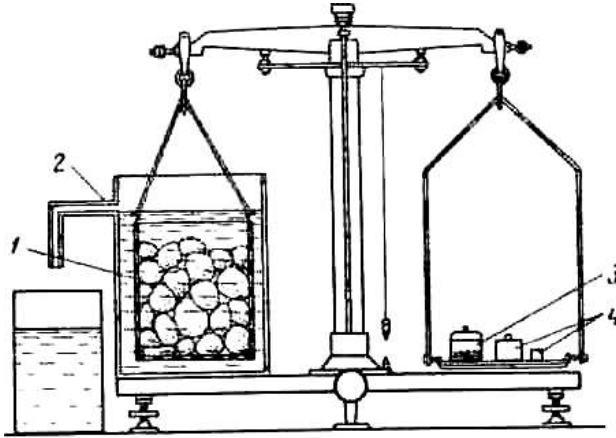


Рис. 7.2. Гідростатичні терези:

1 — сітчаста (перфорована) склянка; 2 — спеціальна посудина зі зливом для води; 3 — склянка із шротом; 4 — різноважки

- 5.6. Визначають середню густину з точністю до 0,01г/см³. Всі записи виконують у таблиці 7.4. Досліди проводять тричі, обчислюють середнє значення для трьох дослідів.

Таблиця 7.4.

№	Маса наважки в сухому стані, г, m	Маса наважки у насиченому водою стані на повітрі, г, m_1	Маса наважки у насиченому водою стані у воді, г, m_2	Середня густина
				$\rho_{ц(з)} = \frac{m \cdot \rho_e}{m_1 - m_2}$, г/см ³
1.				
2.				
3				

6. Визначення об'ємної (насіпної) густини щебеню.

6.1. Відібрати наважку щебеню певної фракції. Підбирають мірний циліндр за даними таблиці 7.5.

6.2. Висушують відібраний щебінь до постійної маси.

Таблиця 7.5.

Найбільша крупність щебеню(гравію), мм	Об'єм мірного циліндра, л	Розміри циліндра, мм	
		діаметр	висота
До 10	5	185	185
До 20	10	234	234
До 40	20	294	294
Понад 40	50	400	400

6.3. Визначають масу мірного циліндра і записують в таблицю 7.6.

6.4. Щебінь насилають совком з висоти 10 см у мірний циліндр з надлишком. Надлишок щебеню зрізають сталевною лінійкою нарівні з краями.

6.5. Циліндр зі щебенем зважують і дані заносять в таблицю 7.6.

6.6. Виконують обчислення, об'ємну (насіпну) густину щебеню визначають з точністю до 10 кг/м³. Результати записують до табл. 7.6.

Таблиця 7.6.

№ пп	Найбільша крупність зерен щебеню, мм	Маса мірного циліндра, кг, m ₁	Маса мірного циліндра із щебенем, кг, m ₂	Об'єм мірного циліндра, м ³ , V	Насіпна густина $\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V}$ кг/м ³
1.					
2.					
3.					

7.Визначення пустотності щебеню.

7.1. За даними попередніх дослідів заповнити таблицю 7.7.

7.2. Обчислити пустотність щебеню з точністю до 0,1%.

Таблиця 7.7.

№ пп	Насіпна густина щебеню, кг/м ³ , ρ_n	Середня густина зерен щебеню, г/см ³ , ρ_m	Пустотність щебеню $V_{пуст} = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_b \cdot 1000}\right) \cdot 100\%$
1.			
2.			
3.			

8. Визначення зернового складу крупного заповнювача.

8.1. Відібрати пробу щебеню масою 5, 10, 20, 30, 50 кг при найбільшій крупності 10 мм, 20 мм, 40 мм, 70 мм, відповідно.

8.2. Просіяти пробу крізь набір сит, розміри отворів яких послідовно $1,25D_{нб}$, $D_{нб}$, $0,5(D_{нб} + D_{нм})$, $D_{нм}$, де індекси означають: “нб” – найбільший діаметр, “нм” – найменший діаметр зерен.

8.3. Зважуванням визначити часткові залишки на кожному ситі. Дані зважувань внести до таблиці 7.8.

Таблиця 7.8.

Залишок на ситі	Розміри вічок сит, мм					Пройшло крізь сито з вічком 5 мм
	70	40	20	10	5	
Частковий, кг						
Частковий, %						
Повний, %						

8.4. Обчислити часткові залишки у % на кожному ситі: $a_i = (m_i / m) \cdot 100\%$, a_i - частковий залишок, %; m_i – залишок на певному i – тому ситі, кг; m – маса проби щебеню. Зробити записи у таблиці 7.8.

8.5. Визначають повні залишки на кожному ситі: $A_i = a_{70} + \dots + a_i$, де $a_{70} \dots a_i$ - часткові залишки на ситах з більшими розмірами вічок. Зробити записи у таблиці 9.5.

8.6. Встановити найбільшу $D_{нб}$ та найменшу $D_{нм}$ крупніють зерен щебеню. За $D_{нб}$ беруть той розмір вічок верхнього сита, на якому повний залишок не перевищує 5%, а за $D_{нм}$ – розмір вічка нижнього сита, на якому повний залишок становить не менш як 95%.

Обчислити $1,25D_{нб}$ і $0,5(D_{нб} + D_{нм})$.

8.7. Зробити остаточну оцінку придатності крупного заповнювача за зерновим складом. Для цього нанести конкретні значення $D_{нб}$, $D_{нм}$ та повних залишків на стандартний графік (рис. 7.3). Якщо лінія зернового складу розміщується в заштрихованій частині, то щебінь придатний для бетону.

