

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

# **БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

Методичні рекомендації  
до виконання лабораторних робіт  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
спеціальностей G19 «Будівництво та цивільна інженерія», D1 «Облік і  
оподаткування», C1 «Економіка», D3 «Менеджмент», G1 «Хімічні  
технології та інженерія», D7 «Торгівля»  
денної та заочної форм навчання

Київ 2025

УДК 693.552  
Б90

Укладачі: К.К. Пушкарьова, д-р техн. наук, професор (л.р. 1, 7);  
М.О. Кочевих, канд. техн. наук, доцент (л.р. 3, 4, 9);  
О.А. Гончар, канд. техн. наук, доцент (л.р. 2, 8, 10));  
О.П. Бондаренко, канд. техн. наук, доцент (л.р. 5, 6, 13);  
Д.В. Анопко, канд. техн. наук, доцент (л.р. 12, 15);  
О.Ю. Цапко, д-р філософії, ст.н.д. (л.р. 13, 16);  
К.О. Каверин, канд. техн. наук, доцент (л.р. 11, 14)

Рецензент Майстренко А.А., канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск К.К. Пушкарьова, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри будівельних матеріалів,  
протокол №8 від 27 травня 2025 року.*

В авторській редакції.

**Будівельне** матеріалознавство. Будівельні матеріали.  
Б90 Матеріалознавство : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / уклад. : К.К. Пушкарьова, М.О. Кочевих, О.А. Гончар та ін. – Київ : КНУБА, 2025. – 192 с.

Наведено методики виконання лабораторних робіт з метою ознайомлення студентів з основними методами визначення властивостей та оцінки якості будівельних матеріалів та виробів з урахуванням сучасної нормативно-технічної документації.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальностями G19 «Будівництво та цивільна інженерія», D1 «Облік і оподаткування», С1 «Економіка», D3 «Менеджмент», G1 «Хімічні технології та інженерія», D7 «Торівля» денної та заочної форм навчання.

## ЗМІСТ

<b>ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ</b> .....	4
Лабораторна робота № 1. Визначення основних властивостей будівельних матеріалів та виробів.....	5
Лабораторна робота № 2. Природні кам'яні матеріали.....	21
Лабораторна робота № 3. Керамічні будівельні матеріали та вироби.....	28
Лабораторна робота № 4. Матеріали та вироби з мінеральних розплавів.....	40
Лабораторна робота № 5. Випробування гіпсових в'язучих речовин.....	50
Лабораторна робота № 6. Випробування портландцементу.....	64
Лабораторна робота № 7. Випробування щільних заповнювачів для важкого бетону.....	81
Лабораторна робота № 8. Випробування будівельних розчинів та сухих будівельних сумішей.....	93
Лабораторна робота № 9. Бетони загальнобудівельного та спеціального призначення.....	109
Лабораторна робота № 10. Визначення властивостей легких бетонів.....	120
Лабораторна робота № 11. Випробування нафтового бітуму.....	127
Лабораторна робота № 12. Полімерні матеріали і вироби.....	134
Лабораторна робота № 13. Матеріали та вироби на основі деревини та продуктів її переробки.....	141
Лабораторна робота № 14. Покрівельні матеріали.....	148
Лабораторна робота № 15. Гідроізоляційні матеріали.....	152
Лабораторна робота № 16. Теплоізоляційні матеріали.....	159
<b>РЕКОМЕНДОВАНА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА ЛІТЕРАТУРА</b> .....	166
<b>Додатки до лабораторної роботи № 1</b> .....	167
<b>Додаток до лабораторної роботи № 3</b> .....	168
<b>Додатки до лабораторної роботи № 4</b> .....	172
<b>Додаток до лабораторної роботи № 5</b> .....	175
<b>Додатки до лабораторної роботи № 8</b> .....	179
<b>Додаток до лабораторної роботи № 9</b> .....	181
<b>Додатки до лабораторної роботи № 11</b> .....	185
<b>Додаток до лабораторної роботи № 12</b> .....	188
<b>Додаток до лабораторної роботи № 13</b> .....	189
<b>Додаток до лабораторної роботи № 14</b> .....	191

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт складено відповідно до навчальних планів і робочих програм з дисциплін «Будівельні матеріали», «Будівельне матеріалознавство» та «Матеріалознавство».

Дисципліни передбачають поглиблене вивчення широкої номенклатури будівельних матеріалів та виробів, а також ознайомлення з процесами їх отримання та особливостями використання і експлуатації як у звичайних, так і в екстремальних умовах. Майбутній спеціаліст повинен уміти визначати основні властивості будівельних матеріалів за допомогою сучасних методів випробувань, встановлювати залежність властивостей матеріалів від їх складу та структури, технології їх виготовлення, а також знати особливості використання будівельних матеріалів зі спеціальними властивостями (конструкційними, оздоблювальними, теплоізоляційними, гідроізоляційними, покрівельними, акустичними) в спорудах різного призначення.

**Метою** лабораторних робіт є ознайомлення студентів з основними видами будівельних матеріалів та виробів, методами визначення їхніх властивостей і видами обладнання, що для цього використовується.

Кількість, а також перелік конкретних лабораторних робіт залежать від напряму підготовки фахівця та визначаються відповідною робочою програмою дисципліни в межах часу, відведеного для даного виду занять.

Методичні вказівки мають єдину схему побудови, яка складається з коротких відомостей, мети, нормативного забезпечення, переліку матеріалів та засобів випробування, а також методики виконання роботи та висновків.

Лабораторні роботи студенти виконують після опрацювання відповідних нормативних документів (ДСТУ, ДБН, EN, ДСТУ EN), теоретичних питань за підручником, конспектом лекцій. Перед виконанням роботи вони повинні ознайомитись з порядком її проведення, приладами та інструментами, необхідними для випробувань, підготувати лабораторний журнал для оформлення одержаних результатів. Під час проведення роботи студент повинен занести отримані результати до лабораторного журналу і зробити відповідні висновки.

Виконання студентом кожної лабораторної роботи має бути оцінено викладачем, а одержані оцінки враховуються під час визначення рівня знань студента з дисципліни.

## Лабораторна робота № 1

### ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ

**Метою роботи** є ознайомлення студентів з основними властивостями будівельних матеріалів і набуття практичних навичок їх визначення.

#### **Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ Б А. 1.1-5-94. Загальні фізико-технічні характеристики і експлуатаційні властивості будівельних матеріалів.
2. ДСТУ Б В.2.7-42-97. Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів.
3. ДСТУ Б В.2.7-187:2009. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск.
4. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю.
5. ДСТУ Б В.2.7-226:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності.
6. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.
7. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація.

#### **Короткі відомості**

Властивості матеріалу – це набір показників, які відображають взаємодію матеріалу з оточуючим середовищем. Властивості будівельних матеріалів визначають за результатами їх випробувань, користуючись відповідними стандартами або спеціальними методиками. Порівнюючи при цьому показники (числові або інші) з відповідними показниками, наведеними у нормативних документах (стандартах, технічних умовах), роблять висновок про якість такого матеріалу.

Отримані показники зазвичай приводять **в одиницях вимірювання системи SI. Міжнародна система одиниць (SI)** (аббревіатура з фр. *Système International d'Unités*) – система одиниць фізичних величин, сучасний варіант метричної системи. Міжнародна система одиниць базується на Міжнародній системі величин, разом із найменуваннями та позначеннями, а також набором префіксів та їх найменуваннями (див. дод. 1.1) й позначеннями разом із правилами їх застосування, прийнятими Генеральною конференцією мір і ваг. В основі системи *SI* лежать незалежні одна від одної **основні одиниці**, а інші, **похідні одиниці**, встановлюються за допомогою основних та визначальних формул, що відображають функціональні зв'язки між фізичними величинами. У наш час у Міжнародній системі величин (*ISQ*) визначено сім основних фізичних величин (довжина, маса, час, електричний струм, температура, кількість речовини та сила світла), які, за домовленістю, вважаються незалежними.

Відповідними до цього *основними одиницями вимірювання в системі SI* є одиниці вимірювання основних величин: метр, кілограм, секунда, ампер, кельвін, моль та кандела.

За сукупністю ознак властивості будівельних матеріалів поділяють на фізичні, механічні, експлуатаційні (спеціальні) та технологічні.

**Фізичні властивості** характеризують особливості фізичного стану матеріалу, а також його здатність реагувати на зовнішні фактори, що не впливають на хімічний склад матеріалу. До фізичних властивостей матеріалів належать: істинна та середня густина, щільність, пористість, пустотність, вологість, водопоглинання, теплопровідність.

**Істинна густина ( $\rho$ )** – це маса одиниці об'єму матеріалу в «абсолютно» щільному стані (без пор, пустот), найчастіше її визначають у  $\text{г/см}^3$ . Майже всі будівельні матеріали мають пористу будову, за винятком скла, кварцу, ситалу, сталі та деяких інших, які можна вважати «абсолютно» щільними. Для більшості неорганічних природних і штучних будівельних матеріалів істинна густина становить  $2,4 \dots 3,3 \text{ г/см}^3$ , за винятком металів (наприклад, для сталі  $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$ ), а для органічних матеріалів –  $0,8 \dots 1,6 \text{ г/см}^3$ .

**Середня густина ( $\rho_m$ )** – це маса одиниці об'єму матеріалу в природному стані (разом з порами і пустотами). Як правило, зразки досліджуваних матеріалів попередньо висушують до сталої маси. У разі потреби середню густину визначають для матеріалів, що перебувають у будь-якому стані: зволоженому, повітряно-сухому або сухому (тобто висушеному до сталої маси).

Середня густина має велике практичне значення для виконання різних розрахунків (обсягів транспортування, складування матеріалів, міцності конструкцій). Вона тісно пов'язана з іншими властивостями будівельних матеріалів (пористістю, міцністю, теплопровідністю, водонепроникністю), що дає змогу, орієнтуючись на цей показник, визначати доцільні галузі їхнього використання у будівництві.

Середню густину сипких матеріалів (цементу, вапна, піску, щебеню, гравію тощо) називають насипною густиною.

**Насипна густина ( $\rho_n$ )** – це відношення маси сипкого матеріалу до його об'єму, включаючи простір між частинками.

У ряді випадків використовують поняття **відносної густини  $d$** , тобто відношення середньої густини матеріалу  $\rho_m$  до густини стандартної речовини (наприклад, води, для якої  $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$ );  $d$  – безрозмірна величина. Відносна густина, як і істинна, має допоміжне значення. Її використовують для визначення інших властивостей, наприклад, орієнтовної теплопровідності, коефіцієнта конструктивної якості.

**Пористість (П)** – це ступінь заповнення об'єму матеріалу порами. Пористість виражають у відсотках або у частках одиниці (коли загальний об'єм матеріалу приймають за одиницю).

Пористість є важливою характеристикою, оскільки з нею пов'язані такі властивості матеріалу, як міцність, водопоглинання, морозостійкість, теплопровідність тощо. Легкі пористі матеріали мають зазвичай невелику міцність і велике водопоглинання, щільні ( $P=0\dots0,8\%$ ) – значну міцність і незначне водопоглинання.

**Щільність (Щ)** – це ступінь заповнення об'єму матеріалу твердою речовиною, являє собою відношення середньої густини матеріалу до його істинної густини. Нескладно зрозуміти, що  $P + Щ = 1$ , або  $P + Щ = 100\%$ .

**Пустотність** характеризується наявністю порожнин (пустот) у будівельних виробках (порожниста цегла, панелі) або між зернами в сипких матеріалах (пісок, щебінь) і визначається в відсотках від загального об'єму виробу чи матеріалу. Пустотність виробів сприяє зниженню їх середньої густини.

**Теплопровідність** – це здатність матеріалу передавати теплоту від однієї поверхні до іншої за наявності різниці температур на цих поверхнях. Вона характеризується коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda$  і вимірюється у  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ .

Коефіцієнт теплопровідності ( $\lambda$ ) – це кількість теплоти, що передається через зразок матеріалу, завтовшки 1 м, площею 1  $\text{м}^2$ , за 1 с за різниці температур між поверхнями стінки 1 градус. Коефіцієнт теплопровідності визначають експериментально різними методами.

Враховуючи загальну залежність коефіцієнта теплопровідності  $\lambda$  від середньої густини  $\rho_m$  і скориставшись емпіричною формулою проф. В.П. Некрасова, можна орієнтовно визначити коефіцієнт теплопровідності для матеріалів мінерального походження в повітряно-сухих умовах (з природною вологістю 1...7%):

$$\lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16, \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К}),$$

де  $d$  – відносна густина матеріалу.

Із теплопровідністю пов'язана така важлива характеристика матеріалів, що застосовуються для зовнішніх огорожувальних конструкцій, як **опір теплопередачі  $R_s$**  (або **термічний опір**). В найпростішому випадку цей показник може бути розрахований як відношення товщини стіни ( $\sigma$ ) до коефіцієнта теплопровідності ( $\lambda$ ):

$$R_s = \sigma / \lambda$$

Від показника опору теплопередачі залежить товщина зовнішніх стін і витрата палива на опалення будівель. Нові норми опору теплопередачі огорожувальних конструкцій за ДБН В 2.6-31:2016 (дод. 1.2) примушують радикально змінювати підхід до вибору матеріалів і конструкцій огорожень, в тому числі за рахунок використання ефективних утеплювачів, які можуть бути розташовані з зовнішньої, внутрішньої сторони або всередині огороження.

## **Фізико-механічні властивості**

**Міцність** – здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від внутрішніх напружень, що виникають під дією різних зовнішніх навантажень. Зазвичай у процесі експлуатації будівель і споруд матеріали зазнають різних навантажень – кручення, сколювання, зрізу, удару, але найчастіше – стиску, згину, розтягу.

Міцність оцінюють границею міцності **R**, яка дорівнює максимальному напруженню від дії навантаження, що виникає в матеріалі в момент його руйнування і вимірюється в мегапаскалях (МПа) (дод. 1.1): Па= Н/м<sup>2</sup>; МПа= (Н/м<sup>2</sup>)·10<sup>6</sup>.

Зазвичай міцність оцінюють випробуванням зразків чи виробів двома методами – руйнівним (за допомогою спеціальних випробувальних машин) і неруйнівним (за допомогою апаратів і пристроїв, які діють на матеріал механічно чи фізично, не руйнуючи його).

**Неруйнівні методи визначення міцності**, на відміну від руйнівних, дають змогу випробувати матеріал конструкцій безпосередньо у спорудах під час їх експлуатації, проводити не вибірковий, а суцільний контроль, а також спостерігати за зміною міцності у часі. Форма зразків та їх розміри, вид і тип випробувальної машини, апарату чи пристрою, методика визначення, схема випробування та розрахунку залежать від виду матеріалу чи виробу і регламентуються відповідними нормативними документами.

Принципово новою реалізацією методу контролю конструкцій з бетону, залізобетону та каменю, за одnobічного доступу до них, є *ультразвукова томографія*. Вона дозволяє визначити цілісність матеріалу в конструкції, здійснити пошук сторонніх включень, порожнин, розшарувань і тріщин, а також дозволяє провести вимірювання товщини об'єкта контролю. Результати контролю представлені у вигляді зображень перетинів (томограм) об'єкта, що значно полегшує розуміння результатів контролю та є зручним для експрес-аналізу стану об'єкта. Спеціалізоване програмне забезпечення дозволяє відтворити будь-яку томограму із тривимірного масиву даних, а також представити тривимірне зображення структури об'єкта.

**Твердість** – це здатність матеріалу чинити опір місцевим деформаціям, які виникають тоді, коли в нього проникають інші, твердіші тіла. Твердість матеріалів не завжди відповідає їхній міцності, тобто за різної міцності твердість їх може бути однаковою і навпаки. Твердість металів, бетону, деревини та деяких інших матеріалів визначають, вдавляючи у зразки з певним зусиллям сталеву кульку або наконечник (конус, піраміду). Ступінь твердості встановлюють за розміром відбитка.

### **Експлуатаційні (спеціальні) властивості**

**Водостійкість** – це здатність матеріалу зберігати фізико-механічні властивості у водонасиченому стані. Чисельною характеристикою водостійкості є **коефіцієнт розм'якшення (або водостійкості)  $K_p$** , який визначають як відношення границі міцності при стиску матеріалу у водонасиченому стані до границі міцності при стиску в сухому стані. Коефіцієнт розм'якшення – безрозмірна величина.

Водостійкими вважають матеріали з коефіцієнтом розм'якшення  $\geq 0,8$ . Такі матеріали можна застосовувати у вологих умовах без спеціальних засобів захисту від зволоження.

**Стираність** – це властивість матеріалу чинити опір впливу стиральних зусиль. Стирання залежить від твердості матеріалу і характеризується зменшенням маси на одиницю площі поверхні зразка, що стирається, й визначається за формулою,  $\text{кг/м}^2$ :

$$U = (m_1 - m_2) / F$$

де  $m_1$  і  $m_2$  – маси зразка, відповідно, до й після стирання,  $\text{кг}$ ;  $F$  – площа поверхні, що стирається,  $\text{м}^2$ .

Показник стираності має вирішальне значення під час вибору матеріалів для підлог, дорожніх покриттів тощо. Значення стираності деяких будівельних матеріалів,  $\text{кг/м}^2$ : кварцит – 0,6...1,2; граніт – 1...5; клінкерна цегла – 2,2...4,3; керамічні плитки для підлог – 2,5...3,0; вапняк – 3...8; цементний розчин – 6 ...15.