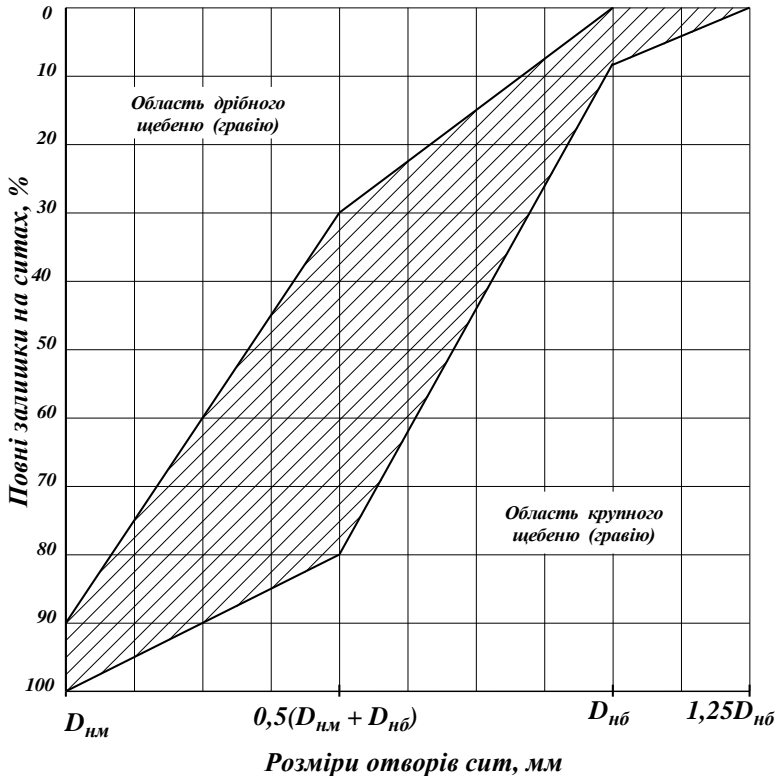


Рис.7.3. Графік зернового складу щебеню (гравію)

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ:

1. Що називають піском?
2. Які властивості піску визначають в лабораторіях?
3. Для чого застосовують набір сит від №5 до № 014?
4. Що називають частковими і повними залишками?
5. Яких значень набуває модуль крупності піску? Що він означає?
6. Що називають щебенем? гравієм?
7. Як визначити насипну густину зерен щебеню (гравію)?
8. Викладіть послідовне визначення середньої густини щебеню (гравію).
9. Для чого виконують розсів щебеню на стандартних ситах?
10. Що означає “фракціонований щебінь”?
11. Поясніть, як користуватись графіком на рис. 7.3.
12. Які домішки у складі щебеню (гравію) обмежують? Який відсоток є допустимим?
13. Який щебінь (гравій) найбільш придатний для виготовлення важкого бетону?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8

Тема: ПІДБІР СКЛАДУ БЕТОНУ ЗА МЕТОДОМ Б.Г. СКРАМТАЄВА

Мета роботи: підібрати раціональний склад бетону проектної міцності.
Визначити витрату матеріалів на один заміс бетонозмішувача.

ТЕОРЕТИЧНА ДОВІДКА

В основу розрахунку складу бетону покладено принцип “абсолютних об’ємів”. Тобто сума абсолютних об’ємів компонентів суміші повинна становити 1 – тобто 1 м³, або іншу одиницю об’єму.

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{П}{\rho_{п}} + \frac{Щ(Г)}{\rho_{щ(г)}} + \frac{В}{\rho_{в}} = 1,$$

де **Ц, П, Щ, Г, В** – витрати компонентів, відповідно цементу, піску, щебеню, гравію, води в кг на 1 м³ суміші;

ρ – істинна густина кожного компонента.

Завдання розрахунку полягає у тому, щоб визначити кожне з чотирьох невідомих цього рівняння.

Проектування складу бетону виконується в такому порядку:

- 1) визначення вимог до бетону (його проектних властивостей), виходячи з характеристик споруди чи виробу, особливостей їх виготовлення або експлуатації;
- 2) вибір матеріалів для бетону, визначення їх властивостей;
- 3) попередній розрахунок складу бетону;
- 4) перевірка складу у пробних замісах;
- 5) коригування складу суміші у випадках, коли у пробному замісі виявлено відхилення від вимог.

Отже, перед приготуванням бетонної суміші слід провести підготовочну роботу, яка включає 2 основних етапи:

I – визначення **проектних** даних (з проектної документації або (рідше) візуального обстеження) бетону:

- міцність бетону, R_b , кгс/см², МПа;
- рухливість бетонної суміші, ОК, см;
- об’єм бетонозмішувача, V , л, м³.

II – визначення властивостей наявних матеріалів, які застосовуватимуться для приготування бетонної суміші:

- вид цементу: портландцемент;
- активність цементу, марка цементу, $R_{ц}$, кгс/см², МПа;
- насипна густина цементу, кг/м³, г/см³, $\rho_{н,ц}$;

- насипна густина сухого піску, кг/м^3 , г/см^3 , $\rho_{\text{п.п}}$;
- насипна густина сухого щебеню (гравію), кг/м^3 , г/см^3 , $\rho_{\text{п.щ(г)}}$;
- пустотність крупного заповнювача, $V_{\text{п.щ(г)}}$, %;
- найбільша крупність крупного заповнювача, мм;
- вологість заповнювачів, %;
- істинна густина щебеню, $\rho_{\text{щ}} = 2600 \text{ кг/м}^3$;
- істинна густина піску, $\rho_{\text{п}} = 2700 \text{ кг/м}^3$;
- істинна густина гравію, $\rho_{\text{г}} = 2650 \text{ кг/м}^3$;
- істинна густина цементу, $\rho_{\text{ц}} = 3100 \text{ кг/м}^3$.

ХІД РОБОТИ

1. Застосовуючи формулу Болемея-Скрамтаєва: $R_b = AR_{\text{ц}} \left(\frac{Ц}{B} - 0,5 \right)$,

визначають водоцементне співвідношення В/Ц: $\frac{B}{Ц} = \frac{AR_{\text{ц}}}{R_b + 0,5AR_{\text{ц}}}$

, де A – коефіцієнт якості заповнювачів, який становить 0,65 – для високоякісних заповнювачів, 0,60 – для рядових, 0,55 – для заповнювачів зниженої якості.

2. Враховуючи задану рухливість бетонної суміші та найбільшу крупність заповнювача, визначають витрату води на 1 м^3 суміші, при цьому користуються таблицею 8.1.
3. Виходячи з визначеного у п.1 водоцементного співвідношення та витрати води з п.2, визначають витрату цементу на 1 м^3 бетонної суміші, кг.

Таблиця 8.1

Осадка конуса, см	Витрата води, л/м ³ , при найбільшій крупності заповнювача							
	гравію				щебеню			
	10	20	40	70	10	20	40	70
1...2	185	170	155	140	195	180	165	155
3...4	195	180	165	155	205	190	175	170
5...6	200	185	170	165	210	195	180	175
7...8	205	190	175	170	215	200	185	180
9...10	210	200	185	175	225	210	195	185
11...12	215	205	190	180	225	215	200	190
13...16	220	210	197	185	230	220	207	195
17...20	227	218	203	192	237	228	213	202

4. Витрата щебеню чи гравію визначається з формули:

$$\Pi(\Gamma) = 1 / \left(\frac{V_{n.ц(\varepsilon)} \alpha}{\rho_{n.ц(\varepsilon)}} + \frac{1}{\rho_{ц(\varepsilon)}} \right), \text{ де } \alpha \text{ – коефіцієнт розсунення зерен}$$

заповнювача, визначається за таблицею 8.2, а проміжні значення – за інтерполяцією.

Таблиця 8.2

Витрата цементу, Ц, кг/м ³	Коефіцієнт розсунення зерен заповнювача α , при В / Ц				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	-	-	1,26	1,32	1,38
300	-	1,30	1,36	1,42	-
350	1,32	1,38	1,44	-	-
400	1,40	1,46	-	-	-
500	1,52	1,56	-	-	-

5. Витрата піску у сухому стані визначається з формули:

$$\Pi = \left(1 - \frac{Ц}{\rho_{ц}} - \frac{\Pi(\Gamma)}{\rho_{н.ц(\varepsilon)}} - \frac{В}{\rho_{г}} \right) \rho_{п.}$$

6. В результаті проведених розрахунків отримано орієнтовний номінальний склад (лабораторний склад) бетону об'ємом 1 м³. Склавши витрату всіх складових компонентів бетонної суміші, отримаємо значення середньої густини бетонної суміші.
7. Визначають коефіцієнт виходу бетонної суміші, користуючись формулою, вважаючи, що об'єм бетонної суміші становить 1 м³:

$$\beta = \frac{V_{б.с.}}{\frac{Ц}{\rho_{н.ц.}} + \frac{\Pi}{\rho_{н.п.}} + \frac{\Pi(\Gamma)}{\rho_{н.ц(\varepsilon)}}}$$

8. Для того, щоб пересвідчитись у відповідності властивостей бетонної суміші проектним, у лабораторних умовах готують пробний заміс. Тому витрати всіх компонентів, які необхідні для приготування 1 м³ бетонної суміші слід перерахувати на менший об'єм. Як варіант можна приготувати 50 л, 10 л тощо.

Всі матеріали зважують і з них готують бетонну суміш.

Рухливість суміші визначають за допомогою стандартного конуса.

Якщо ОК виявиться меншою від проектної, то збільшують витрату цементу і води у кількості до 10% за масою від вихідної кількості компонентів. Ці роботи називають коригуванням складу бетонної суміші.

Бетонну суміш з добавкою цементу і води додатково добре перемішують і знову перевіряють рухливість. Якщо ОК відповідає проектній, дослід закінчують, перерахувавши при цьому витрати води і цементу.

Визначають абсолютні об'єми усіх компонентів суміші:

цементу – $V_c = Ц_{пр.з.} / \rho_c$;

піску – $V_n = П_{пр.з.} / \rho_n$;

щебеню – $V_{щ} = Щ_{пр.з.} / \rho_{щ}$;

гравію – $V_g = Г_{пр.з.} / \rho_g$;

води – $V_v = В_{пр.з.} / \rho_v$.

Об'єм пробного замісу відкоригованої бетонної суміші:

$$V_{пр.з} = V_c + V_n + V_{щ(z)} + V_v.$$

9. Повертаємось від пробного замісу знову до об'єму 1 м³ суміші вже відкоригованої. Підрахунок виконують для кожного компонента:

$$Ц = (Ц_{пр.з.} / V_{пр.з.}) \cdot 1 \text{ м}^3;$$

$$П = (П_{пр.з.} / V_{пр.з.}) \cdot 1 \text{ м}^3;$$

$$Щ = (Щ_{пр.з.} / V_{пр.з.}) \cdot 1 \text{ м}^3;$$

$$Г = (Г_{пр.з.} / V_{пр.з.}) \cdot 1 \text{ м}^3;$$

$$В = (В_{пр.з.} / V_{пр.з.}) \cdot 1 \text{ м}^3.$$

10. Підсумувавши всі значення – витрати кожного компоненту на 1 м³ – отримаємо фактичну середню густину бетонної суміші і порівнюємо це значення з визначеним у п. 6.

11. Виробничий (польовий) склад бетону обчислюють, виходячи з вологості заповнювачів. У зв'язку з цим витрату піску та щебеню чи гравію слід збільшити, води ж, відповідно, зменшити на ту кількість води, яка є у вихідній сировині.

12. Записують співвідношення компонентів Ц : П : Щ. Для зручності слід розділити кожен з компонентів на витрату цементу, тоді отримують 1 : П/Ц : Щ/Ц при В/Ц = ...

13. Враховуючи коефіцієнт виходу бетонної суміші та об'єм бетонозмішувача обчислюють витрату компонентів на 1 заміс бетонозмішувача:

$$Ц_v = \beta \cdot V \cdot Ц / 1 \text{ м}^3, \text{ кг};$$

$$П_v = \beta \cdot V \cdot П / 1 \text{ м}^3, \text{ кг};$$

$$Щ_v = \beta \cdot V \cdot Щ / 1 \text{ м}^3, \text{ кг};$$

$$Г_v = \beta \cdot V \cdot Г / 1 \text{ м}^3, \text{ кг};$$

$$В_v = \beta \cdot V \cdot В / 1 \text{ м}^3, \text{ кг}.$$

14. З бетонної суміші пробних замісів виготовляють контрольні зразки – куби, які після зберігання у нормальних умовах випробовують у віці 28 діб на пресі.

15. Роблять висновки про відповідність міцності бетону проектній, про залежність міцності бетону від В/Ц, умов тужавлення тощо.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. У чому полягає принцип “абсолютних об'ємів”?
2. Пояснити ОК.