**Морозостійкість** – це здатність матеріалу витримувати у водонасиченому стані багаторазове навперемінне заморожування й відтавання без суттєвих втрат міцності і маси. Допустимі втрати міцності та маси після випробування на морозостійкість для різних матеріалів наведені у відповідних нормативних документах. Щоб визначити морозостійкість, зразки матеріалу насичують водою, а далі піддають навперемінному заморожуванню за температури  $(-18 \pm 2)^\circ\text{C}$  і відтаванню у воді з температурою  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$  до певного числа циклів, встановленого нормативними документами, або до початку руйнування зразка. Крім основного (базового), існують прискорені методи визначення морозостійкості, наведені у відповідних стандартах. Найбільш морозостійкими є однорідні за структурою щільні матеріали з низьким водопоглинанням. Пористі матеріали вважають морозостійкими, якщо ступінь заповнення водою всіх доступних пор (відкриті пори) становить 80...85%. Коефіцієнт розм'якшення морозостійких матеріалів має бути не нижчим за 0,9.

За морозостійкістю будівельні матеріали поділяють на марки. **Марка за морозостійкістю  $F$**  – це число циклів навперемінного заморожування та відтавання цілих виробів або зразків матеріалів у насиченому водою стані при збереженні ними початкових фізичних та фізико-механічних властивостей у нормованих межах. Цикл випробування складається з одного заморожування та

відтавання зразків протягом визначеного часу. Залежно від призначення до матеріалів висувають різні вимоги щодо морозостійкості. Так, рядова керамічна цегла повинна мати марку не менше F15, облицювальна – не менше F50, бетон гідротехнічних споруд – не менше F200.

### **Форма протоколу до лабораторної роботи № 1**

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

### **1. Визначення істинної густини**

#### **1а) твердого матеріалу (рис. 1.1).**

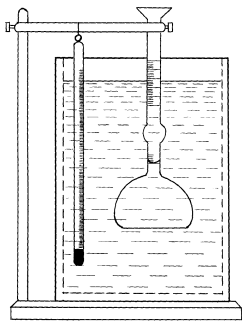


Рис. 1.1. Прилад для визначення істинної густини твердих матеріалів (колба Ле Шательє)

**Матеріал:** пісок кварцовий

**Прилади:** колба Ле-Шательє, ваги

### **Порядок виконання роботи**

Колбу заповнюють до нульової позначки водою або іншою рідиною, інертною до досліджуваного матеріалу. Рівень рідини в колбі визначають за нижнім меніском. Кварцовий пісок висушують до сталої маси, відбирають наважку і всипають через лійку невеликими порціями у колбу доти, доки рівень рідини у приладі підніметься до однієї з верхніх поділок. Різниця відліків між кінцевим і початковим рівнем рідини відповідає об'єму всипаного порошку в абсолютно щільному стані (см<sup>3</sup>).

Істинну густину проби ( $\rho$ ) в г/см<sup>3</sup> визначають за формулою:

$$\rho_i = \frac{m_2 - m_1}{V},$$

де  $m_1$  – маса колби Ле-Шательє з рідиною без матеріалу, г;  $m_2$  – маса колби з рідиною та з досліджуваним матеріалом, г;  $V_a$  – об'єм всипаного порошку в абсолютно щільному стані, см<sup>3</sup>.

Результати випробування заносять до табл.1.1.

Таблиця 1.1

## Визначення істинної густини твердого матеріалу

Показники та властивості	Позначення, формули	Одиниці вимірювання	Значення
Маса колби Ле-Шательє з рідиною без матеріалу	$m_1$	г	
Маса колби Ле-Шательє з рідиною та з досліджуваним матеріалом	$m_2$	г	
Об'єм матеріалу	$V$	см <sup>3</sup>	
Істинна густина кварцового піску	$\rho_i = \frac{m_2 - m_1}{V}$	г/см <sup>3</sup>	

## 1б) визначення істинної густини рідини ( рис. 1.2).

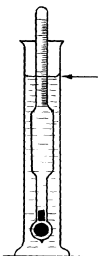


Рис.1. 2. Прилад для визначення істинної густини рідини – ареометр (денсиметр)

Для рідких та в'язких будівельних матеріалів (рідинне скло, розчини хімічних добавок тощо) істинну густина визначають за допомогою ареометра, занурюючи його в рідину, фіксуючи рівень рідини за шкалою як показник істинної густини.

<b>Матеріал:</b>	рідинне скло
<b>Прилади:</b>	ареометр, скляний циліндр
Істинна густина * $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	

*Примітка\**. Густина рідинного скла змінюється в межах 1,1...1,4 г/см<sup>3</sup> залежно від його концентрації.

**Висновок:** порівняти отримані дані з даними, наведеними у довідниках.

## 2. Визначення середньої густини, пористості і теплопровідності

### 2а) для зразків правильної геометричної форми

**Матеріали:** керамічна цегла (паралелепіпед), бетон (куб), деревина (паралелепіпед)

**Прилади:** лінійка, ваги

### Порядок виконання роботи

Для трьох зразків різних матеріалів правильної геометричної форми, висушених до сталої маси, потрібно визначити показники середньої густини, пористості і коефіцієнта теплопровідності. Формули виконання розрахунків зазначених властивостей наведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2

#### Визначення середньої густини, пористості і теплопровідності зразків правильної геометричної форми

Характеристика зразків	Найменування зразків матеріалів		
	керамічні	бетонні	дерев'яні
Форма зразка			
Розміри, см			
Об'єм $V$ , $см^3$			
Маса $m$ , г			
Середня густина $\rho_m = \frac{m}{V}$ , $г/см^3$			
Відносна густина $d = \frac{\rho_m}{\rho_{H_2O}}$			
Істинна густина $\rho$ , $г/см^3$ , (за довідником)			
Щільність, $\frac{\rho_m}{\rho} \cdot 100\%$ , %			
Загальна пористість $\Pi_i = (1 - \frac{\rho_m}{\rho}) \cdot 100$ , %			
Коефіцієнт теплопровідності, $Вт/(м \cdot К)$ , $\lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22d^2} - 0,16$			
Термічний опір за товщини стіни $\sigma=0,5м$ , $R = \sigma / \lambda$ , $(м^2 \cdot К) / Вт$			

Також потрібно розрахувати термічний опір для стінового матеріалу, виконаного з цегли, бетону або деревини за умови, що товщина стіни буде однаковою (50 см). Результати вимірювання розмірів зразків та розрахунки занести до табл. 1.2.

**Висновок:** за показником термічного опору та коефіцієнта теплопровідності визначити ефективність використання кожного з матеріалів для отримання огорожуючих (стінових) конструкцій (див. дод. 1.2).

## 2б) визначення насипної густини сипкого матеріалу

**Матеріал:** пісок кварцовий

**Прилади:** лійка Гарі (рис. 1.3), металевий циліндр, ваги

### Порядок виконання роботи

Кварцовий пісок висушують у сушильній шафі за температури 105...110°C до сталої маси, відбирають пробу і, користуючись совком, заповнюють лійку піском (рис. 1.3).

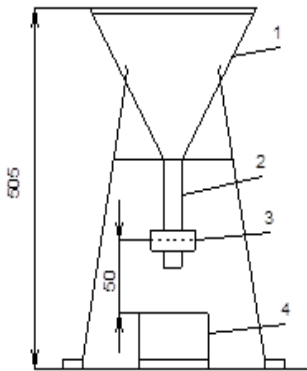


Рис. 1.3. Прилад (лійка Гарі) для визначення насипної густини: 1 – корпус; 2 – трубка; 3 – засувка; 4 – мірний циліндр

Мірний циліндр попередньо зважують, ставлять під лійку і заповнюють його з надлишком, до утворення конуса. Конус обережно (без ущільнення) зрізують по вінця циліндра металевою лінійкою і зважують циліндр з матеріалом. Насипну густину проби  $\rho_n$  (кг/м<sup>3</sup>) обчислюють за формулою:

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V},$$

де  $m_2$  – маса мірного циліндра з піском, кг;  $m_1$  – маса порожнього циліндра, кг;  
 $V$  – об'єм циліндра, м<sup>3</sup>.

За показниками насипної та істинної густини, визначеної в п.1.1, розраховують пустотність. Результати заносять до табл.1.3.

Таблиця 1.3

## Визначення насипної густини та пористості сипкого матеріалу

Характеристика та властивості	Позначення, формули	Одиниці вимірювання	Значення
Об'єм мірного циліндра	$V$	$m^3$	
Маса порожнього циліндра	$m_1$	$кг$	
Маса циліндра з сипким матеріалом	$m_2$	$кг$	
Істинна густина	$\rho$	$г/см^3$	
Насипна густина	$\rho_m^{нас} = \frac{m_2 - m_1}{V}$	$кг/м^3$	
Пористість	$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_m^{нас}}{\rho}\right) \cdot 100$	$\%$	

**Висновок:** потрібно порівняти отримані дані з даними, наведеними у довідниках. Зазвичай для кварцового піску  $\Pi = 36...42\%$ .

## 3. Визначення водопоглинання

**Матеріал:** пінополіуретан (поролон)

**Прилади:** металева лінійка, кристалізатор з водою, ваги

## Порядок виконання роботи

Зразок пінополіуретану попередньо висушують до сталої маси, вимірюють лінійні розміри металевою лінійкою, зважують на технічних вагах, обчислюють об'єм, занурюють у посудину з водою і витримують у воді до повного водонасичення. Потім зразок виймають з води і знову зважують. Масу води, яка витекла на шальку ваг, включають до маси водонасиченого зразка. Отримані результати заносять до табл.1.4

Таблиця 1.4

## Визначення водопоглинання матеріалу за масою та об'ємом

Характеристика та властивості	Позначення, формули	Одиниці виміру	Значення
Форма зразка	-		
Розміри зразка	$a; b; h$	$см$	

Об'єм зразка	$V = a \times b \times h$	$\text{см}^3$	
--------------	---------------------------	---------------	--

Закінчення табл. 1.4

Маса сухого зразка	$m_c$	$г$	
Маса водонасиченого зразка	$m_e$	$г$	
Густина води	$\rho_B$	$г/\text{см}^3$	
Водопоглинання за масою	$W_m = \frac{m_e - m_c}{m_c} \cdot 100$	$\%$	
Водопоглинання за об'ємом	$W_o = \frac{m_e - m_c}{V \cdot \rho_e} \cdot 100$	$\%$	

**Висновок:** порівняти отримані дані з даними, наведеними у довідниках для даного матеріалу.

**4. Визначення границі міцності** стандартних зразків розмірами 4x4x16 см, отриманих на основі гіпсових в'язучих речовин.

**4а) при згині**

**Матеріал:** стандартний зразок з гіпсової в'язучої речовини 4x4x16 см

**Прилади:** випробувальна машина «МІІ-100» (рис.1.4).



Рис. 1.4. Випробувальна машина «МІІ-100» для визначення границі міцності при згині

#### Порядок виконання роботи

Зразок після вимірювання його розмірів встановлюють на опори випробувальної машини і проводять випробування за схемою, наведеною на рис.1.5. Отримане під час випробування зразка значення  $R_{зг}$  фіксують за показником лічильника у  $\text{кгс}/\text{см}^2$ , а потім переводять у МПа ( $1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 0,1 \text{ МПа}$ ).

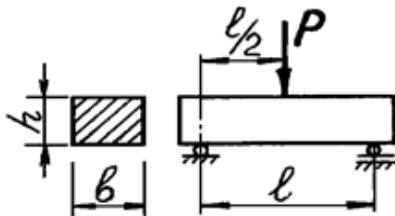


Рис.1.5. Схема випробування під час визначення границі міцності при згині зразків в'язучої речовини

Далі записують основні характеристики зразка до табл. 1.5.

## Визначення границі міцності матеріалу при згині

Матеріал	Форма зразка	Розміри зразка,	Границя міцності при згині	
		см	кгс/см <sup>2</sup>	МПа

## 4б) при стиску

**Матеріал:** половинки стандартного гіпсового зразка після випробування на згин

**Прилади:** гідравлічний прес (рис.1.6), накладні сталеві пластинки для передачі навантаження на половинки балочок (4×4×16) см, металева лінійка, штангенциркуль, ваги



Рис 1.6. Прес гідравлічний для визначення міцності при стиску будівельних матеріалів

## Порядок виконання роботи

Для визначення міцності при стиску мінеральних в'язучих речовин використовують половинки стандартно виготовлених зразків-балочок, розмірами (4×4×16) см, що залишаються після випробування міцності при згині.

У процесі випробування таких зразків застосовують спеціальні накладні металеві пластинки, площею 25 см<sup>2</sup> (рис.1.7). Зразки з накладними пластинками піддають випробуванню на гідравлічному пресі за схемою, наведеною на рис.1.7, визначаючи величину руйнівного навантаження. Границю міцності при стиску  $R_{ст}$ , МПа (кгс/см<sup>2</sup>) обчислюють за формулою:

$$R_{ст} = \frac{P}{F},$$

де  $P$  – руйнівне навантаження (сила), МН ( кгс);

$F$  – площа поперечного перерізу зразка до випробування, м<sup>2</sup> (см<sup>2</sup>).

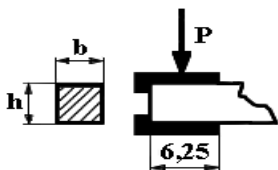


Рис. 1.7. Схема випробування під час визначення границі міцності при стиску зразків в'язучої речовини

Половинка зразка-балочки  
Результати випробувань потрібно занести до табл. 1.6.

Таблиця 1.6

**Визначення границі міцності матеріалу при стиску**

Характеристика та властивості	Позначення, формули	Одиниці виміру	Значення
Форма зразка	-		
Розміри зразка	$a ; b ; h$	см	
Площа поперечного перерізу (площа накладної пластини)	$F$	см <sup>2</sup>	25
Руйнівна сила	$P$	кгс	
Границя міцності при стиску: – у метричній системі одиниць – у системі СІ	$R_{cm} = \frac{P}{F}$	кгс/см <sup>2</sup>	
		МПа	

**Висновок:** порівняти отримані дані з даними, наведеними у довідниках, та визначити марку досліджуваного гіпсового матеріалу за міцністю.

**5. Визначення коефіцієнта конструктивної якості**

**Матеріал:** гіпсовий зразок-балочка

**Прилади:** ваги, металева лінійка, прес гідравлічний, металеві пластини

**Порядок виконання роботи**

Для оцінки технічної ефективності конструкційного матеріалу використовують коефіцієнт конструктивної якості (К.к.я.), МПа, який розраховують як відношення міцності матеріалу при стиску до його відносної густини (табл.1.7). Найбільш ефективними вважають матеріали, які за найменшої густини мають найбільшу міцність.

Таблиця 1.7

**Розрахунок коефіцієнта конструктивної якості**

Характеристика та властивості	Позначення, формули	Одиниці виміру	Значення
Розміри зразка	$a ; b ; h$	см	
Об'єм зразка	$V = a \times b \times h$	см	
Маса зразка	$m$	г	

Середня густина зразка	$\rho_m$	г/см <sup>3</sup>	
<i>Закінчення табл. 1.7</i>			
Відносна густина зразка	$d = \frac{\rho_m}{\rho_{H_2O}}$	-	
Площа накладної пластини (площа поперечного перерізу)	$F$	см <sup>2</sup>	25
Руйнівна сила	$P$	кгс	
Границя міцності при стиску	$R_{ст}$	МПа	
Коефіцієнт конструктивної якості	$K_{к.я.} = \frac{R_{см}}{d}$	МПа	

Для порівняння конструктивних характеристик гіпсового зразка виконати розрахунок коефіцієнта конструктивної якості для бетону ( $R=40$ МПа;  $d= 2,4$ ) та деревини (для дуба:  $R=52$  МПа;  $d= 0,72$ ).

**Висновок:** порівняти отримані дані з даними, наведеними у довідниках.

## 6. Визначення водостійкості

**Матеріал:** гіпсовий зразок-паралелепіпед

**Прилади:** прес гідравлічний, металеві пластинки, кристалізатор з водою

### Порядок виконання роботи

Два гіпсових зразка висушують у сушильній шафі до сталої маси і металевою лінійкою визначають розміри поперечного перерізу та обчислюють площу поперечного перерізу кожного зразка. Один зразок випробовують на міцність за допомогою гідравлічного преса, а другий вміщують у посудину з водою і витримують там до повного водонасичення, після чого також випробовують на міцність при стиску за методикою, наведеною в п. 1.2.1. Отримані значення заносять до табл. 1.8.

Коефіцієнт розм'якшення  $K_p$  розраховують за формулою:

$$K_p = \frac{R_H}{R_C},$$

де  $R_H$  – границя міцності при стиску матеріалу у водонасиченому стані, МПа;

$R_C$  – границя міцності при стиску матеріалу у сухому стані, МПа.

Таблиця 1.8

## Визначення коефіцієнта розм'якшення матеріалу

Характеристика та властивості	Позначення, формули	Одиниці вимірювання	Значення
Площа поперечного перерізу	$F$	$см^2$	
Руйнівна сила водонасиченого матеріалу	$R_H$	$кгс$	
Границя міцності при стиску: – водонасиченого матеріалу – сухого матеріалу	$R_H$ $R_C$	$МПа$ $МПа$	
Коефіцієнт розм'якшення*	$K_p = \frac{R_H}{R_C}$	-	

*Примітка.* \* Матеріал є водостійким, якщо коефіцієнт розм'якшення  $K_c \geq 0,8$ .