3. Пояснити термін “міжзерновий простір”.
4. Для чого застосовують коефіцієнт α ?
5. Для чого застосовують коефіцієнт β ? У яких межах цей коефіцієнт знаходиться? Які його оптимальні значення?
6. Що означає “польовий склад бетону”?
7. Як отримують виробничий склад бетонної суміші?
8. Як враховують у розрахунку складу бетону вологу, яка знаходиться у заповнювачах?

Тема: ПІДБІР СКЛАДУ БУДІВЕЛЬНОГО РОЗЧИНУ ТА ВИПРОБУВАННЯ РОЗЧИНОВОЇ СУМІШІ

Мета роботи: навчитися визначати витрату складових частин розчину заданої проектної марки і рухливості; ознайомитись з основними методами досліджень розчинової суміші, випробувати розчинову суміш.

Прилади і матеріали: чаша для приготування розчинової суміші, конус стандартний для визначення рухливості суміші, технічні терези з різноважками, вода, цемент, пісок, глиняне чи вапняне тісто, лінійка, металеві форми, прилад для визначення розшарування суміші.

ТЕОРЕТИЧНА ДОВІДКА

Будівельні розчини – штучний каменеподібний матеріал, отриманий в результаті твердіння раціонально підбраної суміші в'язучої речовини, дрібного заповнювача (піску), води, а часто і добавок – мінеральних, поверхнево активних, хімічних тощо. Розчини нагадують дрібнозернисті бетони. До затвердіння будівельний розчин називають розчиною сумішшю. Як в'язучу речовину застосовують цемент, вапно, гіпс, глину, суміші цих речовин. Розчини, виготовлені на одній в'язучій речовині називають простими, на декількох – складними або змішаними.

Дрібний заповнювач є визначальним для об'ємної маси розчину. Кварцові, польовошпатні піски використовують для приготування важких будівельних розчинів об'ємною масою 1500 кг/м^3 і вище; легкі розчини мають об'ємну масу до 1500 кг/м^3 .

За міцністю при стиску будівельні розчини поділяють на марки 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300.

Використовують будівельні розчини для мурування, монтажу конструкцій, штукатурки – внутрішньої та зовнішньої, заводського оздоблення лицьових поверхонь стінових панелей, блоків; гідроізоляції, влаштування підлог тощо.

Підбирають склад будівельного розчину для встановлення раціонального співвідношення між складовими частинами – цементом, чи

іншою в'язучою речовиною, водою, піском, добавками, що і дасть можливість отримати розчинову суміш з певними, наперед заданими властивостями.

Підраховують витрати складових частин за методом Н.А. Попова, виходячи з проектної марки розчину, активності цементу, рухливості розчинової суміші.

Склад розчину позначають відношенням між компонентами у сухому стані за масою чи об'ємом. Витрата в'язучого становить 1. Прості розчини містять цемент та пісок (наприклад, у співвідношенні 1 : 6), мішані включають цемент, вапно (глину), пісок (наприклад, 1 : 0,45 : 5).

Міцність мішаних розчинів залежить від добавок – вапна, глини, інших тонкомелених мінеральних речовин. Міцність характеризується маркою, що визначається границею міцності при стиску зразків розмірами 7,07 x 7,07 x 7,07 см при температурі 15 – 25°C. Зразки виготовляють на водовідштовхувальній основі. При температурі до 10°C міцність розчину наростає значно повільніше.

Основними властивостями розчинової суміші є рухливість, здатність до розшарування та об'ємна маса.

Рухливість розчинової суміші – це здатність легко розтікатися по поверхні каменю тонким шаром і заповнювати всі нерівності основи. Ступінь рухливості розчинової суміші визначається за допомогою спеціального приладу за глибиною занурення у розчинову суміш сталевого конуса.

Робоча рухливість розчинової суміші влітку чи зимою, залежно від призначення, приймається за таблицею 8.3. Для кладки з сухих та пористих кам'яних матеріалів застосовують розчини з більшою рухливістю, для мурувальних з вологих та щільних матеріалів – з меншою.

Об'ємна маса розчинової суміші визначається у стандартній посудині об'ємом 1 л з насадкою зважуванням на звичайних технічних терезах.

Здатність до розшарування розчинової суміші визначають у тих випадках, коли при транспортуванні чи зберіганні суміш розшарується, у зв'язку з чим порушується її однорідність.

Таблиця 8.3.

№	Характеристика кладки	Осадка конуса, мм
1	Звичайна кладка з суцільної цегли, бетонного каміння, природного каміння легких порід	9...13
2	Звичайна кладка з порожнистої цегли, керамічного каміння	7...8
3	Бутова кладка	4...6
4	Заливка порожнин при бутовій кладці	13...15
5	Вібрована бутова кладка	1...3

У лабораторії здатність до розшарування суміші визначають за допомогою спеціального приладу циліндричної форми з дном. Цей прилад складається з трьох частин, дві верхні мають змогу пересуватися по платформах, а нижня нерухома. Прилад заповнюють сумішшю в рівень з краями, закривають кришкою і встановлюють на віброплощадку. Після 30 секундної вібрації розчинову суміш викладають в окремі посудини та визначають рухливість викладеної суміші та об'єм зануреної частини конуса. Здатність до розшарування визначають за різницею об'ємів занурення конуса у розчинову суміш верхньої частини та нижньої частини циліндра. Це значення не повинне перевищувати 30 см³.

ХІД РОБОТИ

1. Розрахунок складу простого будівельного цементного розчину

Вихідні дані для розрахунку:

- призначення розчину: мурувальний;
- склад розчину: цемент, пісок, вода;
- марка розчину, кгс/см², R_p;
- рухливість розчинової суміші, см;
- вид цементу: портландцемент;
- насипна густина цементу, кг/м³, ρ_{н.п.};
- активність цементу, марка цементу, кгс/см²;
- модуль крупності піску M_к;
- коефіцієнт зернового складу піску, κ;
- насипна густина піску, кг/м³, ρ_{н.п.}.

Підбір складу розчину.

Визначення витрати цементу на 1 м³ піску з формули міцності

$$R_{28} = \kappa R_{\text{ц}} (\text{Ц} - 0,05) + 4, \text{ звідки } \text{Ц} = \frac{R_p - 4}{\kappa \cdot R_{\text{ц}}} + 0,05,$$

де R_p (R₂₈) – марка розчину, кгс/см²; R_п – активність цементу, кгс/см²; κ – коефіцієнт зернового складу піску: для дрібного піску κ = 1,4; для середнього κ = 1,8; для крупного κ = 2,2.

Визначення витрати піску за масою: П = ρ_{н.п.} · 1 м³.

Використовуючи початкове значення водоцементного співвідношення В/Ц = 0,65, визначають витрату води: В = 0,65 Ц.

Для визначення відповідності проектної рухливості розчинової суміші отриманій, готують пробний заміс у кількості 5 л.

Визначення кількості матеріалів на пробний заміс виконуємо в табличній формі (таблиця 8.4.)

Таблиця 8.4.

Матеріали на будівельний розчин	Розрахункова кількість	Витрати на пробний заміс, кг	Коригування			Остаточна кількість, кг
			1	2	3	
Цемент						
Пісок						
Вода						

Загальна маса –

Рухливість розчинової суміші –

Приготування пробного замісу за проведеним розрахунком. У чаші перемішують протягом 30 с сухі компоненти, а потім з водою ще 5 хв.

Визначення рухливості розчинової суміші. Розчинові суміш вкладають у посудину, ущільнюють, встановлюють на столик приладу і опускають конус до зіткнення вістря з поверхнею суміші. Виставляють “0” на циферблаті приладу, відпускають конус для занурення у суміш, визначають глибину занурення конуса з точністю до 2мм.

Якщо фактичне занурення конуса відрізняється від заданого, то проводять корегування суміші; тобто, якщо занурення конуса більше від заданого, то до пробного замісу додають пісок у кількості 5 – 10%, якщо ж занурення конуса менше, ніж проектне, то до розчинової суміші додають цемент і воду у кількості 5 – 10% від витрати їх на пробний заміс

Після корегування складу розчину, його знову перемішують протягом 5 хв. Знову визначають рухливість. Корегують до тих пір, поки рухливість не відповідатиме заданій.

Визначення фактичної витрати матеріалів на 1 м³ розчину.

Приготовану розчинову суміш викладають у посудину певного об’єму та відомої маси. Визначають масу суміші та її середню густину: $\rho_{p.c.} = m / V$; об’єм пробного замісу $V_{пр.з.} = \sum m / \rho_{p.c.}$

Визначають фактичні витрати компонентів на 1 м³ суміші:

витрата цементу $C_{факт.} = 1 \text{ м}^3 \cdot C_{пр.з.} / V_{пр.з.}$;

витрата піску $P_{факт.} = 1 \text{ м}^3 \cdot P_{пр.з.} / V_{пр.з.}$;

витрата води $V_{факт.} = 1 \text{ м}^3 \cdot V_{пр.з.} / V_{пр.з.}$.

Дані записують у таблицю 8.5:

Таблиця 8.5.

Посудина		Маса посудини з сумішшю, кг	Маса розчинової суміші, кг	Середня густина розчинової суміші, кг/м ³
маса, кг	об’єм, м ³			

Записують співвідношення компонентів розчину: Ц : П, при В / Ц =...

Зробити висновки.

2. Розрахунок складу складного (мішаного) будівельного розчину

Вихідні дані для проектування розчину:

- марка розчину, кгс/см², R_p ;
- рухливість розчинової суміші, см;
- активність цементу, марка цементу, кгс/см², $R_{ц}$;
- насипна густина цементу, кг/м³, $\rho_{н.ц}$;
- вид мінеральної добавки – ... ;
- насипна густина добавки, кг/м³, $\rho_{д}$.

Визначення витрати цементу в тонах на 1 м³ піску, необхідної для отримання розчину заданої марки:

$$R_{28} = \kappa R_{ц} (\mathcal{C} - 0,05) + 4, \text{ звідки } \mathcal{C} = \frac{R_p - 4}{\kappa \cdot R_{ц}} + 0,05,$$

де \mathcal{C} – витрата цементу, т; R_p (R_{28}) – границя міцності розчину при стиску, кгс/см²; $R_{ц}$ – активність цементу, кгс/см²; κ – коефіцієнт зернового складу піску: для дрібного піску $\kappa = 1,4$; для середнього $\kappa = 1,8$; для крупного $\kappa = 2,2$.

Визначення витрати цементу за об'ємом: $V_{ц} = \mathcal{C} / \rho_{н.ц}$.

Визначення витрати добавки на 1 м³ піску: $V_{д} = 0,17(1 - 0,002\mathcal{C})$, м³.

Визначають витрату добавки за масою: $D = V_{д} \cdot \rho_{д}$, кг.

Записують співвідношення складу розчину за об'ємом $V_{ц} : V_{д} : V_{п}$; $V_{п} = 1 \text{ м}^3$.

Кожен з компонентів ділять на витрату цементу: $\frac{V_{ц}}{V_{ц}} : \frac{V_{д}}{V_{ц}} : \frac{V_{п}}{V_{ц}}$ і отримують

$$1 : \frac{V_{д}}{V_{ц}} : \frac{1}{V_{ц}}.$$

Орієнтовна витрата води на 1 м³ піску для отримання розчинової суміші заданої рухливості визначається за формулою: $B = 0,65 (\mathcal{C} + D)$, де \mathcal{C} і D – витрати цементу і добавки за масою на 1 м³ піску. Знайдену за розрахунками витрату води уточнюють дослідним шляхом при приготуванні пробного замісу, об'ємом 5 л.

Відважують компоненти суміші для приготування пробного замісу 5 л, згідно проведеного розрахунку.

Перемішують пісок та цемент протягом 5 хв. Вводять вапняне чи глиняне тісто, перемішують. Додають воду і остаточно перемішують протягом 5 хв. Зануренням конуса визначають рухливість суміші.

Якщо фактична рухливість суміші відрізняється від проектної, то склад розчину корегують. При зануренні конуса на більшу глибину, ніж задана, додають пісок у кількості 5 – 10% його витрати на пробний заміс. Якщо ж занурення конуса виявилось меншим за задане, то додають воду і цемент у

кількості 5 – 10% від їх витрат на пробний заміс. Перемішують суміш протягом 5 хв. І знову визначають рухливість розчинової суміші.

Визначення фактичної витрати матеріалів на 1 м³ розчину.