Для порівняння слід додатково розрахувати коефіцієнт розм'якшення для важкого бетону, якщо  $R_H = 42$  МПа, а  $R_C = 39$  МПа.

**Висновок:** за показниками коефіцієнта розм'якшення порівняти водостійкість гіпсового зразка та важкого бетону. Зробити висновок про доцільні галузі застосування цих матеріалів.

### 8. Неруйнівні методи контролю міцності (за завданням викладача)

Зведення та подальша експлуатація будівель і споруд нерозривно пов'язані з необхідністю оцінки їх стану. Найважливішою є інформація про характеристики міцності матеріалів, з яких вони збудовані. Найчастіше вона повинна бути отримана безпосередньо на місці розташування будівельної конструкції без порушення її цілісності, що можливе тільки у процесі використання неруйнівних методів контролю.

Класифікацію сучасних методів неруйнівного контролю міцності матеріалів наведено на рис.1.8. На сьогодні всі вказані методи дедалі більше реалізуються за рахунок використання комп'ютеризованих засобів контролю.

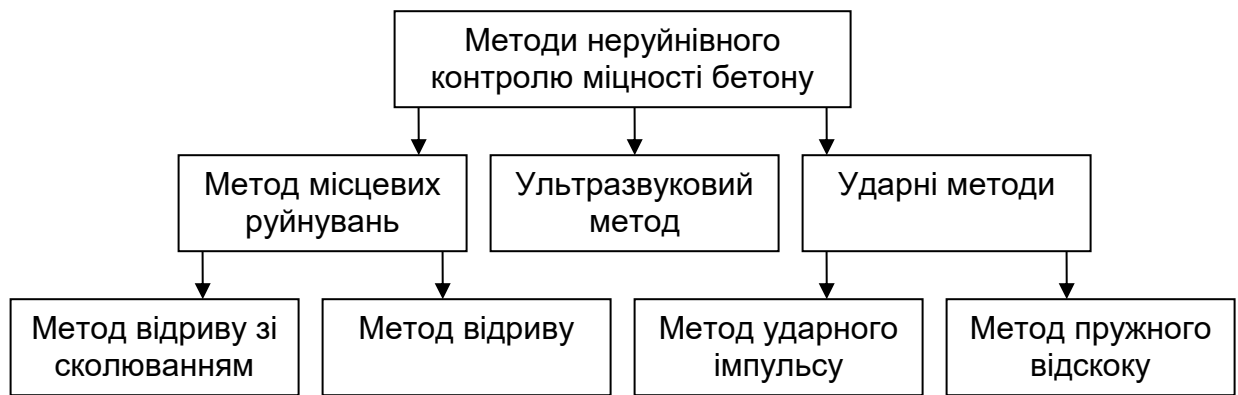


Рис. 1.8. Класифікація методів неруйнівного контролю

За завданням викладача потрібно описати принцип дії та особливості застосування певного методу неруйнівного контролю міцності. Навести переваги та недоліки неруйнівних методів контролю порівняно з традиційними – руйнівними методами.

Методи місцевих руйнувань:

- методи відриву зі сколюванням;
- метод відриву;
- метод сколювання ребра.

Ударні методи:

- метод ударного імпульсу;
- метод пружного відскоку;
- метод пластичних деформацій.

Ультразвуковий метод.

## Лабораторна робота №2

### ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ

**Метою роботи** є ознайомлення з основними породотвірними мінералами, гірськими породами та вивчення їхніх властивостей і технічних характеристик, а також доцільних галузей використання.

#### **Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ Б EN 1467:2007. Камінь природний. Блоки необроблені. Вимоги.
2. ДСТУ EN 1469:2019. Вироби з природного каменю. Облицювальні плити. Вимоги (EN 1469:2015, IDT).
3. ДСТУ Б EN 12440:2011. Природний камінь. Критерії для класифікації (EN 12440:2008, IDT).
4. ДСТУ Б EN 12670:2011. Природний камінь. Термінологія (EN 12670:2001, IDT).
5. ДСТУ Б EN 12057:2007. Будівельні матеріали. Вироби з природного каменю. Модульні плити. Вимоги (EN 12057:2004, IDT).
6. ДСТУ Б EN 12058:2007. Будівельні матеріали. Вироби з природного каменю. Плитки для підлоги сходів. Вимоги (EN 12058:2003, IDT).
7. ДСТУ Б EN 1341:2007. Будівельні матеріали. Плити з природного каменю для мостіння вулиць. Вимоги і методи випробування (EN 1341:2001, IDT).
8. ДСТУ Б EN 1342:2007. Будівельні матеріали. Бруківка з природного каменю для мостіння вулиць. Вимоги і методи випробування (EN 1342:2001, IDT).
9. ДСТУ Б В.2.7-138:2007. Щебінь, гравій та пісок декоративні із природного каменю. Технічні умови (ГОСТ 22856-89, MOD).
10. ДСТУ Б В.2.7-197:2009. Матеріали облицювальні з природного каменю та блоки для їх виготовлення. Номенклатура показників.
11. ДСТУ Б В.2.7-241:2010. Камінь будовий. Технічні умови.
12. ДСТУ CEN/TR 17024:2022. Природне каміння. Настанови щодо використання природного каменю (CEN/TR 17024:2017, IDT).
13. ДСТУ Б В.2.7-161:2008. Плити декоративні на основі природного каменю. Технічні умови.
14. ДСТУ EN 771-6:2022. Каміні стінові. Частина 6. Вироби стінові з природного каменю (EN 771-6:2011+A1:2015, IDT).
15. ДСТУ Б В.2.7-197:2009. Матеріали облицювальні з природного каменю і блоки для їх виготовлення. Номенклатура показників.
16. ДСТУ Б EN 13373:2007. Методи випробування природного каменю. Визначення геометричних характеристик виробів.
17. ДСТУ Б EN 1343:2007. Бордюри з природного каменю для мостіння вулиць. Вимоги і методи випробування.

18. ДСТУ Б EN 1341:2007. Плити з природного каменю для мостіння вулиць. Вимоги і методи випробування.

### **Короткі відомості**

**Природними кам'яними матеріалами** називають матеріали і вироби, які одержують механічною обробкою гірських порід, не змінюючи при цьому їхньої природної структури та властивостей.

**Гірські породи** – це природні мінеральні утворення, що виникають внаслідок протікання геологічних процесів у земній корі, вони мають відносно сталий мінералогічний склад, певну будову і властивості. Гірські породи складаються з мінералів.

За умовами утворення гірські породи поділяють на вивержені, осадові та метаморфічні. Властивості гірських порід обумовлені їхнім хіміко-мінералогічним складом, структурою та умовами формування.

До властивостей, які визначають галузі застосування природного каменю, належать міцність при стиску, середня густина, пористість, водопоглинання, морозостійкість, корозійна стійкість, атмосферостійкість, водостійкість, теплопровідність, стираність, а також екологічні (радіоактивність, токсичність) та естетичні (колір, блиск, прозорість, текстура, фактура) властивості.

У сучасному будівництві природні кам'яні матеріали використовують у вигляді:

- блоків та каменів для зведення та облицювання стін будівель;
- плит для облицювання стін, підлог та сходів;
- виробів для дорожнього будівництва (плит, бруківки, бордюрного каменю);
- виробів для гідротехнічного будівництва (блоків та каменю, плит);
- архітектурних деталей (фасонні вироби), малих архітектурних форм.

Під час ударної обробки природних кам'яних матеріалів отримують фактури сколювання: скельну, бугристу, рифлену, борозенчасту, крапкову (ковану), а також термооброблену, піщаноструменеву. Абразивна обробка дозволяє створити пиляну, шліфовану, лощену, поліровану поверхні. Для здійснення певних дизайнерських задумів використовують також травлені, обпалені, відкриті (очищені) фактури.

Гірські породи також є сировиною для отримання заповнювачів для бетонів і розчинів (щебеню, гравію, піску) та для виготовлення мінеральних в'язучих речовин, керамічних, скляних виробів тощо.

## 2.1. Визначення твердості основних породотвірних мінералів та гірських порід

**Матеріали:** зразки мінералів.

**Прилади:** олівець, сталевий ніж, скло.

### Порядок виконання роботи

Для приблизного визначення твердості мінералів використовують систему, запропоновану у ХІХ столітті німецьким вченим Фрідріхом Моосом. До шкали Мооса входять 10 еталонних мінералів, твердість яких (в умовних одиницях), відповідає їх номерам (табл. 2.1).

Зразки основних породотвірних мінералів піддають пошкодженню спочатку олівцем, потім нігтем, сталевим ножом або еталонним мінералом, який входить до шкали твердості. Залежно від того, який предмет залишає сліди пошкоджень, що визначаються візуально, встановлюється номер, який відповідає твердості мінералу за шкалою Мооса. Наприклад, якщо невідомий мінерал пошкоджується (дряпається) ортоклазом (твердість 6) і не пошкоджується апатитом (твердість 5), то твердість досліджуваного мінералу – 5,5.

Результати випробувань заносять до табл. 2.2.

Таблиця 2.1.

### Шкала твердості мінералів за Моосом

№ за шкалою Мооса	Еталонний мінерал	Абсолютна твердість (за склерометром)	Спосіб можливого пошкодження
1	тальк	1	креслиться олівцем 2М-3М
2	гіпс	3	креслиться нігтем людини
3	кальцит	9	легко креслиться сталевим ножом
4	флюорит	21	креслиться сталевим ножом під невеликим тиском
5	апатит	48	креслиться сталевим ножом під великим тиском
6	ортоклаз	72	злегка дряпає скло, сталевим ножом не креслиться
7	кварц	100	піддається обробці алмазом,

			пошкоджує скло
8	топаз	200	піддається обробці алмазом, пошкоджує скло

*Закінчення табл. 2.1*

9	корунд	400	піддається обробці алмазом, пошкоджує скло
10	алмаз	1500	-

*Таблиця 2.2*

### Визначення твердості мінералів та гірських порід

№ пор.	Найменування мінералу	Тип та характер пошкодження, визначені візуально	Твердість за шкалою Мооса
<b>Мінерали</b>			
1	гіпс		
2	кальцит		
3	ортоклаз		
4	кварц		
<b>Гірські породи</b>			
5	граніт		
6	лабрадорит		
7	габро		
8	базальт		
9	вапняк		
10	пісковик		
11	мармур		
12	кварцит		

**Висновок:** повинен містити порівняння отриманих значень твердості з довідковими даними.

### 2.2. Визначення середньої густини, пористості і теплопровідності гірських порід

**Матеріали:** зразки гірських порід

**Прилади:** ваги, металева лінійка

### Порядок виконання роботи

Визначення середньої густини, пористості і теплопровідності гірських порід виконують на зразках правильної геометричної форми згідно з методиками, наведеними у лабораторній роботі №1. Результати випробувань заносять до табл. 2.3. Найменування досліджуваних зразків визначається викладачем.

Таблиця 2.3

### Визначення середньої густини, пористості та теплопровідності

Характеристика зразків	Найменування гірських порід		
	_____	_____	_____
Форма			
Розміри, см			
Об'єм $V$ , см <sup>3</sup>			
Маса $m$ , г			
Середня густина $\rho_m$ , г/см <sup>3</sup>			
Відносна густина $d$			
Істинна густина $\rho$ , г/см <sup>3</sup> (за довідковими даними)			
Істинна (загальна) пористість $\Pi_i$ %			
Коефіцієнт теплопровідності (розрахунковий) $\lambda$ , Вт/(м·К)			
Коефіцієнт конструктивної якості $K_{к.я} = \frac{R_{cm}}{d}$ , МПа			

**Висновок:** за характеристиками, наведеними в табл. 2.3, дати можливі галузі використання досліджених гірських порід.

### 2.3. Вивчення технічних характеристик гірських порід

**Матеріали:** зразки гірських порід

### Порядок виконання роботи

Ознайомлення з основними характеристиками гірських порід передбачає опрацювання підручника, конспекту лекцій, нормативної та іншої спеціальної літератури. Одержані дані заносять до табл. 2.4. Кількість досліджуваних зразків визначається викладачем (від 6 до 10).

Таблиця 2.4

## Характеристика гірських порід

№	Найменування породи	Класифікація за походженням	Мінералогічний склад	Властивості	Переваги	Недоліки	Застосування
1	Граніт						
2	Габро						
3	Лабрадорит						
4	Діабаз						
5	Базальт						
6	Вулканічний туф						
7	Пісковик						
8	Доломіт						
9	Вапняк						
10	Вапняк-черепашник						
11	Гіпсовий камінь						
12	Гнейс						
13	Мармур						
14	Кварцит						

## 2.4. Вивчення особливостей використання гірських порід

**Матеріали:** зразки гірських порід

За завданням викладача, яке включає найменування 2-х виробів, у табл. 2.5 слід навести 2 – 3 гірські породи, з яких ці вироби можна виготовити з урахуванням фізичних, механічних, екологічних і декоративних властивостей вихідної сировини (гірських порід).

Таблиця 2.5

## Вибір гірських порід для виготовлення природних кам'яних матеріалів різного призначення

№	Найменування виробу	Гірські породи	Обґрунтування*
1	Камені для зведення стін будівель		
2	Плити для облицювання фасадів		

Закінчення табл. 2.5

3	Плити для облицювання стін приміщень		
4	Плити для покриття підлог та сходів		
5	Вироби для дорожнього будівництва (плити, бруківка, бордюри)		
6	Вироби для гідротехнічного будівництва (камені, плити)		
7	Заповнювачі для бетонів: 1) конструкційних 2) дорожніх 3) декоративних 4) легких		
8	Сировина для виготовлення: 1) керамічної цегли, плитки 2) листового скла 3) мінеральної вати 4) гіпсових в'язучих речовин 5) портландцементу 6) вапна будівельного		

*Примітка.\** Навести властивості, завдяки яким гірські породи можуть бути використані для виробництва вказаного виробу (середня густина, пористість, водопоглинання, міцність, морозостійкість, корозійна стійкість, атмосферостійкість, водостійкість, теплопровідність, стиранисть), а також оцінити їх екологічні характеристики.

## Лабораторна робота № 3

### КЕРАМІЧНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ

**Метою роботи** є визначення властивостей, вивчення номенклатури, особливостей отримання і використання керамічних матеріалів та виробів різного призначення.

#### **Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ Б В.2.7-61:2008. (EN 771-1:2003, NEQ). Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови.
2. ДСТУ Б В.2.7-282:2011. (EN 14411:2006, NEQ). Будівельні матеріали. Плитки керамічні. Технічні умови.
3. ДСТУ Б В.2.7-270:2011. Будівельні матеріали. Плитки керамічні литі та килими з них. Технічні умови.
4. ДСТУ Б В.2.7-283:2011. Плитки керамічні. Методи випробувань.
5. EN ISO 10545-7: 1999. Ceramic tiles - Part 7: Determination of resistance to surface abrasion for glazed tiles. Керамічна плитка – Частина 7. Визначення стійкості глазурованої плитки до стирання поверхні.
6. ISO 13006:2018. Ceramic tiles. Definitions, classification, characteristics and marking. Плитка керамічна. Визначення, класифікація, характеристика та маркування
7. ДСТУ Б В.2.7-245:2010. Будівельні матеріали. Вироби керамічні клінкерні. Технічні умови.
8. ДСТУ Б В.2.7-28-95. Будівельні матеріали. Черепиця керамічна. Технічні умови.
9. ДСТУ Б В.2.7-17-95. Будівельні матеріали. Гравій, щебінь і пісок штучні пористі. Технічні умови.
10. ДСТУ Б В.2.7-5-93. Будівельні матеріали. Кахлі пічні. Технічні умови.
11. ДСТУ Б В.2.5-57:2011. Труби керамічні каналізаційні. Технічні умови.
12. ДСТУ Б В.2.5-58:2011. Труби керамічні дренажні. Технічні умови.
13. ДСТУ Б В.2.5-59:2011. Будівельні матеріали. Вироби санітарні керамічні. Загальні технічні умови.
14. ДСТУ Б В 2.5-12-98. Вироби санітарні керамічні. Типи та основні розміри.
15. ДСТУ Б В 2.7-256:2011. Плитки кислототривкі і термокислототривкі. Технічні умови.
16. ДСТУ Б В 2.7-255:2011. Цегла кислототривка. Технічні умови.

## Короткі відомості

**Керамічними** називають матеріали та вироби, які одержують із глинистих мас формуванням, сушінням і подальшим випалюванням.

Основною сировиною для виробництва будівельної кераміки є глинисті породи (глини, суглинки, глинисті сланці тощо), що забезпечують одержання пластичної маси, здатної до формування, після випалювання якої утворюється міцний водостійкий черепок. Для поліпшення властивостей керамічної маси та готових виробів застосовують *добавки* – спіснювальні, плавні, поротвірні, пластифікуючі.

Для надання декоративних властивостей керамічним виробам використовують *глазур* (легкоплавке скло), *ангоб* (покриття із білої та кольорової глини), *керамічні фарби* (надглазурні та підглазурні).

Головними критеріями класифікації будівельних керамічних матеріалів та виробів є характер макроструктури черепка, а також технологія отримання, спосіб формування і призначення керамічних виробів.

*За макроструктурою черепка* керамічні матеріали поділяють на дві групи: пористі і щільні.