Приготовану розчинову суміш викладають у посудину певного об'єму та відомої маси. Визначають масу суміші та її середню густину: $\rho_{p.c.} = m / V$; об'єм пробного замісу $V_{пр.з.} = \Sigma m / \rho_{p.c.}$

Визначають фактичні витрати компонентів на 1 м³ суміші:

витрата цементу $\Pi_{факт.} = 1 \text{ м}^3 \cdot \Pi_{пр.з.} / V_{пр.з.}$;

витрата добавки (вапняного чи глиняного тіста) $D_{факт.} = 1 \text{ м}^3 \cdot D_{пр.з.} / V_{пр.з.}$;

витрата піску $P_{факт.} = 1 \text{ м}^3 \cdot P_{пр.з.} / V_{пр.з.}$;

витрата води $V_{факт.} = 1 \text{ м}^3 \cdot V_{пр.з.} / V_{пр.з.}$.

Дані записують у таблицю 8.6:

Таблиця 8.6

Посудина		Маса посудини з сумішшю, кг	Маса розчинової суміші, кг	Середня густина розчинової суміші, кг/м ³
маса, кг	об'єм, м ³			

Записують співвідношення компонентів розчину: Ц : Д : П, при $V / \Pi = \dots$

Зробити висновки.

3. Визначення рухливості розчинової суміші

- 3.1. Приготувати розчинову суміш заданого складу.
- 3.2. Посудину заповнюють сумішшю приблизно на 1 см нижче від країв.
- 3.3. Ущільнюють суміш штикуванням (25 разів металевим стержнем), струшують (5 – 6 разів постукування посудини по столу).
- 3.4. Вістря конуса встановлюють над сумішшю і фіксують у положенні дотику до поверхні.
- 3.5. Надають вільного руху конусові вниз і спостерігають за його зануренням у суміш.
- 3.6. Через 10 с за шкалою відлічують глибину занурення з точністю до 2 мм.
- 3.7. Рухливість розчинової суміші визначається з трьох випробувань як середнє значення.
- 3.8. Зробити висновки.

4. Визначення об'ємної маси розчинової суміші

- 4.1. Визначити масу та об'єм посудини.
- 4.2. Заповнити посудину розчинової сумішшю.

4.3. Зважуванням визначити масу посудини з розчинової сумішшю з точністю до 5 г.

4.4. Обчислити об'ємну масу розчинової суміші з даних випробувань. 4.5. Дані вносити до таблиці 8.7

Таблиця 8.7.

№	Об'єм посудини	Маса посудини	Маса посудини з розчиновою сумішшю	Об'ємна маса суміші
1				
2				
3				

5. Загальні висновки

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що називають будівельним розчином?
2. Що називають розчиновою сумішшю?
3. Які основні властивості будівельного розчину?
4. Які розчини називають простими, а які мішаними?
5. Які основні властивості розчинової суміші?
6. Як записати склад простого розчину?
7. Як записати склад складного (мішаного) розчину?
8. Що називають рухливістю суміші?
9. Як визначити об'ємну масу розчинової суміші?
10. Коли розчинова суміш здатна розшаруватися?
11. Як уникнути розшарування суміші?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 9

Тема: **ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕРЕВИНИ**

Мета роботи: ознайомитися з фізичними та механічними властивостями деревини. Визначити густину деревини, міцність при стисканні вздовж та впоперек волокон, при вигині.

Прилади і матеріали: зразки деревини, прес, вода, технічні терези з різноважками, штангенциркуль.

ТЕОРЕТИЧНА ДОВІДКА

Фізичні властивості

Вологість – гігроскопічна (у стінках клітини), капілярна (у міжклітинному просторі). При висиханні спочатку випаровується капілярна, а потім гігроскопічна волога.

За вмістом води деревина буває:

- мокра $W = 100\%$ і вище;
- свіжо зрубана $W = 35 - 100\%$;
- повітряно суха $W = 15 - 20\%$;
- кімнатно суха $W = 8 - 13\%$;
- абсолютно суха $W = 0\%$, маса постійна;
- нормальна $W = 12\%$ - стандартна вологість деревини.

Рівноважна вологість – вологість, якої набуває деревина, внаслідок тривалого перебування на повітрі зі сталими температурою і вологістю.

Точка насичення волокон – стан, коли вологість деревини відповідає граничній кількості гігроскопічної води (23 – 31%). До точки насичення волокон лінійні розміри залишаються сталими. Зі зміною вологості деревини відбуваються процеси усування, розбухання, короблення.

Усування – зменшення лінійних розмірів та об'єму деревини при видаленні з неї гігроскопічної води. Усування щільних (важких) порід більше, ніж м'яких порід. Воно поділяється на:

- лінійне, яке визначають впоперек волокон у тангентальному і радіальному напрямках, вздовж волокон усування незначне;
- об'ємне усування становить близько 12 – 15% і визначається за формулою:

$$U_v = \frac{av - a_0v_0}{av} 100\%,$$

де a, v – розміри поперечного перерізу при певній вологості;

a_0, v_0 – розміри перерізу в абсолютно сухому стані.

Розбухання – збільшення розмірів та об'єму сухої деревини чи виробів з неї при зволоженні до досягнення границі гігроскопічної води – точки насичення волокон (стілки деревних клітин потовщуються, розбухають).

Короблення – процес, що виникає внаслідок неоднакового усування у різних напрямках. Усування деревини у тангентальному напрямку більше, ніж у радіальному. Щоб запобігти коробленню і розтріскуванню дерев'яних виробів, слід використовувати дерево такої вологості, яка відповідала б умовам експлуатації.

Теплопровідність залежить від породи, напрямку волокон, вологості. Наприклад, сосна при вологості 15% має коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,17$ Вт/мК впоперек волокон; $\lambda = 0,35$ Вт/мК вздовж волокон; дуб при вологості 15% - $\lambda = 0,45$ Вт/мК вздовж волокон; $\lambda = 0,22$ впоперек волокон. При підвищенні вологості теплопровідність зростає.

Механічні властивості

Міцність – здатність чинити опір зовнішнім впливам. Залежить від породи деревини, наявності вад, вологості, місця визначення по стовбуру. Міцність при стиску визначається на призмах розмірами 20 x 20 x 30 мм при вологості 12% і 15%. Міцність деревини вздовж волокон у 4 – 6 разів вища за міцність упоперек волокон. При підвищення вологості від 0 до 30% міцність деревини знижується, але подальше підвищення вологості на міцність не впливає.