До *пористих* умовно відносять матеріали і вироби з водопоглинанням більше 5% за масою (наприклад, стінові вироби, черепиця, облицювальні плитки для стін, заповнювачі для легких бетонів, теплоізоляційні вироби, фаянсові санітарно-технічні вироби).

*Щільні* матеріали мають водопоглинання за масою менше 5%, до них відносять плитки для підлог, клінкерну цеглу, фарфорові облицювальні та санітарно-технічні вироби.

Будівельну кераміку, *залежно від технології*, тобто складу глинистих мас, режимів випалювання та прийомів декорування, і відповідно, від типу отриманого матеріалу, поділяють на *терамоту, майоліку, шамот, клінкер, керамограніт, фаянс, фарфор*.

Незважаючи на широкий асортимент керамічних виробів, різноманітність їх форм, фізико-механічних властивостей та видів сировинних матеріалів, основні технологічні етапи виготовлення таких виробів спільні: добування сировинних матеріалів, підготовка глиняної маси (шихти), формування виробів (сирцю), сушіння, випалювання.

*За способом формування* керамічні матеріали поділяють на матеріали, одержані пластичним формуванням, в тому числі екструзією, напівсухим пресуванням та шлікерним способом (литтям). Вологість шихти залежно від способу формування коливається від 5% до 60%. Для керамічних плиток існує маркування залежно від способу формування – пресування (А), екструзія (В).

*За призначенням* керамічні матеріали та вироби поділяють на такі види:

– *конструкційні* (стінові): цегла звичайна нормального формату, потовщена, модульна; цегла порожниста; камінь звичайний, модульний; камінь великоформатний;

– *стінові та облицювальні*: цегла та камінь лицьові: об'ємного забарвлення, двошарові, ангобовані, глазуровані; цегла фігурна (лекальна); клінкерна цегла;

– *облицювальні* для фасадів: плитка керамічна фасадна (теракота, глазурована, ангобована); плитка клінкерна; плитка цокольна глазурована; плитка керамогранітна; килимова мозаїка; шамотна плитка;

– *облицювальні* (для внутрішнього облицювання стін): плитка майолікова, теракота; плитка фаянсова, фарфорова та фасонні деталі до неї; килимова мозаїка;

– *для облицювання басейнів та вологих приміщень*: плитка глазурована в тому числі мозаїчна фаянсова, клінкерна, керамогранітна;

– *для облицювання підлог у приміщенні, терас, вхідної зони*: плитка керамогранітна та плитка клінкерна (ангобована, глазурована); плитка мозаїчна;

– *дорожні*: клінкерна цегла;

– *покрівельні*: черепиця теракотова, глазурована, ангобована; *санітарно-технічні*: умивальники, умивальні столи, унітази, бачки змивальні фаянсові, напівфарфорові (фарфорові);

– *легкі заповнювачі для бетонів*: керамзит та його різновиди;

– *вогнетривкі матеріали*: вогнетривка цегла, кахлі;

– *труби*: каналізаційні, дренажні;

– *кислототривкі*: кислототривка цегла.

До *стінових керамічних виробів* згідно ДСТУ Б В.2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ) висуваються вимоги щодо міцності, морозостійкості, водопоглинання (пористості) (див. дод. 3.1).

*Керамічну плитку* різного призначення класифікують за способом формування (пресування, екструзія, лиття), також залежно від особливостей виготовлення розрізняють плитку неглазуровану щільну одинарного випалювання (гомогенний керамограніт, клінкер); глазуровану пористу подвійного випалювання (майоліка, фаянсова) та щільну (фарфор); глазуровану щільну одинарного випалювання (фарфор, червоний глазурований керамограніт, клінкер).

Керамічну плитку також класифікують за водопоглинанням, за кольором черепка (білий, червоний, кольоровий), за наявністю глазури (глазурована та неглазурована, причому глазури бувають глянцевої та матової).

Умови використання керамічної плитки суттєво залежать від її властивостей – водопоглинання, морозостійкості, зносостійкості, хімічної стійкості тощо.

Для влаштування підлог всередині будівель, облицювання сходів та плавальних басейнів застосовують клінкерну плитку (екструзійну, пористість 0...5%, інколи її глазурують). Також для покриття підлог у приміщеннях різного призначення застосовують плитку «керамічний граніт» («грес порчеланато»), яку отримують напівсухим пресуванням за питомого тиску 50 МПа суміші білої глини, польових шпатів, кварцу і пігменту з наступним випалюванням за температури 1200...1300°C. Існує різновид червоного керамограніту («червоний грес») на основі кольорової глини, який покривають непрозорими глазурями (емалями).

Деякі різновиди плитки можуть бути використані й для облицювання фасадів будівель, й для влаштування підлог в приміщеннях з різною інтенсивністю руху (наприклад, клінкерна плитка, керамограніт). Наприклад, керамограніт можна використовувати для облицювання фасадів (в тому числі в фасадних системах) та для влаштування підлог приміщень з різною інтенсивністю руху.

За *текстурою керамограніт* поділяють на *гомогенний* (забарвлений у масі), в тому числі моноколор, який характеризується підвищеною зносостійкістю і відносно невисокою вартістю; *частково забарвлений* (з верхнім кольоровим глазурованим шаром); *текстурний* (структурований) – зі складним малюнком, який імітує різні види гірських порід: мармур, вапняк, пісковик, онікс, граніт (див. дод. 3.1).

За *характером обробки* поверхні розрізняють такі види керамограніту: рельєфний (з використанням спеціальних пресформ), а також матовий; шліфований, полірований, частково полірований (лапатований), сатинований, ректифікований; глазурований (емальований), мозаїчний.

### 3.1. Визначення фізичних властивостей стінових керамічних виробів

**Матеріали:** різновиди керамічних стінових виробів

**Прилади:** лінійка, ваги

#### Порядок виконання роботи

До *стінових керамічних виробів* висуваються вимоги не тільки щодо міцності, морозостійкості, водопоглинання (пористості) (див. дод. 3.1), але й щодо теплотехнічних властивостей, згідно з якими можна визначити ефективність застосування таких виробів під час зведення стін (табл. 3.1).

Виконання роботи передбачає визначення властивостей стінових керамічних виробів і встановлення їх групи за ефективністю використання. У табл. 3.1 наведено групи стінових керамічних виробів за теплотехнічними властивостями згідно ДСТУ Б В.2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ).

Результати визначення середньої густини, пористості, розрахункового коефіцієнта теплопровідності за методикою, наведеною в лабораторній роботі № 1, потрібно занести до табл. 3.2.

За результатами розрахунків визначити групу конструкційного виробу за ефективністю (користуючись даними, наведеними в табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Групи стінових керамічних виробів за теплотехнічними властивостями (ДСТУ Б В.2.7-61:2008 (EN 771-1:2003, NEQ)**

Група виробів за теплотехнічними властивостями	Теплопровідність виробів, Вт/(м К)	Середня густина виробів, кг/м <sup>3</sup>	Клас середньої густини
Високоефективні	Менше 0,24	Менше 800	0,8
Підвищеної ефективності	0,24...0,36	801...1000	1
Ефективні	0,36 – 0,36	1001 – 1400	1,2
Умовно ефективні	0,46 – 0,58	1401 – 1600	1,4
Малоефективні	Більше 0,58	Більше 1600	2,0

**3.2. Визначення фізичних властивостей різновидів керамічної плитки**

**Матеріали:** зразки керамічної плитки

**Прилади:** лінійка, штангенциркуль, ваги

Виконання роботи передбачає визначення розмірів плитки, її маси, середньої густини та пористості, наведення її властивостей за стандартом для встановлення галузей її використання. Групи керамічної плитки за водопоглинанням (згідно з ДСТУ Б В.2.7-282:2011 (EN 14411:2006, NEQ) наведено у табл. 3.3.

Характеристики плитки – розміри, масу, середню густину та пористість, визначені за методикою, що наведені в лабораторній роботі №1, заносять до табл. 3.4. За отриманими даними, користуючись табл. 3.3, встановлюють групу плитки за водопоглинанням, визначають можливу галузь використання і наводять вимоги до властивостей такого матеріалу (див. дод. 3.1).



Таблиця 3.2

## Характеристика різновидів конструкційних керамічних виробів

№	Види виробів	Розміри, см			Пере- раху- нок на НФ	Об'єм, $V \text{ см}^3$	Маса, т г	Серед- ня гус- ти- на $\rho_m$ , $\text{кг/м}^3$	Віднос- на гус- ти- на, $d$	Істинна густина, $\text{г/см}^3$	Порис- тість $P$ , %	Коефіцієнт теплопро- відності, $\text{Вт/( м}\cdot\text{К)}$	Група за ефектив- ністю (за табл.3.2)
		довжи- на	шири- на	висо- та									
1	Цегла рядова нормального формату (НФ)*									2,6 – 2,8			
2	Цегла порожниста									2,6 – 2,8			
3	Цегла порожниста лицьова									2,6 – 2,8			
4	Цегла порожниста клінкерна									2,6 – 2,8			
5	Велико- форматний камінь									2,6 – 2,8			
6	Цегла клінкерна									2,6 – 2,8			-

Примітка. \* НФ – цегла нормального формату має розміри 250x120x65 мм.

**Висновок:** визначити групу конструкційного виробу за ефективністю і навести переваги та недоліки використання такого матеріалу.

**Групи керамічної плитки за водопоглинанням**  
(ДСТУ Б В.2.7-282:2011 (EN 14411:2006, NEQ))

Позначка групи	Водопоглинання, мас %	Можливе застосування
I	Менше 3	Влаштування підлог, облицювання фасадів
IIa	3...6	Зовнішнє облицювання або використання в приміщеннях з високим рівнем вологи, влаштування підлоги
IIб	6...10	Облицювання стін, в тому числі у вологих приміщеннях
III	Більше 10	Облицювання стін в інтер'єрах переважно із сухим режимом експлуатації

Також передбачено визначення кількості та маси плитки для облицювання 1 м<sup>2</sup> поверхні, результати розрахунків заносять до табл. 3.5, враховуючи довідкові дані, наведені в табл. 3.6. Вид плитки визначає викладач.

Знаючи масу плитки, можна визначити навантаження на поверхню, що облицюється. При цьому слід врахувати довідкові дані, наведені в табл. 3.6. Для облицювання внутрішніх стін доцільно застосовувати найлегшу тонку плитку, маса 1 м<sup>2</sup> якої не буде перевищувати 16 кг. Для покриття підлог використовують більш щільну та товсту плитку, маса 1 м<sup>2</sup> якої може сягати 25 кг. Фасадні облицювальні вироби зазвичай мають масу 1 м<sup>2</sup> від 15 до 20 кг.

Таблиця 3.4.

## Характеристика різновидів керамічної плитки

№	Види плитки	Розміри плитки, см			Об'єм , см <sup>3</sup>	Маса, г	Середня густина, г/см <sup>3</sup>	Істинна густи-на, г/см <sup>3</sup>	Порис- тість, %	Група за водопо- глинанням (за табл.3.3)	Галузі викорис- тання	Вимоги до властивос- тей (за стандартом)
		дов- жина	шири- на	товщи- на								
1	Плитка фаянсова						2,6 – 2,8					
2	Плитка майолікова						2,6 – 2,8					
3	Плитка керамограніт гомогенний						2,6 – 2,8					
4	Плитка керамограніт червоний глазурова- ний						2,6 – 2,8					
5	Плитка цокольна глазурована						2,6 – 2,8					

ЗБ

**Висновок:** визначити галузі використання плитки і навести основні вимоги до властивостей.

Таблиця 3.5

Розрахунок потреби певного виду плитки на облицювання 1 м<sup>2</sup> поверхні

№	Вид плитки (за табл. 3.3)	Площа плитки, м <sup>2</sup>	Кількість плиток на облицювання 1 м <sup>2</sup> поверхні	Маса 1 плитки, г	Маса плиток на облицювання 1 м <sup>2</sup> поверхні	Особливості застосування плитки

Таблиця 3.6

Середні значення маси 1 м<sup>2</sup> облицювань з використанням різних видів плитки (довідкові дані)

Вид плитки за технологією отримання	Середня маса 1 м <sup>2</sup> плитки товщиною 1 мм, кг	Товщина плитки, мм	Маса 1 м <sup>2</sup> плитки певної товщини, кг
Пориста плитка (майоліка, деякі види фаянсу)	1,85	7	13
		8	14,8
		9	16,7
Деякі види фаянсової та фарфорової плитки	2,1	8	16,8
		9	18,9
		10	21
Керамогранітна плитка, клінкерна плитка	2,4	9	21,6
		10	24
		11	26,4
Керамогранітна великоформатна плитка	2,5	3	7,8
		3+	8,2
		5+	14

**Висновок:** визначити особливості застосування плитки з урахуванням маси плитки, необхідної для облицювання 1 м<sup>2</sup> поверхні.

### 3.3. Характеристика керамічних матеріалів та виробів різного призначення

**Матеріали:** зразки керамічних виробів

Передбачено ознайомлення з номенклатурою та властивостями керамічних матеріалів, основними технологічними операціями їх отримання та доцільними галузями використання.

Інформацію, одержану під час опрацювання підручника, конспекту лекцій, нормативної літератури, а також враховуючи дані дод. 3.1, заносять до табл. 3.7. Номенклатуру та кількість зразків встановлює викладач.

Таблиця 3.7

**Загальна характеристика керамічних матеріалів та виробів різного призначення**

№	Найменування матеріалу (виробу)	Сировина, основні етапи технології виготовлення	Технічні вимоги та основні властивості	Особливості застосування
<i>Конструкційні (стінові)</i>				
1	Цегла звичайна: – нормального формату; – потовщена; – модульна			
2	Цегла порожниста			
3	Камінь керамічний: – звичайний; – модульний; – велико-форматний			
<i>Вироби для влаштування фасадів</i>				
4	Цегла лицьова: – об'ємного забарвлення; – ангобована; – глазурована			
5	Плитка керамічна фасадна: – шамотна; – цокольна (глазурована); – клінкерна			
6	Плитка «керамічний граніт»: – технічний; – глазурований			

7	Плитка килимово-мозаїчна			
<i>Вироби для облицювання стін в інтер'єрі</i>				
8	Плитка майолікова			
9	Плитка фаянсова			
10	Плитка килимово-мозаїчна			
<i>Вироби для влаштування підлог</i>				
11	Плитка «керамічний граніт» : – технічний; – глазурований			
12	Плитка клінкерна: – ангобована; – глазурована			
13	Плитки килимово-мозаїчні			
<i>Дорожні вироби</i>				
14	Цегла клінкерна			
<i>Покрівельні вироби</i>				
15	Черепиця: – теракотова; – ангобована; – глазурована			
<i>Легкі заповнювачі</i>				
16	Керамзит			
<i>Санітарно-технічні вироби</i>				
17	Фаянсові вироби: – раковина; – унітаз			
<i>Вироби спеціального призначення</i>				
18	Труби: – дренажні; – каналізаційні			
19	Вироби кислототривкі: – плитка; – цегла			

*Закінчення табл. 3.7*

20	Вироби вогнетривкі: цегла; Кахлі			
----	---	--	--	--

**Висновок:** за завданням викладача дати пропозиції відносно доцільного використання матеріалів (з урахуванням їх переваг і недоліків) в якості конструкційних, облицювальних, покрівельних, дорожніх, спеціальних тощо.

## **Лабораторна робота № 4**

### **МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ**

**Метою роботи** є ознайомлення з фізико-технічними характеристиками матеріалів із силікатних розплавів залежно від їхнього складу та структури, а також вивчення номенклатури, технології виготовлення та особливостей застосування.

#### **Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ Б В.2.7-122:2009. (ГОСТ 111-2001). Скло листове. Технічні умови (EN 572:2004 NEQ).
2. ДСТУ Б В.2.7-110-2001. (ГОСТ 30698-2000). Скло загартоване будівельне. Технічні умови.
3. ДСТУ Б В.2.7-123:2004. (ГОСТ 30826-2001). Скло багат шарове будівельного призначення. Технічні умови.
4. ДСТУ Б В.2.7-148:2008. Скло листове армоване. Технічні умови (EN 572:2004 NEQ).
5. ДСТУ Б В.2.7-156:2008. Скло листове узорчате. Технічні умови (EN 572:2004 NEQ).
6. ДСТУ Б В.2.7-115-2002. (ГОСТ 30733-2000). Скло з низькоемісійним покриттям. Технічні умови.
7. ДСТУ Б В.2.7-228:2009. Скло з низькоемісійним м'яким покриттям. Технічні умови (ГОСТ 31364-2007, МОД).
8. ДСТУ EN 1279-1:2022. Скло в будівлі. Склопакети. Частина 1. Загальні відомості, опис системи, правила обміну, допуски та візуальна якість (EN 1279-1:2018, IDT).
9. ДСТУ EN 14351-1:2020. Вікна та двері. Вимоги. Частина 1. Вікна та зовнішні двері (EN 14351-1:2006 + A2:2016, IDT).
10. ДСТУ Б EN1051-1:2011. Скло для будівництва. Склоблоки і скляні плити. Частина I. Визначення показників (EN 1051-1:2003 IDT).
11. ДСТУ Б В.2.7-284:2011. Плитки скляні облицювальні килимово-мозаїчні та килими з них. Технічні умови.
12. ДСТУ Б В.2.7-318:2016. Вата мінеральна. Технічні умови.
13. ДСТУ Б В.2.7-316:2016. Плити та картон мінераловатні теплоізоляційні. Технічні умови.
14. ДСТУ Б В.2.7-167:2008. Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому. Загальні технічні умови (EN 13162:2001, NEQ).
15. ДСТУ EN 13167:2019. Матеріали теплоізоляційні для будівель. Промислові вироби з піноскла (CG). Технічні умови (EN 13167:2012 + A1:2015, IDT).

## Короткі відомості

**Матеріали з мінеральних розплавів** отримують шляхом швидкого охолодження силікатних розплавів, характерною особливістю яких є здатність під час охолодження переходити в склоподібний стан (аморфний різновид твердого стану), причому цей перехід є зворотним. *Склоподібна структура* матеріалу характеризується відсутністю чітко визначеної температури плавлення (наявністю перехідного пластичного стану в певному інтервалі температур), гомогенністю, ізотропністю.

*Сировиною для силікатних розплавів* є поширені гірські породи (кварцові піски, базальти, діабазы, граніти, гнейси, сієніти тощо), відходи промисловості (металургійні шлаки, золи та шлаки ТЕС, склобій). Сировинні матеріали для виробництва скла умовно поділяють на основні й допоміжні. *Основні вихідні матеріали* представлені кварцовим піском, вапняком (крейдою), польовим шпатом та содою. *Допоміжні матеріали* вводять для покращення реологічних характеристик скломаси, прискорення її скловаріння, забарвлення, освітлювання і сприяння кристалізації.

Спільною ознакою технології виготовлення будівельних матеріалів цієї групи є приготування мінеральних розплавів (переведення вихідної сировини в рідкий стан за високих температур (725...1600<sup>0</sup>С) для створення умов проходження процесів силікатутворення), їх швидке охолодження до певної температури з наступним формуванням та повільним охолодженням отриманих виробів. Під час введення до силікатного розплаву спеціальних добавок (кристалізаторів) і вибору відповідного режиму термічної обробки можна одержати склокристалічні матеріали – марблінт, ситали, шлакоситали.

*Головними критеріями класифікації* будівельних матеріалів та виробів із мінеральних розплавів є вид сировини, її хімічний склад, характер макро- та мікроструктури, а також спосіб формування й призначення матеріалів і виробів.

Мінеральні розплави залежно від виду вихідної сировини поділяють на *скляні, шлакові та кам'яні*. Основною сировиною для першої групи матеріалів є кварцовий пісок, вапняк (крейда), польовий шпат, сода; для матеріалів із шлакових розплавів – шлаки чорної та кольорової металургії (доменні, ваграночні тощо); для матеріалів з кам'яних розплавів – гірські породи з відносно низькою температурою плавлення (базальти, діабазы, доломіти).

*За характером мікроструктури* матеріали поділяють на *аморфні*, що не містять чітко вираженої кристалічної фази (наприклад, скло віконне та вітринне); *склокристалічні* з вмістом кристалічної фази до 30% (наприклад, декоративні облицювальні вироби: марблінт, авантюринове скло, смальта, скляна крихта, склокристаліт) та *склокристалічні* з вмістом кристалічної фази більше 30% (будівельний ситал, шлакоситал, петроситал, сигран, неопар'є).

За характером макроструктури матеріали на основі мінеральних розплавів поділяють на *щільні* (скло віконне, марблін, ситал), *волокнисті* (вироби на основі мінеральної або скляної вати) та *ніздрюваті* (газо- та піноскло).

*Оптичні властивості* скла характеризуються прозорістю, світлопроникністю, світлопоглинанням, світловідбиванням, світлорозсіюванням тощо. Світлопроникність оцінюють коефіцієнтом направленої пропускання світла і цей показник залежить від товщини скла. За *світлопроникністю* скло поділяють на світлопрозоре та непрозоре, за *кольором* – кольорове та безбарвне.

За *технологією формування* розрізняють скло, отримане флоат-способом (ФС) та витягуванням (ВС). Матеріали та вироби з силікатних розплавів можна також отримувати прокатуванням, литтям та пресуванням.

До *основних видів будівельного листового скла* відносять: скло листове, неполіроване та поліроване (термополіроване), віконне, вітринне, візерункове, дзеркальне, кольорове (забарвлене по всьому об'єму), кольорове з пофарбованою поверхнею, безпечне (армоване, загартоване, багат шарове), стемаліт (емальоване загартоване скло).

До спеціальних видів скла відносять увіолеве (що пропускає або вбирає ультрафіолетові промені), теплозахисне (тепловбирне), світловідбивне (рефлексивне), скло з низькоемісійним покриттям (твердим (К-скло) або м'яким (І-скло)), сонцезахисне (скло з покриттям, що вбирає інфрачервоні або ультрафіолетові промені сонячного світла, та зберігає світлопропускання), мультифункціональне скло (поєднує сонцезахисні та енергозберігаючі властивості), смарт-скло, фотохромне скло.

Основні показники якості листового скла наведені в дод. 4.1.

За *призначенням* вироби та конструкції з мінеральних розплавів класифікують на *конструкційні* – склоблок, склопакет, склопрофіліт, скляні дверні полотна та світлопрозорі конструкції на основі листового скла (звичайне, вітринне, безпечне); *архітектурно-декоративні*, в тому числі облицювальні (марблінтові, ситалові, килимово-мозаїчні плитки, смальта), світлопрозорі декоративні матеріали (вітраж, візерункове кольорове та безколірне скло), *теплоізоляційні* (скловолокно, скловата, мінеральна вата, мінераловатні та скловатні вироби, ніздрювате скло).

Для характеристики *конструкційних виробів* на основі мінеральних розплавів важливими є такі показники як світлопропускання та світлорозсіювання, середня густина, коефіцієнт теплопровідності, термостійкість, міцність при стиску, ударна стійкість. Для створення сучасних світлопрозорих конструкцій використовують склопакети.

Для *облицювальних виробів* важливими характеристиками є водонепроникність, морозостійкість, термостійкість, хімічна стійкість та стійкість до дії ультрафіолетових променів.

Для *теплоізоляційних виробів* на основі мінеральних розплавів важливими характеристиками є середня густина, коефіцієнт теплопровідності, температура використання, горючість.

#### 4.1. Ознайомлення зі структурою та встановлення характеристик енергоефективності склопакета (визначення формули склопакета)

*Склопакети* – вироби, виготовлені з двох або трьох листів скла, з'єднаних між собою по периметру за допомогою дистанційних рамок та герметиків з утворенням замкнутої порожнини. За кількістю порожнин між листами скла вони бувають, відповідно, одно- або двокамерними (рис. 4.1).

Склопакети класифікують за товщиною (24, 32, 36, 42, 44 мм і більше) та типами скла, яке застосовується. Використовують звичайне скло (частіше за все товщиною 4 мм) та енергозберігаюче з низькоемісійним покриттям, що дозволяє суттєво підвищити головну характеристику склопакету – коефіцієнт опору теплопередачі, а також може бути використане скло енергозберігаюче, тоноване, загартоване, багатшарове, сонцезахисне, мультифункціональне тощо.

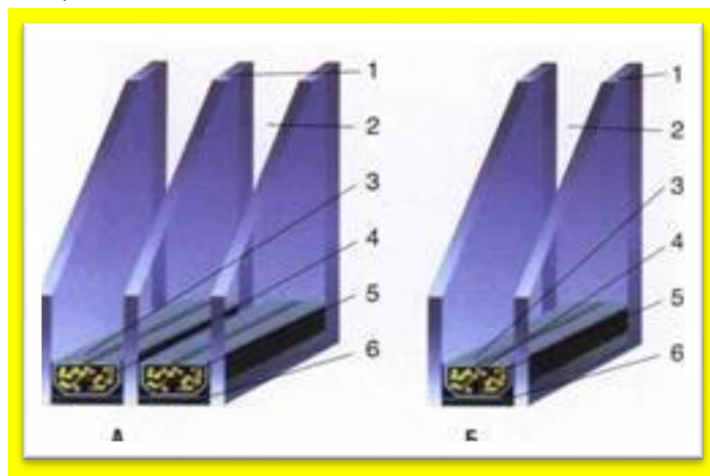


Рис. 4.1. Конструкція склопакетів:

А – двокамерний – складається з трьох листів скла, які утворюють дві повітряні камери;

Б – однокамерний – складається з двох листів скла, які утворюють одну повітряну камеру;

1 – скло; 2 – повітряна камера; 3 – дистанційна рамка (алюмінієва, пластикова); 4 – абсорбент (поглинач вологи); 5 – первинна герметизація; 6 – вторинна герметизація

*Формула склопакета* – це набір цифр та індексів, які характеризують будову та комплектацію склопакета, іншими словами, це умовне позначення, що визначає структуру склопакета, починаючи від зовнішнього шару (на вулицю) до внутрішнього (в приміщення), і містить такі показники: товщина та вид скла зовнішнього, відстань між листами скла, вид наповнення камери (повітря, інертний газ) й знов вид скла внутрішнього та його товщина в мм. Приклади дешифрування формул склопакетів наведено в дод. 4.2.

*Склопакет* – основа енергозберігаючої металопластикової конструкції, адже він займає 80...90% площі вікна, а значить, саме від його властивостей залежать технічні характеристики всього вікна та кількість втраченого тепла з приміщення.

Властивості основних видів склопакетів наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

**Порівняльна характеристика енергозберігаючих і звичайних склопакетів**

Тип склопакета	Формула склопакета*	Товщина склопакета, мм	Опір теплопередачі, (м <sup>2</sup> ·К) /Вт
Однокамерний	4-16-4	24	0,32
Однокамерний енергозберігаючий	4-16-4і	24	0,53
Двокамерний	4-10-4-10-4	32	0,54
Двокамерний	4-8-4-12-4	32	0,49
Двокамерний шумоізоляційний	6-8-4-14-8	40	0,54
Двокамерний енергозберігаючий	4-8-4-12-4і	32	0,61
Двокамерний енергозберігаючий	4-10-4-10-4і	32	1,22

*Примітка\**. Формула склопакета складається з товщини листів скла та відстані між ними.

Згідно з діючими українськими будівельними нормами (ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель) у I кліматичній зоні, до якої належить більша частина України, а саме : північна та північно-західна частина України, крім Закарпаття, приведений опір теплопередачі вікон повинен бути не менше 0,9 (м<sup>2</sup>·К)/Вт, а у II кліматичній зоні (південна, південно-східна частина України та Закарпаття) – не менше, ніж 0,7 (м<sup>2</sup>·К)/Вт.

Підвищити енергетичну ефективність вікон з використанням склопакетів можна за рахунок збільшення кількості камер (не менше 2), підвищення товщини склопакетів (не менше 40 мм), використання мультифункціонального та і-скла з певним напиленням, заповнення герметичних камер інертним газом, зазвичай аргонем. Додатковими шляхами підвищення рівня енергоефективності є: застосування в склопакеті «теплої» дистанційної рамки з ПВХ-пластика, посиленого металевими вставками; заповнення однієї або декількох камер віконного профілю спеціальними утеплювачами; використання фурнітури певного класу, що забезпечує високу герметичність; «теплій» монтаж з використанням гідро- і теплоізоляції.

**Матеріали:** зразки склопакетів

**Прилади:** металева лінійка, штангенциркуль

## Порядок виконання роботи

За допомогою лінійки та штангенциркуля визначити товщину листів скла та відстань між листами скла для визначення формули склопакета. Приклади формул склопакетів див. у дод. 4.2. За допомогою табл. 4.1 встановити опір теплопередачі та умовну енергоефективність склопакета, порівняти її з необхідним значенням згідно з діючими українськими будівельними нормами (ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель) для I та II кліматичних зон України і навести можливі шляхи її підвищення. Результати оформити у вигляді табл. 4.2.

Таблиця 4.2

### Визначення характеристик склопакета та особливостей його використання

Найменування виробу, вид скла	Кількість камер	Товщина скла, мм	Відстань між листами скла, мм	Формула склопакета	Опір теплопередачі, R, (м <sup>2</sup> К)/Вт (за табл.4.1)	Кліматична зона використання склопакета *
Склопакет						

*Примітка\*.* Скористатися інформацією, наведеною в ДБН В.2.6-31:2021.

**Висновок:** визначити можливий опір теплопередачі склопакета, виходячи з конструкції зразка склопакета, навести можливу кліматичну зону використання склопакета і запропонувати шляхи підвищення його енергоефективності.

## 4.2. Визначення фізичних властивостей матеріалів на основі мінеральних розплавів

**Матеріали:** зразки різновидів скла листового прокатного, плиток облицювальних, ніздрюватого скла, плити мінераловатні на синтетичному зв'язуючому

**Прилади:** металева лінійка, штангенциркуль, ваги

### Порядок виконання роботи

Середню і відносну густину, теплопровідність, пористість зразків матеріалів визначають за методиками, наведеними в лабораторній роботі №1,

та заносять до табл. 4.3. Властивостей мінераловатних плит на синтетичній зв'язуючій речовині слід порівняти з даними, наведеними в табл. 4.4.

**Мінераловатні плити на синтетичній зв'язуючій речовині** – вироби прямокутної форми та прямокутного поперечного перерізу, які виготовляються з мінеральної вати і синтетичної зв'язуючої речовини з добавками або без них, товщина яких рівномірна та значно менша за інші розміри. Товщина плит від 20 до 200 мм з інтервалом 10.

Плити на основі мінеральної вати класифікують за:

- призначенням (для теплоізоляції будівельних конструкцій; вироби для теплоізоляції технологічного та енергетичного устаткування, вентиляційних установок, транспортних засобів, систем вогнезахисту тощо);
- структурою (з розташуванням волокон переважно паралельно поверхні; з хаотично розташованими волокнами; ламельні вироби – з розташуванням волокон переважно перпендикулярно до поверхні);
- густиною ( $\text{кг/м}^3$ ) – підрозділяють на марки від 30 до 225;
- групами – за горючістю (НГ – негорючі; Г1 – низької горючості; Г2 – помірної горючості).

Фізико-технічні характеристики мінераловатних плит наведено в табл. 4.4.

**Ніздрювате скло (піноскло)** – теплоізоляційний та звукопоглинальний матеріал з рівномірно розподіленими в його об'ємі сферичними порами (діаметр пор 0,1 – 0,5 мм). Отримують спіканням склопорошку з одночасним спученням його під дією газоутворювачів. Розрізняють піноскло з замкненими (ізоляційне) та сполучними (поглинальне) порами. У процесі отримання піноскла із замкнутими порами застосовують вугільні пороутворювачі – кокс, сажу, торф'яний напівкокс, для піноскла зі сполучними порами – мармур, доломіт тощо.

Середня густина піноскла становить 120 – 250  $\text{кг/м}^3$ , діапазон робочих температур  $-250...+500^\circ\text{C}$ , теплопровідність 0,045 – 0,07  $\text{Вт/(м K)}$ , міцність при стиску 0,7 – 2 МПа, водопоглинання (ізоляційного) не більше 1,55 %, модуль пружності 800  $\text{МН/м}^2$ , шумопоглинання до 56 Дб. Звукопоглинання піноскла зі сполучними порами в інтервалі частот 100...600 Гц становить від 20 до 50%, а в інтервалі частот 600...1200 Гц – від 50 до 65%. Границя вогнестійкості за втратою теплоізолюючої здатності, якщо товщина плити 40, 80 та 100 мм, становить відповідно 30, 45 та 60 хв.

### **4.3. Загальна характеристика виробів із мінеральних розплавів**

Вивчення експлуатаційних характеристик, технології виготовлення і особливостей використання різновидів листового скла, а також виробів із мінеральних розплавів (у кількості за вибором викладача) виконують, користуючись навчально-методичною, нормативною та довідковою літературою. Відповідні дані щодо різновидів листового скла, а також виробів з мінеральних розплавів, технології їх виготовлення (з урахуванням вихідних компонентів),

експлуатаційних характеристик та особливостей застосування, заносять до табл. 4.5 та табл. 4.6.

Таблиця 4.3

## Основні фізичні властивості матеріалів та виробів на основі мінеральних розплавів

№	Найменування матеріалу /виробу	Розміри, см			Об'єм, V см <sup>3</sup>	Площа, см <sup>2</sup>	Маса, г	Середня густина $\rho_m$ , кг/м <sup>3</sup>	Відносна густина, d	Істинна густина, $\rho$ кг/м <sup>3</sup>	Пористість, П, %	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda$ , Вт/(м К)	Маса 1 м <sup>2</sup> , кг
		довжина	ширина	товщина									
1	Скло віконне листове												
2	Скло вітринне листове												
3	Скло багат шарове												
4	Плитка облицювальна (марблін)												
5	Плитка смальтова (заготовка)												
6	Плитка ситал												
7	Ніздрювате скло (піноскло)												
8	Мінераловатна плита на синтетичній зв'язуючій речовині												
9	Склоблок												

49

**Висновок** повинен містити порівняння значень пористості, густини та коефіцієнта теплопровідності матеріалів, а також визначення впливу характеру структури матеріалів із мінеральних розплавів на ці характеристики з довідниковими даними (дод. 4.1). Також слід визначити ефективність використання певного виду матеріалу (за завданням викладача) з урахуванням коефіцієнта теплопровідності та маси 1 м<sup>2</sup> виробу або за показниками його середньої густини. Довідникові значення істинної густини для скла – 2600 – 2700 кг/м<sup>3</sup> і для склокристалічних – 2900 кг/м<sup>3</sup>.