Границю міцності перераховують на вологість 12% за формулою:

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

де R_{12} – границя міцності при 12% вологості;

R_w - границя міцності при певній вологості W ;

α - поправний коефіцієнт на вологість, становить 0,05 для берези, сосни, кедра, модрина; і $\alpha = 0,04$ для дуба, ялини, ялиці і решти листяних порід.

Міцність при розтягу вздовж волокон у 20 – 30 разів вища, ніж впоперек волокон, у 2 – 3 рази вища, ніж міцність при стиску. Ці показники близькі до цих же характеристик сталі, склопластиків, але вади деревини (сучки, тріщини) не дають можливості реалізувати цю властивість і знижують міцність. Для хвойних порід міцність мало залежить від вологості. Міцність при розтягу листяних порід знижується з ростом вологості.

Міцність при вигині більша від границі міцності при стиску вздовж волокон і нижча від границі міцності при розтягу і становить близько 50 – 100 МПа, тому дерево застосовують для виготовлення згинальних елементів (балок, крокв, брусів тощо).

Міцність при сколюванні вздовж волокон 3 – 13 МПа, впоперек волокон у 3 – 4 рази менше.

Твердість (статична) відповідає навантаженню, яке потрібне для втискання у поверхню зразка половини стандартної металевої кульки на глибину 5,64 мм (площа відбитка становитиме 1 см²). На торці твердість завжди більша, ніж у радіальному чи тангентальному напрямку. За твердістю деревина поділяється на 3 групи:

- м'яка – торцева твердість 35 – 50 МПа (сосна, ялина, ялиця, вільха);
- тверда – торцева твердість 50 – 100 МПа (дуб, граб, клен, ясен, каштан, береза);
- дуже тверда – торцева твердість понад 100 МПа (самшит, кизил).

Зі зростанням твердості у деревини наростає зносостійкість, але утруднюється обробка.

ХІД РОБОТИ

1. Визначення густини деревини

3. Визначення опору деревини стисканню впоперек волокон

Зразки деревини (призми розмірами 20 x 20 x 30 мм) виміряти перед проведенням випробувань з точністю до 0,1 мм.

Визначити вологість деревини.

Визначити площу поперечного перерізу.

Випробовувати зразки на пресі. Зразок помістити в машину так, щоб навантаження було прикладене до тангентальної площини при радіальному стиску. Навантажувати рівномірно зі швидкістю 1000 ± 200 Н/хв. Одночасно має працювати і пристрій запису навантаження у масштабі до 50 Н/мм і деформації зразка у масштабі до 0,001 мм/мм. Дані записати до таблиці 8.3.

Визначити границю міцності при стисканні зразків з точністю до 0,5 МПа.

Виконати перерахунок міцності на вологість 12%. Дані записати до таблиці 9.3.

Зробити висновки.

Таблиця 9.3

№	Порода деревини	Вологість, %	Поперечний переріз			Руйнівне навантаження		Границя міцності при стиску		
			a, см	b, см	A, см ²	кгс	Н	R _w		R ₁₂
								кгс/см ²	МПа	МПа
1										
2										
3										

4. Визначення границі міцності деревини при вигині

Підготувати зразки у вигляді балок завдовжки 300 мм, поперечним перерізом 20 x 20 мм.

Зразки виміряти перед випробуваннями з точністю до 0,1 мм.

Визначити вологість деревини.

Визначити площу поперечного перерізу.

Випробовувати зразки на пресі. Зразок помістити в машину так, щоб навантаження було прикладене у двох точках на третині відстані між опорами, або навантажити в одній точці посередині між опорами.

Навантажувати рівномірно зі швидкістю 1000 ± 200 Н/хв. Одночасно має працювати і пристрій запису навантаження у масштабі до 50 Н/мм і деформації зразка у масштабі до 0,001 мм/мм. Дані записати до таблиці 9.4.

Визначити границю міцності при вигині зразків, точність 1 МПа.

Виконати перерахунок міцності на вологість 12%. Дані записати до таблиці 9.4.

Зробити висновки.

Таблиця 9.4.

№	Порода деревини	Вологість, %	Поперечний переріз			Руйнівне навантаження		Границя міцності при стиску		
			а, см	в, см	А, см ²	кгс	Н	R _w		R ₁₂
								кгс/см ²	МПа	МПа
1										
2										
3										

5. Загальний висновок :

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які переваги та недоліки деревини як будівельного матеріалу вам відомі?
2. Як вологість матеріалу впливає на його міцність?
3. Які зразки деревини застосовують для визначення границі міцності при стисканні та вигині?
4. Якими приладами користуються при випробуваннях деревини?
5. Як визначити вологість деревини?
6. Як перейти від міцності при певній вологості до вологості 12%?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 10

Тема: **ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ НА РОЗТЯГ**

Мета роботи: навчитися визначати механічні властивості арматурної сталі при її розтягуванні.

Прилади і матеріали: розривна машина, зразки арматурної сталі, штангенциркуль.

ТЕОРЕТИЧНА ДОВІДКА

Для армування залізобетонних конструкцій сталь застосовують у вигляді стержнів, дроту, зварних сіток, каркасів. Арматурна сталь може бути гарячекатаною (стержньова) та холодно тягнутою (дротова). За формою профілю сталь буває гладкою або періодичного профілю. Залежно від механічних властивостей стержньову арматуру поділяють на класи: А-I, А-II, А-III, А-IV тощо.

При випробуванні на розтяг відібрані зразки арматурної сталі піддають дії осьової розтягуючої сили на розривній машині до розриву зразка. При цьому автоматично записується діаграма, що показує залежність між деформацією зразка та навантаженнями, що діють на нього.

Арматурна сталь має такі основні показники: межу текучості, тимчасовий опір та відносне видовження після розриву.

Межею текучості (фізичною) називають найменше напруження, при якому зразок деформується без помітного збільшення навантаження.

Відносним видовженням називають відношення збільшення розрахункової довжини зразка після розриву до початкової довжини.

ХІД РОБОТИ

1. Визначення межі текучості

Підготувати зразки арматури до випробування.