## Фізико-технічні показники мінераловатних плит (ДСТУ Б В.2.7-167:2008)

Назва показника	Нормовані показники для плит марки									
	30	40	50	75	100	125	150	175	200	225
Густина, кг/м <sup>3</sup> , не більше	30	40	50	75	100	125	150	175	200	225
Теплопровідність, Вт/(м·К), не більше, за температури (25±5)°С	0,040	0,040	0,039	0,039	0,040	0,040	0,040	0,040	0,041	0,041
Вміст органічних речовин, % за масою, не більше	3,0	3,0	3,0	3,5	35	4,0	4,2	4,5	5,0	5,0
Міцність на стиск при 10% лінійній деформації, МПа, не менше	-	-	-	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10
Границя міцності при розтягуванні у напрямку, перпендикулярному до площини, МПа, не менше	-	-	-	-	0,03	0,03	0,04	0,05	0,10	0,10

Таблиця 4.5

**Загальна характеристика, особливості отримання та використання  
різновидів листового скла**

№	Назва матеріалу	Особливості отримання	Основні експлуатаційні характеристики	Специфіка застосування
1	Скло листове віконне (вітринне)			
2	Скло листове кольорове			
3	Скло дзеркальне			
4	Скло листове візерунчасте			
5	Скло листове армоване			
6	Скло загартоване			
7	Стемаліт			
8	Скло багат шарове з плівковим ламінуванням			
9	Скло з низькоемісійним м'яким покриттям (І-скло)			
10	Скло з низькоемісійним твердим покриттям (К-скло)			

Таблиця 4.6

**Загальна характеристика, особливості отримання та використання  
виробів з мінеральних розплавів**

№	Назва виробу	Особливості отримання	Основні експлуатаційні характеристики	Особливості застосування
1	Склоблок			
2	Склопакет			
3	Склопрофіліт			
4	Плитки скляні облицювальні килимово-мозаїчні			
5	Смальта (мозаїка)			
6	Марблінг (плитка), авантюринове скло			
7	Ситал			

**Висновок:** за завданням викладача дати пропозиції відносно доцільного використання матеріалів із мінеральних розплавів в якості конструкційних (огороджувальних), облицювальних (внутрішнє та зовнішнє облицювання), теплоізоляційних тощо.

## Лабораторна робота № 5 ВИПРОБУВАННЯ ГІПСОВИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

**Мета роботи** – ознайомлення з методами визначення технічних характеристик гіпсових в'яжучих речовин та з властивостями, особливостями отримання та застосування матеріалів на їх основі.

### **Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ Б В. 2.7-82:2010. В'яжучі гіпсові. Технічні умови.
2. ДСТУ Б В.2.7-111-2001. Будівельні матеріали. Плити гіпсові для перегородок і внутрішнього облицювання стін. Технічні умови.
3. ДСТУ EN 520:2018. Плити гіпсокартонні. Визначення, вимоги та методи випробування (EN 520:2004+A1:2009, IDT).

### **Короткі відомості**

**Гіпсові в'яжучі речовини** – це повітряні в'яжучі речовини, які складаються переважно з напівводного гіпсу  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  або ангідриду  $\text{CaSO}_4$ . Їх одержують тепловою обробкою сировини з наступним розмелюванням. Основною сировиною для гіпсових в'яжучих речовин є гірська порода – гіпс, що складається переважно з мінералу гіпсу  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Також використовують природний ангідрит  $\text{CaSO}_4$ , гажу, глиногіпс та деякі відходи промисловості (борогіпс, фосфогіпс, фторогіпс, ферогіпс, титаногіпс, гідролізний гіпс), основною складовою яких є сульфат кальцію.

На властивості гіпсових в'яжучих речовин головним чином впливають поліморфні модифікації продуктів дегідратації та тонкість помелу. Розрізняють  $\alpha$ - та  $\beta$ -модифікації. Гіпсові в'яжучі речовини, що складаються з  $\alpha$ -модифікації напівгідрату сульфату кальцію, на відміну від  $\beta$ -модифікації, характеризуються меншою водопотребою (кількість води для отримання тіста стандартної консистенції).

Це дозволяє отримати штучний гіпсовий камінь вищої міцності та щільності. Збільшення тонкості помелу гіпсових в'яжучих речовин обумовлює скорочення термінів тужавлення і підвищену якість лицьової поверхні гіпсових виробів (чіткіші грані та ребра виробу і менша шорсткість його поверхні тощо).

За способом виготовлення гіпсові в'яжучі речовини поділяють на низьковипалювальні та високовипалювальні.

**Низьковипалювальні** гіпсові в'яжучі речовини, в складі яких переважає  $\beta$ -модифікація напівводного гіпсу, одержують тепловою обробкою природного гіпсового каменю за низьких температур 110...160°C. Як правило, вироби з таких гіпсових в'яжучих речовин мають невисоку міцність 2...16 МПа.

Гіпсові в'яжучі речовини для виробів з підвищеними фізико-механічними характеристиками одержують термічною обробкою високосортного гіпсового каменю в герметичних апаратах у середовищі насиченої пари за тиску, вищого за атмосферний, в автоклавах або під час кип'ятіння його у водних розчинах деяких солей з подальшим просушуванням та розмелюванням на тонкий порошок. За таких умов виробництва отримують

$\alpha$ -модифікацію напівводного сульфату кальцію  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ . Міцність при стиску штучного каменю на основі такої в'язучої речовини становить 10...25 МПа.

Маркування гіпсу здійснюють з урахуванням його міцності, строків тужавлення та тонкості помелу, наприклад, гіпсова в'язуча речовина з позначкою ГВ Г-5-Ш-II ДСТУ Б В.2.7-82:2010 відповідає марці Г-5, є швидкотверднучою та характеризується середньою тонкістю помелу.

Марки за міцністю наведено у табл. 5.1. Терміни тужавлення, відповідно до яких поділяють гіпсові в'язучі речовини на групи, наведені у табл. 5.2, а розподіл на класи за тонкістю помелу наведено у табл. 5.3.

Таблиця 5.1

**Марки гіпсових в'язучих речовин за міцністю (ДСТУ Б В. 2.7-82:2010)**

Марка	Границя міцності зразків розмірами (40×40×160) мм, МПа, не менше	
	при стиску	при згині
Г-2	2	1,2
Г-3	3	1,8
Г-4	4	2,0
Г-5	5	2,5
Г-6	6	3,0
Г-7	7	3,5
Г-10	10	4,5
Г-13	13	5,5
Г-16	16	6,0
Г-19	19	6,5
Г-22	22	7,0
Г-25	25	8,0

Таблиця 5.2

**Поділ гіпсових в'язучих речовин за термінами тужавлення**

(ДСТУ Б В. 2.7-82:2010)

Група	Позначка	Термін тужавлення, хв	
		початок, не раніше	кінець, не пізніше
Швидкотужавіючі	Ш	2	15

Нормальнотужавіючі	Н	6	30
<i>Закінчення табл. 5.2</i>			
Нормальнотужавіючі спеціальні	НС	10	30
Повільнотужавіючі	П	20	120
Особливо повільнотужавіючі	ОП	20	180

Таблиця 5.3

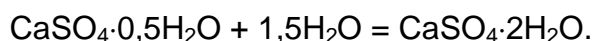
**Класи гіпсових в'яжучих речовин за тонкістю помелу**  
(ДСТУ Б В. 2.7-82:2010)

Клас (тонкість помелу)	Позначка	Залишок на ситі з розміром вічка 0,2 мм, %, не більше
Грубого помелу	I	23
Середнього помелу	II	14
Спеціального помелу	II с	8
Тонкого помелу	III	2
Особливо тонкого помелу	IV	0,1

*Високовипалювальні* гіпсові в'яжучі речовини виготовляють випалюванням гіпсового каменю за температури (600...950°C), тому вони складаються переважно з ангідриту CaSO<sub>4</sub>, який частково піддається термічній дисоціації з утворенням CaO, що активізує хімічну взаємодію в'яжучої речовини з водою і прискорює процеси твердіння.

Високовипалювальний гіпс (естрих-гіпс) повільно тужавіє (початок тужавлення настає не раніше, ніж через 2 години) і твердіє, але його водостійкість і міцність при стиску вищі (10...20 МПа), тому його використовують для влаштування безшовних підлог, у розчинах для штукатурення і мурування, для виготовлення «штучного» мармуру.

Твердіння гіпсових в'яжучих речовин відбувається внаслідок розчинення напівводного сульфату кальцію (напівгідрату) до появи його насиченого розчину, з якого викристалізуються кристали двоводного сульфату кальцію:



Під час твердіння об'єм гіпсового каменю збільшується на 0,15...0,5%, це дозволяє формувати з нього деталі складної конфігурації, оскільки гіпсове тісто, що твердіє, щільно заповнює форму.

Застосовують гіпсові в'яжучі речовини для виготовлення перегородкових плит і панелей, акустичних піногіпсових і перфорованих плиток, сухої гіпсової штукатурки, для приготування гіпсових та змішаних

розчинів і бетонів, для виробництва змішаних в'язучих речовин, декоративного штучного мармуру, архітектурних і скульптурних деталей, інших оздоблювальних та конструкційних матеріалів і виробів, що використовуються в частинах будинків, захищених від зволоження, за відносної вологості повітря не більше 60%.

#### 5.4. Визначення тонкості помелу гіпсових в'язучих речовин

**Матеріали:** гіпсова в'язуча речовина

**Прилади:** сушильна шафа, ваги технічні з похибкою вимірювання не більше 0,05 г, сито з розмірами вічок у просвіті 0,2 мм, термометр зі шкалою до 100 °С, установка для механічного просіювання

Визначення тонкості помелу передбачає встановлення маси гіпсової в'язучої речовини, що залишилась після просіювання на ситі з розмірами вічка 0,2 мм, %.

#### Порядок виконання роботи

До випробувань проби гіпсової в'язучої речовини зразки та прилади треба витримати не менше 3 год за температури (20±3) °С у приміщенні з відносною вологістю повітря (65±10) %.

Наважку гіпсової в'язучої речовини висушують у сушильній шафі протягом 1 год за температури (50±5) °С, відбирають пробу, масою 50 г, зважену з похибкою не більше 0,1 г, висипають на сито і просіюють механічним або ручним способом. Просіювання вважають закінченим, якщо крізь сито протягом 1 хв під час ручного просіювання проходить не більше 0,05 г гіпсу. Залишок на ситі зважують. Тонину помелу окремої проби у % визначають за формулою:

$$ТП = \frac{m_1}{m} \cdot 100\% ,$$

де  $m_1$  – маса залишку на ситі, г;

$m$  – маса проби, г.

За величину тонини помелу приймають середнє арифметичне результатів двох випробувань. Результати випробувань заносять до табл. 5.4.

Таблиця 5.4

#### Результати визначення тонини помелу гіпсових в'язучих речовин

№ дослідіду	Наважка проби, г	Залишок на ситі, г	Тонина помелу, %	Клас в'язучої речовини	Позначка тонини помелу
1					
2					

**Висновок** повинен містити порівняння отриманих результатів з вимогами стандарту (табл. 5.3) та встановлення впливу різних добавок на зміну класу та позначки тонини помелу гіпсової в'язучої речовини.

## 5.2. Визначення водопотреби (тіста стандартної консистенції) гіпсових в'язучих речовин

**Матеріали:** гіпсова в'язуча речовина (будівельний гіпс), вода питна

**Прилади:** чашка з корозійностійкого матеріалу, місткістю 500 см<sup>3</sup>, ручна мішалка, що має більш ніж три петлі (рис. 5.1), віскозиметр Суттарда (рис. 5.2), скло, діаметром понад 240 мм, аркуш білого паперу, на який нанесено ряд концентричних кіл, діаметром 150...220 мм, через кожні 5 мм, циліндр із нержавіючого матеріалу, внутрішнім діаметром (50±0,1) мм і заввишки (100±0,1) мм, лінійка, завдовжки 250 мм, з ціною поділки 1 мм, ваги, з похибкою зважування не більше 1 г, секундомір, мірний циліндр для води, місткістю 250 мл, клаптик тканини

Водопотребу визначають кількістю води, потрібної для приготування тіста стандартної консистенції (діаметр розпливу 180±5 мм), і залежить вона від виду та співвідношення модифікацій сульфату кальцію у складі гіпсових в'язучих систем.

### Порядок виконання роботи

Чашку для замішування протирають тканиною і вливають спочатку воду, кількість якої залежить від властивостей в'язучої речовини. Потім вмикають секундомір і у воду протягом 2...5 с засипають 300 г гіпсу, перемішуючи масу ручною мішалкою протягом 30 с, починаючи відлік часу від початку засипання гіпсу у воду. Циліндр і скло попередньо протирають тканиною, потім циліндр встановлюють у центрі скла, під яке підкладають аркуш паперу з концентричними колами.

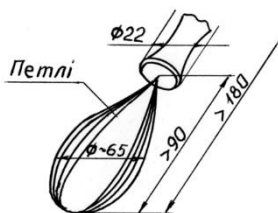


Рис. 5.1. Ручна мішалка

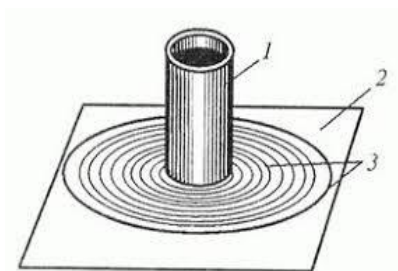


Рис. 5.2. Віскозиметр Суттарда:

1 – циліндр із нержавіючого матеріалу, внутрішнім діаметром (50±0,1) мм і заввишки (100±0,1) мм; 2 – скло, діаметром понад 240 мм; 3 – аркуш білого паперу, на який нанесено ряд концентричних кіл, діаметром 150...220 мм через кожні 5 мм

Через 45 с від початку засипання гіпсу у воду (або через 15 с після закінчення перемішування) циліндр дуже швидко піднімають вертикально на висоту, не менше 100 мм, і відводять у бік. Відразу після підняття циліндра лінійкою вимірюють у двох перпендикулярних напрямках діаметр розпливу гіпсового тіста з похибкою, не більше 5 мм, і вираховують середнє арифметичне значення. Якщо діаметр розпливу тіста не відповідає  $(180 \pm 5)$  мм, випробування повторюють з іншою кількістю води. Стандартну консистенцію гіпсового тіста у % визначають за формулою:

$$СКГТ = \frac{m_e}{m_r} \cdot 100\% ,$$

де  $m_e$  – маса води замішування, г;

$m_r$  – маса наважки гіпсової в'язучої речовини, г;

Вид та кількість добавки встановлює викладач. Результати випробування заносять до табл. 5.5.

Таблиця 5.5

**Результати визначення стандартної консистенції модифікованих гіпсових в'язучих речовин**

№ дос-ліду	Наважка проби, г		Кількість води, г	Діаметр розпливу тіста, мм	СКГТ, %
	добавка уповільнювач	добавка прискорювач			
1	–	–			
2	–				
3		–			

Стандартна консистенція гіпсового тіста є основним критерієм для визначення інших властивостей в'язучої речовини: термінів тужавлення і міцності.

**Висновок повинен містити порівняння отриманих результатів з вимогами стандарту та встановлення впливу різних добавок на зміну діаметра розпливу тіста та СКГТ гіпсової в'язучої речовини.**

**5.3. Визначення термінів тужавіння**

**Матеріали:** гіпсова в'язуча речовина, вода питна

**Прилади:** секундомір, конічне кільце з корозійностійкого матеріалу, з внутрішніми діаметрами 65 і 75 мм заввишки  $(40 \pm 0,5)$  мм, прилад Віка з голкою, діаметром  $(1,1 \pm 0,02)$  мм і масою рухомої частини  $(300 \pm 2)$  г (рис. 5.3), полірована пластинка з корозійностійкого матеріалу, за розмірами, не менше 100 мм x 100 мм, металева лінійка, клаптик тканини

## Порядок виконання роботи

Сутність методу полягає у визначенні часу від початку контакту в'язучої речовини з водою до початку і кінця тужавлення гіпсового тіста стандартної консистенції. Конічне кільце протирають тканиною, змащують машинним маслом і встановлюють на поліровану пластинку.

З наважки гіпсової в'язучої речовини, масою 200 г, готують тісто стандартної консистенції (нормальної густоти), фіксуючи при цьому секундоміром початок контакту гіпсу з водою.

Кільце заповнюють гіпсовим тістом, видаляють з нього повітря, струшуючи кільце з пластинкою 4...5 разів підніманням і опусканням пластинки на висоту 10 мм. Надлишки тіста зрізають лінійкою і заповнене кільце на пластинці встановлюють на основу приладу Віка. Після цього рухоми частину приладу з голкою опускають до дотику голки з поверхнею тіста. Занурення голки повторюють через кожні 30 с, починаючи з цілого числа хвилин і користуючись секундоміром. Після кожного занурення голку ретельно витирають, кільце з пластинкою переміщують так, щоб голка наступного разу занурювалась у нове місце поверхні тіста.

Початок тужавлення визначають числом хвилин від початку контакту в'язучої речовини з водою до того моменту, коли голка приладу перший раз не дійде до поверхні пластинки, а кінець тужавлення – числом хвилин від початку контакту в'язучої речовини з водою до того моменту, коли голка приладу занурюється у тісто на глибину, не більше 1 мм.