Виміряти зразки (встановити початкову довжину зразка арматурного стержня і його діаметр) з точністю 0,5 мм, дані записати в табл. 10.1.

Таблиця 10.1.

Вид зразка	Діаметр зразка, мм	Площа поперечного перерізу зразка, мм ²	Навантаження, Н		Межа текучості, Па	Тимчасовий опір розриву, Па
			відповідне межі текучості	максимальне перед руйнуванням зразка		

Рисками відзначити початкову довжину зразка.

Визначити початкову площу поперечного перерізу стержня.

При випробуванні зразок арматурної сталі закріплюють у затискачах машини і після вмикання двигуна слідкують за показаннями стрілки силовимірювача.

Як тільки метал досягне межі текучості (при цьому деформація відбувається без збільшення навантаження), стрілка приладу зупиняється, а потім знову починає рухатися. Величину навантаження в момент зупинки стрілки фіксують і приймають за навантаження, що відповідає межі текучості (фізичній), яку обчислюють з точністю до 0,5 Па. Результати записують у табл. 9.1.

2. Визначення тимчасового опору

Після фіксування навантаження, що відповідає межі текучості (фізичній), випробуваний зразок продовжують піддавати дії розтягуючої сили до моменту його руйнування.

У момент руйнування зразка визначають за шкалою силівимірювача величину максимального руйнівного навантаження, яке беруть за відповідне тимчасовому опору.

Тимчасовий опір визначають з точністю до 0,5 Па.

Результати записують у табл. 9.1.

Роблять висновки до проведеного досліду

3. Визначення відносного видовження

Підготувати арматурні зразки з робочою довжиною, яка повинна становити для стержнів діаметром не менше 10 мм – 50 мм, а для зразків діаметром до 10 мм – 100 мм.

Зразок дещо більшої довжини, ніж робоча, поділити на рівні частини за допомогою рисок, які наносять керном, ділильною машиною або скобами. Відстань між рисками має бути кратна 10 мм.

Провести випробування як у попередньому досліді.

Після розриву зразка одержані частини ретельно складають разом так, щоб осі їх утворили одну пряму лінію. Якщо між складеними кінцями є зазор, що утворився внаслідок викривування металу при випробуванні або з інших причин, то його включають в довжину розрахункової (остаточної, кінцевої) частини зразка після розриву.

Визначити кінцеву довжину зразка після розриву.

Визначити відносне видовження зразка.

Результати записати в таблицю 10.2

Таблиця 10.2.

№ п/п	Початкова розрахункова довжина зразка, мм	Кінцева розрахункова довжина зразка після розриву, мм	Відносне видовження, %

4. Зробити висновки.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Де застосовуються метали у будівництві?
2. Якими властивостями характеризуються метали?
3. Які властивості металів визначають у лабораторіях?
4. Що називають фізичною межею текучості?
5. Як визначають відносне видовження металевого зразка?
6. Як визначити тимчасовий опір арматури?

ЛІТЕРАТУРА:

1. Архітектурне матеріалознавство: підручник. Дворкін Л.Й. – Рівне., 2022. – 560 с.
2. Матеріалознавство для архітекторів та дизайнерів. Навчальний посібник Пушкарьова К.К., Кочевих М.О. – Ліра К, 2022.- 424 с.,
3. Архітектурне матеріалознавство: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Архітектура та містобудування» галузь знань 6 Інженерія, виробництво та будівництво, спец. G17 Архітектура та містобудування денної форми навч./ уклад. І.В. Задорожнікова. – Луцьк : ЛНТУ, 2025. – 144 с.
4. Будівельні розчини. Навчальний посібник. Дворкін Л.Й. – Київ.: Каравела, 2021. – 222 с.
5. Архітектурне матеріалознавство: метод. вказівки до самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Архітектура та містобудування» галузь знань 6 Інженерія, виробництво та будівництво, спец. G17 Архітектура та містобудування денної форми навч. / уклад. І.В. Задорожнікова. – Луцьк : Луцький НТУ, 2025. – 28 с.
6. ДСТУ Б В.2.7-82:2010 Будівельні матеріали. В'язучі гіпсові. Технічні умови
7. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Цементи загальнобудівельного призначення
8. ДСТУ Б EN 196-7:2010 Методи випробування цементу. Частина 7. Методи відбору та підготовки проб цементу (EN 196-7:2007, IDT)
9. ДСТУ Б В.2.7-74-98. Крупні заповнювачі природні, з відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Класифікація
10. ДСТУ Б В.2.7-29-96 Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація
11. ДСТУ Б В.2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ). Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові та лицьові. Технічні умови
12. Будівельне матеріалознавство: електронний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 Архітектура та будівництво спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія денної та заочної форм навчання / уклад. І.В. Задорожнікова., О.А. Ужегова, О.С. Чапюк – Луцьк: Луцький НТУ, 2023

ЗМІСТ

Вступ

Лабораторне заняття 1. Вивчення основних фізичних властивостей будівельних матеріалів	4
Лабораторне заняття 2. Визначення основних фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів	7
Лабораторне заняття 3. Природні кам'яні матеріали.	11
Лабораторна заняття 4. Випробування керамічної цегли.	15
Лабораторне заняття 5. Повітряні в'язучі. Випробування будівельного гіпсу	18
Лабораторне заняття 6. Гідравлічні в'язучі речовини. Випробування цементу	22
Лабораторне заняття 7. Випробування заповнювачів для звичайного бетону	25
Лабораторне заняття 8. Підбір складу бетону за методом Б.Г.Скрамтаєва	32
Лабораторне заняття 9. Фізико-механічні властивості деревини	42
Лабораторне заняття 10. Випробування матеріалів на розтяг	47
Література	49

Б 90

Архітектурне матеріалознавство: методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Архітектура та містобудування» галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G17 Архітектура та містобудування денної форми навчання /, І.В. Задорожнікова, – Луцьк: ЛНТУ, 2025. – 54 с.

Комп'ютерний набір: І. ЗАДОРОЖНІКОВА

Редактор: О. УЖЕГОВА

**Підп. до друку «_»_____ 2025 р. Формат 60x84/16. Папір офс.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 9,5.
Тираж прим.**

**Луцький національний технічний університет
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75**

НОТАТКИ