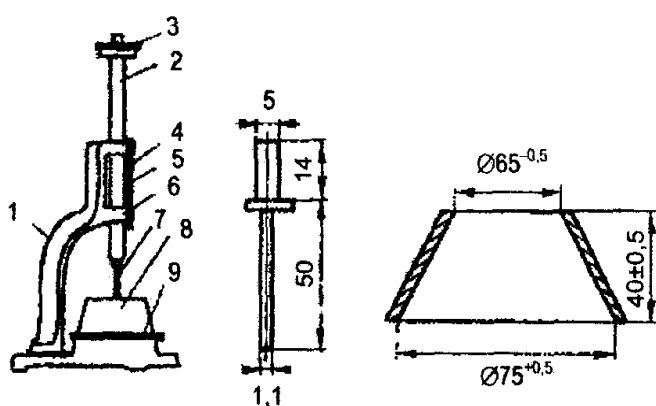


Рис. 5.3. Прилад Віка:

1 – штатив приладу; 2 – рухомий циліндричний стрижень (маса разом із сталеву голкою становить  $300 \pm 2$  г); 3 – площадка для додаткового привантаження; 4 – покажчик; 5 – шкала; 6 – затискний гвинт; 7 – сталевая голка; 8 – кільце; 9 – сталевая пластина

Вид та кількість добавки встановлює викладач. Результати випробування заносять до табл. 5.6. Групу та індекс в'язучої речовини за термінами тужавлення визначають за ДСТУ БВ.2.7-82: 2010.

Таблиця 5.6

### Результати визначення термінів тужавлення модифікованих гіпсових в'язучих речовин

№ дос-ліду	Наважка проби, г		Терміни тужавлення, хв		Назва групи в'язучої речовини за термінами тужавлення	Позначка
	добавка уповільнювач	добавка прискорювач	початок	кінець		
1	–	–				
2	–					
3		–				

**Висновок** повинен містити порівняння отриманих результатів з вимогами стандарту та встановлення впливу різних добавок на зміну термінів тужавлення гіпсової в'язучої речовини.

#### 5.4. Визначення марки за міцністю

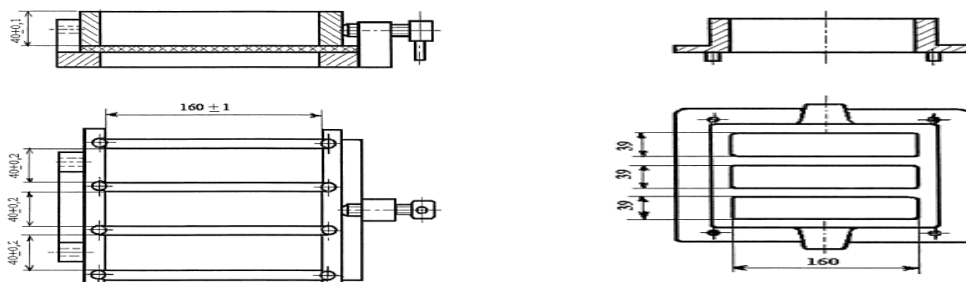
**Матеріали:** гіпсова в'язуча речовина, вода питна, мастило

**Прилади:** чашка з корозійностійкого матеріалу, лінійка, завдовжки 250 мм, ручна мішалка, мірний циліндр для води, місткістю 1 л, металева форма з корозійностійкого матеріалу для виготовлення трьох зразків-балочок, розмірами 4x4x16 см (рис. 5.4), прилад МІІІІ-100, дві металеві натискні пластинки, завширшки 40 мм і площею робочої поверхні 25 см<sup>2</sup>, прес гідравлічний з граничним навантаженням 10...20 тс, ніж, клаптик тканини

#### Порядок виконання роботи

Металеву форму попередньо змащують зсередини мінеральним маслом середньої в'язкості.

Наважку в'язучої речовини, масою 900 г, засипають протягом 5...20 с в чашку з водою, взятою в кількості, необхідної для отримання тіста стандартної консистенції, і фіксують час початку контакту в'язучої речовини з водою.



а

б

Рис. 5.4. Тригніздові металеві форми (а) та насадка до форм (б) для виготовлення зразків-балочок

Одержане тісто інтенсивно перемішують ручною мішалкою протягом 60 с і заливають у форму, заповнюючи її відсіки одночасно, для чого чашку з гіпсовим тістом рівномірно переміщують над формою. Після заповнення форми її струшують 5 разів для видалення затягнутого повітря, для чого її піднімають за торцеву сторону на висоту 8...10 мм і опускають. Після настання початку тужавлення надлишки гіпсового тіста знімають лінійкою, пересуваючи її по верхніх крайках форми перпендикулярно до поверхні зразків. Через  $(15 \pm 5)$  хв після закінчення тужавлення зразки витягують з форми, маркують і зберігають у приміщенні з температурою  $(20 \pm 3)$  °С та відносною вологістю повітря  $(65 \pm 10)$  %.

Визначення міцності зразків проводять через 2 год після контакту в'язучої речовини з водою. Для визначення границі міцності при згині кожну балочку встановлюють на опори приладу МІІ-100 таким чином, щоб ті їх грані, які були горизонтальними під час формування, знаходились у вертикальному положенні.

Границю міцності при згині розраховують як середнє арифметичне результатів трьох випробувань. Вид та кількість добавки встановлює викладач.

Для визначення границі міцності при стиску кожну з одержаних половинок балочок розміщують між двома натискними пластинками таким чином, щоб бокові грані, які під час формування прилягали до поздовжніх стінок форми, знаходились на площинах пластин, а упори пластин щільно прилягали до торцевої грані зразка (рис. 5.5).

Границю міцності окремого зразка  $R_i$  в кгс/см<sup>2</sup> (МПа) розраховують за формулою:

$$R_i = \frac{P_i}{F_i},$$

де  $P_i$  – величина руйнівного навантаження, кгс;

$F_i$  – площа робочої поверхні пластин (стискання), яка дорівнює 25 см<sup>2</sup>.

Границю міцності при стиску розраховують як середнє арифметичне результатів усіх зразків, без найбільшого і найменшого результатів:

$$R_{cm} = \frac{(R_i + \dots + R_n)}{n},$$

де  $R_i$  – результати визначення границі міцності при стиску окремих зразків МПа;

$n$  – кількість зразків, результати визначення границі міцності яких враховані у процесі обчислення.

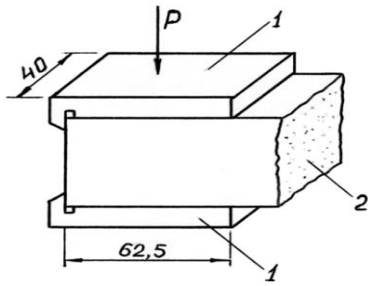


Рис. 5.5. Схема випробування на стиск: 1 – накладна пластина; 2 – половина зразка-балочки

Результати випробування заносять до табл. 5.7, 5.8.

Таблиця 5.7

**Результати визначення границі міцності при згині модифікованих гіпсових в'язучих речовин**

№ зразка	Добавки		Границя міцності при згині, МПа	
	уповільнювач	прискорювач	окремого зразка	середня
1	–	–		
2				
3	–	–		
4	–			
5				
6	–			
7		–		
8				
9		–		

Таблиця 5.8

**Результати визначення границі міцності при стиску модифікованих гіпсових в'язучих речовин**

№ зразка	Добавки		Руйнівна сила, кгс	Площа стискання, см <sup>2</sup>	Границя міцності при згині, МПа	
	уповільнювач	прискорювач			окремого зразка	середня
1	–	–		25		
2	–	–				
3	–					
4	–					
5		–				
6		–				

**Висновок** повинен містити порівняння отриманих результатів з вимогами стандарту (ДСТУ Б В.2.7-82:2010), визначення марки та встановлення впливу різних добавок на зміну границі міцності при згині та при стиску гіпсових в'язучих речовин.

**Загальний висновок** повинен містити умовну позначку гіпсу з розкриттям її сутності.

### **5.5. Вироби на основі гіпсових в'язучих**

Гіпсові в'язучі застосовують у складі штукатурних розчинів, сухих будівельних сумішей, «сухої штукатурки» (гіпсокартону), штучного мармуру, для виготовлення архітектурно-декоративних деталей інтер'єру (колони, капітелі, карнизи, балясини, ніші, арки, фризи); а також для створення акустично-декоративних виробів (наприклад, плити, армовані скловолокном із наскрізною перфорацією).

*Гіпсокартонні плити (ГКП)* являють собою рівні прямокутні плити, що складаються з гіпсової серцевини та міцно зчепленої з нею оболонки зі стійкого картону. Поверхні картону можуть бути різними залежно від призначення відповідного виду плит, а серцевина може містити добавки, що надають плитам додаткових властивостей. Поздовжні країки огорнуті картоном і мають форму, що відповідає призначенню плит. Картонні поверхні листів придатні для наклеювання шпалер, декоративних плівок або фарбування без додаткової підготовки. ГКП застосовують для облицювання (сухої штукатурки) стін, влаштування перегородок, підвісних стель, огороження комунікаційних шахт, виготовлення декоративних і звукопоглинальних виробів.

Основними сировинними матеріалами для виготовлення гіпсокартонних плит є гіпсові в'язучі речовини, облицювальний картон, пороутворюючі добавки, прискорювачі термінів тужавлення, добавки для покращення зчеплення облицювального картону з гіпсовою серцевиною, дисперсійно-армуючі добавки, гідрофобні добавки. В якості добавок, які забезпечують зчеплення картону з гіпсовою серцевиною, використовують модифікований крохмаль і лігносульфонати технічні. З метою зниження густини гіпсової серцевини в гіпсову суміш вводиться попередньо отримана технічна піна, для приготування якої використовують різні піноутворювачі. В якості прискорювачів термінів тужавлення застосовують тонкоподрібнений природний двогідрат сульфату кальцію, відходи від торцювання плит, вуглекислий калій (поташ). Для підвищення міцності при вигині і рівня вогнестійкості плит використовують обрізки скловолокна, довжиною трохи більше 10 мм, які отримують шляхом рубки ровінга зі склониток. Для надання гіпсокартону можливості застосування у вологих приміщеннях до його складу додають гідрофобні добавки, які знижують поглинання вологи (наприклад, ГКЖ 136-157М), та фунгіцидні добавки, які виключають розбухання і появу грибка.

Залежно від властивостей та галузей застосування, розрізняють різні види гіпсокартонних плит.

*Гіпсокартонні плити типу А* – плити, які включають гіпсову серцевину, поверхні якої, окрім торцевих ребер, під час виготовлення облицьовують картоном. Серцевина виготовляється з гіпсової суміші. На лицьову сторону плит можна наносити відповідну гіпсову штукатурку або додатне декоративне покриття. Плити застосовуються для внутрішніх робіт у приміщеннях з нормальною вологістю для вирівнювання стін, створення внутрішніх перегородок між кімнатами та підвісних стель. У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип А».

*Гіпсокартонні плити типу Н (зі зменшеною здатністю до водопоглинання)* – це плити, які складаються з гіпсової серцевини, облицьованої спеціальним картоном з обох сторін. Серцевина виготовляється з гіпсової суміші з додаванням фунгіцидних та гідрофобних добавок (наприклад, гідрофобізатор ГКЖ 136-157М) для зменшення здатності до водопоглинання. Плити використовуються в приміщеннях з підвищеною вологістю, таких як ванні кімнати, кухні та пральні. Відрізняються синім або зеленим кольором. Залежно від їх здатності до водопоглинання існують позначки «Тип Н1», «Тип Н2», «Тип Н3».

*Гіпсокартонні плити типу Е (для обшивання)* – плити, які включають гіпсову серцевину, поверхні якої, окрім торцевих ребер, під час виготовлення облицьовують картоном. Серцевина виготовляється з гіпсової суміші. Плити використовуються у першу чергу для обшивання зовнішніх елементів стін. Декоративне покриття не передбачено. Плити не розраховані на тривалий вплив погодних умов. Цей тип має знижене водопоглинання. Паропроникність зменшена до мінімуму. У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип Е».

*Гіпсокартонні плити типу F (з підвищеною стійкістю до високих температур)* – плити, які складаються з гіпсової серцевини, облицьованої спеціальним картоном з обох сторін. Для підвищення стійкості до дії високих температур (у разі пожежі) гіпсова серцевина цих плит містить мінеральні волокна або інші добавки. Плити використовують у приміщеннях з високими вимогами до пожежної безпеки: котельнях, серверних кімнатах та інших технічних приміщеннях, також поблизу домашніх камінів. Відрізняються червоним або рожевим кольором. У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип F».

*Гіпсокартонні плити типу Р* – плити, які включають гіпсову серцевину, поверхні якої, окрім торцевих ребер, під час виготовлення облицьовують картоном. На лицьову сторону плит передбачено нанесення гіпсової штукатурки або клею для з'єднання з іншими матеріалами, наприклад, гіпсовими плитами. У плит, призначених для нанесення на них гіпсової штукатурки, форма крайок буде у вигляді «повна крайка» або «кругла крайка». У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип Р».

*Гіпсокартонні плити типу D (з визначеною густиною)* – плити, які включають гіпсову серцевину, поверхні якої, окрім торцевих ребер, під час

виготовлення облицьовують картоном. На лицьову сторону плит можна наносити відповідну гіпсову штукатурку або додатне декоративне покриття. Вони мають визначену густину, яка дозволяє покращувати експлуатаційні характеристики у процесі застосування. У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип D».

*Гіпсокартонні плити типу R (з підвищеною міцністю)* – плити, які включають гіпсову серцевину, поверхні якої, окрім торцевих ребер, під час виготовлення облицьовують картоном. Картон забезпечує міцність та жорсткість плит. На лицьову сторону плит можна наносити відповідну гіпсову штукатурку або додатне декоративне покриття. Вони призначені для застосування там, де вимагається підвищена міцність на руйнування при вигині як у поздовжньому, так і в поперечному напрямку. У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип R».

*Гіпсокартонні плити типу I (з підвищеною твердістю поверхні)* – плити, які включають гіпсову серцевину, поверхні якої, окрім торцевих ребер, під час виготовлення облицьовують картоном. Картон забезпечує твердість плит. Плити призначені для застосування там, де висуваються вимоги до підвищеної твердості поверхні. На передній стороні може наноситися додатна гіпсова штукатурка або декоративне покриття. У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип I».

За завданням викладача у табл. 5.9 розраховують масу однієї гіпсокартонної плити (розміри задає викладач за стандартом ДСТУ EN 520:2018, див. дод. 5.1), використовуючи результати дослідження окремих зразків та визначення їх середньої густини. Також до табл. 5.9 заносять основні компоненти, що використовуються для отримання даної плити, та показники властивостей за стандартом, що представлені у вищезгаданому додатку.

## Характеристика виробів на основі гіпсових в'яжучих речовин

№	Найменування зразків виробу	Основні компоненти	Розміри зразка, м			Визначення середньої густини			Розрахунок маси 1 плити		Властивості за стандартом ДСТУ EN 520:2018	Особливості застосування
			довжина	ширина	товщина	m, кг	V, м <sup>3</sup>	ρ <sub>m</sub> , кг/м <sup>3</sup>	площа S, м <sup>2</sup>	маса 1 плити, кг		
1	Гіпсокартонні плити типу А (стінові)											
2	Гіпсокартонні плити типу Н (зі зменшеною здатністю до водопоглинання)											
3	Гіпсокартонні плити типу F (з покращеною стійкістю за високих температур)											
4	Гіпсокартонні плити типу D (з визначеною густиною) (стельові)											

69

**Висновок** повинен містити оцінювання властивостей, ефективності виготовлення та використання виробів на основі гіпсових в'яжучих речовин й порівняння з аналогами з урахуванням їх технічних та експлуатаційних властивостей.

## Лабораторна робота № 6 ВИПРОБУВАННЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

**Метою роботи** є вивчення методів випробування портландцементу та визначення його технічних характеристик.

### **Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ Б В.2.7-46-2010. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови.
2. ДСТУ Б В.2.7-185: 2009. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти цементу, строків тужавлення, рівномірності зміни об'єму.
3. ДСТУ Б В.2.7-187: 2009. Будівельні матеріали. Цементи. Визначення міцності на згин та стиск.
4. ДСТУ Б В.2.7-188: 2009. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення тонкості помелу.
5. ДСТУ Б В.2.7-128-2006. Будівельні матеріали. Добавки активні мінеральні та добавки-наповнювачі для цементу. Технічні умови.
6. ДСТУ EN 196-1: 2007 (EN 196-1: 2005, IDT). Методи випробування цементу. Частина 1. Визначення міцності.
7. ДСТУ EN 196-3: 2007 (EN 196-3: 2005, IDT). Методи випробування цементу. Частина 3. Визначення строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму.
8. ДСТУ Б EN 197-1: 2015 Цемент. Частина 1. Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів (EN 197-1: 2011, IDT).

### **Короткі відомості**

**Портландцемент** – гідравлічна в'язуча речовина, яку отримують спільним тонким подрібненням портландцементного клінкеру з двоводним гіпсом  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (до 5%) або іншими добавками.

*Портландцементний клінкер* – продукт випалювання до спікання (за температури 1450 °С) суміші вапняку (приблизно 75%) та глини (приблизно 25%) або мергелю нормованого складу. За речовинним складом та міцністю при стиску (на 28 добу твердіння) цементи загальнобудівельного призначення поділяють на такі типи і марки (ДСТУ Б В.2.7-46:2010):

тип I – портландцемент (містить від 0 до 5% мінеральних добавок осадового походження), марки 300, 400, 500;

тип II – портландцемент з мінеральними добавками (містить від 6 до 35% добавок пуцолани, золи-винесення, доменного гранульованого шлаку, вапняку), марки 300, 400, 500;

тип III – шлакопортландцемент (містить від 36 до 95% гранульованого доменного шлаку), марки 300, 400, 500;

тип IV – пуцолановий цемент (містить від 21 до 55% активних мінеральних добавок осадового походження – діатоміт, трепел, опока, глієж; вулканічного походження – вулканічний попіл, туф, цеоліт, трас, пемза, базальт, вулканічний шлак; техногенні – золи-винесення, золошлакові суміші, паливний шлак, мікро-кремнезем, випалена глина тощо за ДСТУ Б В.2.7-128-2006), марки 300, 400, 500;

тип V – композиційний цемент (містить від 36 до 80% мінеральних добавок, причому доменного гранульованого шлаку від 18 до 60%, пуцолани від 10 до 40%), марки 300, 400, 500.

Цементи типів II, IV, V поділяють за вмістом компонентів на підтипи А і Б, а типу III – на підтипи А, Б і В.

Для оцінки якості портландцементу загальнобудівельного призначення (ДСТУ Б В.2.7-46-2010) визначають такі параметри: істинну густину, тонкість помелу, водопотребу, строки тужавлення, рівномірність зміни об'єму цементного тіста нормальної густоти, вміст оксиду сульфуру (VI) SO<sub>3</sub>, границі міцності при стиску і згині.

Вимоги до основних технічних характеристик портландцементу наведено в таблиці 6.1 та 6.2.

За європейськими нормами *EN 196-1 (1987) Methods of testing cement. Determination of strength* для характеристики цементу основним показником є клас, визначений у МПа.

В Україні адаптована європейська норма на цемент *ДСТУ Б EN 197-1: 2015 (EN 197-1: 2011, IDT)*, згідно з якою міцність цементів оцінюється за класами. Кожний клас стандартної міцності поділяється на три класи ранньої міцності: клас із звичайною ранньою міцністю, позначений *N*; клас з високою ранньою міцністю, позначений *R*; клас із низькою ранньою міцністю, позначений *L* (табл. 6.2). Клас *L* застосовується лише до шлакопортландцементів з низькою ранньою міцністю.

Таблиця 6.1

**Основні властивості портландцементу (ДСТУ Б В.2.7-46-2010)**

Властивість портландцементу	Показник
Істинна густина, г/см <sup>3</sup>	3,0...3,2
Тонкість помелу: залишок на ситі № 008 (не більше), мас.%	15,0
Водопотреба (тісто нормальної густоти), %	22...28
Строки тужавлення:	45 (60)
– початок (не раніше), хв (залежно від виду цементу)	10

– кінець (не пізніше), год	
Рівномірність зміни об'єму: – наявність на зразках-плескачиках, діаметром 7...8 см, товщиною 1 см, радіальних тріщин по діаметру, посічки тріщин, деформованої поверхні	не допускається
Вміст оксиду сульфуру (VI) SO <sub>3</sub> , %	3,5...4,5
Вміст хлорид-іонів Cl <sup>-</sup> в цементах за масою, не більше, %	0,1
Граничне значення стандартної міцності при стиску на 28 добу (не менше), МПа (за ДСТУ Б В.2.7-46:2010) для марки 300	30,0
400 (400P)	40,0
500 (500P)	50,0

Таблиця 6.2

**Фізико-механічні вимоги до портландцементу**  
(ДСТУ Б EN 197-1: 2015 (EN 197-1: 2011, IDT))

Клас міцності	Міцність при стиску, МПа			Початок тужавлення, хв	Рівномірність зміни об'єму, мм
	Рання міцність		Стандартна міцність		
	2 доби	7 діб			
32,5 L <sup>*</sup> )	–	≥ 12,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≤ 10
32,5 N	–	≥ 16,0			
32,5 R	≥ 10,0	–			
42,5 L <sup>a)</sup>	–	≥ 16,0	≥ 42,5	≤ 62,5	
42,5 N	≥ 10,0	–			
42,5 R	≥ 20,0	–			
52,5 L <sup>a)</sup>	≥ 10,0	–	≥ 52,5	–	
52,5 N	≥ 20,0	–			
52,5 R	≥ 30,0	–			

*Примітка*<sup>\*</sup>). Клас міцності, визначений лише для шлакопортландцементів з низькою ранньою міцністю.

### 6.1. Визначення виду цементу

**Матеріали:** різновиди портландцементу

#### Порядок виконання роботи

Вивчення виду цементу починають з встановлення його кольору (табл. 6.3).

Орієнтовно колір різних видів цементу такий: портландцемент має сірий колір з зеленуватими відтінками; пуцолановий портландцемент – світло-сірий або жовтуватий, шлакопортландцемент – сірий з блакитним відтінком.

Ознаками, що відрізняють один цемент від іншого, можуть бути також істинна та середня густина, нормальна густина цементного тіста та строки його тужавлення.

Таблиця 6.3

### Основні характеристики цементів загальнобудівельного призначення

Вид цементу	Колір та запах	Істинна густина, г/см <sup>3</sup>	Насипна густина, кг/м <sup>3</sup>	Нормальна густина цементного тіста, %	Марка за ДСТУ
Портландцемент без добавок	Світло-сірий або світло-зелений, без запаху	3,0...3,2	1100...1300	22...26	300, 400, 500
Портландцемент з мінеральними добавками	Світло-сірий або світло-зелений, без запаху	3,0...3,1	1000...1200	23...27	300, 400, 500
Пуцолановий портландцемент	Світло-сірий, без запаху	2,7...2,9	900...1100	28...40	300, 400, 500
Шлакопортландцемент	Зелено-сірий, з запахом сірководню	2,8...3,0	1000...1200	26...30	300, 400, 500

## 6.2. Визначення істинної густини (ДСТУ Б В.2.7-188: 2009)

**Матеріали:** портландцемент, вода, збездвожений гас

**Прилади:** об'ємомір Ле-Шатель'є (рис. 1.1), посудина з водою, термометр, штатив, лійка, ваги технічні

### Порядок виконання роботи

Досліджуваний матеріал висушують у сушильній шафі до сталої маси за температури  $T = 105...110^{\circ}\text{C}$ . Об'ємомір (рис. 1.1) заповнюють безводним гасом до нульової відмітки. Відважують 65 г цементу (з точністю до 0,01 г) і висипають його у прилад через лійку невеликими порціями доти, доки рівень рідини у приладі підніметься до однієї з верхніх позначок, визначивши тим самим об'єм матеріалу. Залишок порошку зважують і за різницею мас визначають масу порошку в об'ємомірі.

Істинну густину цементу у  $\text{г/см}^3$  розраховують за формулою:

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

де  $m$  – маса цементу в об'ємомірі, г;

$V$  – абсолютний об'єм порошку в об'ємомірі,  $\text{см}^3$ .

Для визначення істинної густини випробування одного і того ж цементу виконують двічі і з отриманих результатів розраховують середнє значення. Якщо різниця отриманих показників перевищує  $0,02 \text{ г/см}^3$ , то випробування виконують ще раз.

Результати випробувань заносять до табл. 6.4.

Таблиця 6.4

#### Результати визначення істинної густини портландцементу та його різновидів

№ досліду	Вид цементу	Маса матеріалу в об'ємомірі, г	Абсолютний об'єм порошку в об'ємомірі, $\text{см}^3$	Істинна густина, $\text{г/см}^3$
1	Портландцемент без добавок			
2	Пуцолановий портландцемент			
3	Шлакопортландцемент			

**Висновок** повинен містити порівняння отриманих результатів з вимогами стандарту (табл. 6.1) та встановлення впливу добавок золи та шлаків на зміну істинної густини цементів.

#### 6.3. Визначення насипної густини (ДСТУ Б В.2.7-188: 2009)

**Матеріали:** портландцемент, вода

**Прилади:** металева лійка з засувкою, мірний циліндр, ваги технічні

#### Порядок виконання роботи

У лійку при закритій засувці засипають 3 кг цементу, що випробовують. Під трубку лійки встановлюють попередньо зважений мірний циліндр, місткістю  $1 \text{ дм}^3$ . Потім відкривають засувку і заповнюють цементом мірний циліндр з надлишком; закривають засувку і металевою лінійкою зрізують надлишок цементу врівень з краями циліндра. Потім посудину з цементом зважують.

Насипну густину у  $\text{кг/м}^3$  визначають за формулою:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V},$$

де  $m_2, m_1$  – маса мірного циліндра відповідно з цементом та порожнього, кг;  
 $V$  – об'єм мірного циліндра, м<sup>3</sup>.

Результати випробувань заносять до табл. 6.5.

Таблиця 6.5

**Результати визначення насипної густини портландцементу та його різновидів**

№ дос-ліду	Вид цементу	Маса мірного циліндра з матеріалом, кг	Маса мірного циліндра, кг	Об'єм мірного циліндра, м <sup>3</sup>	Насипна густина, кг/м <sup>3</sup>
1	Портландцемент без добавок				
2	Пуцолановий портландцемент				
3	Шлакопортланд-цемент				

**Висновок** повинен містити порівняння отриманих результатів з вимогами стандарту (табл. 6.1) та встановлення впливу різних добавок на зміну насипної густини цементів.

**6.4. Визначення тонкості помелу (ДСТУ Б В.2.7-188: 2009)**

**Матеріали:** портландцемент

**Прилади:** сито №008 з кришкою і піддоном, ваги лабораторні, шафа сушильна

**Порядок виконання роботи**

Портландцемент висушують у сушильній шафі протягом 2 годин за температури 105...110 °С та охолоджують в ексікаторі, зважують наважку, масою 50 г, з точністю до 0,05 г. Наважку просіюють крізь сито № 008 протягом 5...7 хвилин. Просіювання вважається закінченим, якщо протягом 1 хвилини крізь сито проходить не більше 0,05 г цементу. Після закінчення просіювання зважують залишок проби на ситі з точністю до 0,05 г. Тонкість помелу цементу визначають як залишок на ситі № 008 у відсотках від попередньої маси проби з точністю до 0,1%. Результати випробувань заносять до табл. 6.6.

Таблиця 6.6

### Результати визначення тонкості помелу портландцементу та його різновидів

№ досліджу	Вид цементу	Маса проби, г	Маса залишку на ситі №008,	
			г	%
1	Портландцемент без добавок	50		
2	Пуцолановий портландцемент			
3	Шлакопортландцемент			

**Висновок** повинен містити порівняння отриманого результату з вимогами стандарту (табл. 6.1) та встановлення впливу різних добавок на зміну тонкості помелу цементів.

#### 6.5. Визначення нормальної густоти цементного тіста (ДСТУ Б В.2.7-185: 2009)

**Нормальна густота цементного тіста (водопотреба)** характеризується кількістю води (%), що використовується під час замішування портландцементу для досягнення потрібної консистенції. Нормальною густотою цементного тіста вважають таку його консистенцію, за якої товчачик, занурений у кільце з цементним тістом приладу Віка протягом 30 с не досягає дна на 5...7 мм.

**Матеріали:** портландцемент, вода

**Прилади:** чаша для замішування, лопатка для замішування, мірний скляний циліндр, ваги лабораторні, прилад Віка з товчачиком (рис. 6.1), секундомір, ніж

#### Порядок виконання роботи

В чашу для замішування висипають попередньо зважену пробу порошку цементу (400 г), виливають визначену кількість води, що становить 22...28% від маси цементу, витримують приблизно 30 с і потім ретельно перемішують протягом 5 хв лопаткою. Кільце приладу Віка та пластинку перед початком випробовувань змащують тонким шаром машинного масла, а потім за один прийом заповнюють цементним тістом і 5...6 разів струшують об тверду

поверхню. Поверхню тіста вирівнюють із краями кільця, зрізуючи надлишок тіста ножем, який попередньо протертий вологою тканиною. Товкачик приладу Віка приводять у дотик з поверхнею тіста посередині і фіксують положення стопорним пристроєм. Звільняють товкачик відкручуванням гвинта і дають йому можливість вільно входити у цементне тісто протягом 30 с. За нормальну густоту цементного тіста (НГТ) беруть таку його консистенцію, за якої товкачик приладу Віка, занурений у кільце, заповнене тістом, не доходить на 5...7 мм до пластинки, на якій встановлене кільце. За невідповідної консистенції цементного тіста змінюють кількість води і повторюють випробування за наведеною методикою. Результати випробувань заносять до табл. 6.7.

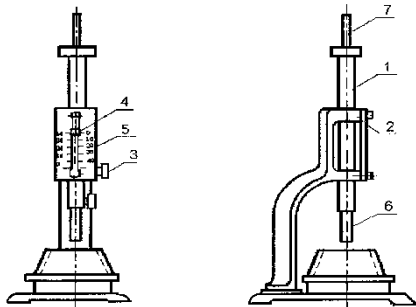


Рис. 6.1. Прилад Віка з товкачиком для визначення нормальної густоти цементного тіста: 1 – циліндричний металевий стрижень; 2 – обойма станини; 3 – стопорний пристрій; 4 – покажчик; 5 – шкала; 6 – циліндр-товкачик; 7 – голка

Нормальну густоту цементного тіста характеризують вмістом води, що потрібна для замішування і отримання консистенції цементного тіста відповідно до вимог стандарту. НГТ виражають у відсотках маси води від маси цементу і визначають з точністю до 0,25%.

Таблиця 6.7

**Результати визначення нормальної густоти цементного тіста**

№ дос-лiду	Вид цементу	Маса наваж-ки, г	Кіль-кість води, мл	Трива-лість перемішу-вання, хв	Трива-лість випро-бувань, с	Глибина занурення товкачика, мм	Водопотреба	
							мл	%
1	Портланд-цемент без добавок							
2	Пуццолановий портланд-цемент							
3	Шлако-портланд-							

	цемент							
--	--------	--	--	--	--	--	--	--

**Висновок** повинен містити порівняння отриманого результату з вимогами стандарту (табл. 6.1) та встановлення впливу різних добавок на зміну нормальної густоти цементного тіста.

#### 6.6. Визначення строків тужавлення (ДСТУ Б В.2.7-185:2009)

**Строки тужавлення** – час, протягом якого цементне тісто (суміш цементу та води) втрачає свою пластичність, переходячи в твердий стан. Розрізняють початок тужавлення (початок втрати пластичності) і кінець тужавлення (повна втрата пластичності).

**Матеріали:** портландцемент, вода

**Прилади:** чаша для замішування, лопатка для замішування, мірний скляний циліндр, ваги лабораторні, прилад Віка з голкою, ніж, секундомір

#### Порядок виконання роботи

Строки тужавлення цементного тіста визначають зануренням голки приладу Віка у цементне тісто нормальної густоти. Голку занурюють у цементне тісто через кожні 10 хв, пересуваючи кільце після кожного занурення, щоб запобігти опусканню голки в те ж саме місце. Голку обтирають після кожного занурення. Початок тужавлення – це час від початку замішування до моменту, коли голка не доходить до пластинки на 2...4 мм. Кінець тужавлення визначається у момент, коли голка занурюється в тісто не більш як на 1...2 мм. Вимоги до строків тужавлення портландцементу наведено в табл. 6.1.

#### 6.7. Визначення рівномірності зміни об'єму цементу (ДСТУ Б В.2.7-185:2009)

За наявності у складі портландцементного клінкеру надлишку вільних оксидів кальцію та магнію (більше 5%) у процесі гідратації цементу виникають внутрішні деформації, які призводять до руйнування вже сформованої структури цементного каменю.

**Матеріали:** цементне тісто нормальної густоти, машинне масло

**Прилади:** скляна пластина, ванна з гідравлічним затвором, посудина для кип'ятіння

#### Порядок виконання роботи

Для визначення рівномірності зміни об'єму цементного каменю готують цементне тісто нормальної густоти. Дві наважки, масою 75 г кожна, виготовлені у

вигляді кульок, розташовують на скляній пластині, злегка змащеній машинним маслом. Стукають пластинкою по твердій поверхні до утворення з кульок коржиків, діаметром від 7 до 8 см та товщиною у центрі близько 1 см. Поверхню коржиків вирівнюють ножем, протирають вологою тканиною у напрямку від зовнішнього краю до центра до утворення гострих країв і гладкої заокругленої поверхні. Відразу після цього коржики поміщають у ванну з гідравлічним затвором або шафу для повітряно-вологого зберігання зразків на  $(24 \pm 2)$  год. Після закінчення часу зберігання два цементних коржики виймають з ванни, знімають із пластинок і розміщують на ґратчастій полиці у водяній бані. Нагрівають протягом  $(30 \pm 5)$  хв до температури кипіння води і витримують протягом 3 год за цієї температури, після чого припиняють нагрівання, дають коржикам охолонути до температури навколишнього середовища і проводять їх зовнішній огляд відразу після виймання з води. Цемент відповідає вимогам стандарту щодо рівномірності зміни об'єму, якщо на лицьовій стороні коржиків відсутні радіальні та діаметральні тріщини, що доходять до країв зразків, сітки дрібних тріщин, які видно неозброєним оком або під лупою, а також скривлень і збільшення об'єму коржиків (рис. 6.2). Скривлення виявляють за допомогою лінійки, яку прикладають до плоскої поверхні коржика, при цьому виявлені скривлення не повинні перевищувати 2 мм. На першу добу після випробувань є допустимою поява тріщин усадки, що не доходять до країв коржиків, за умови утворення дзвінкого звуку під час удару коржиків один об одного.

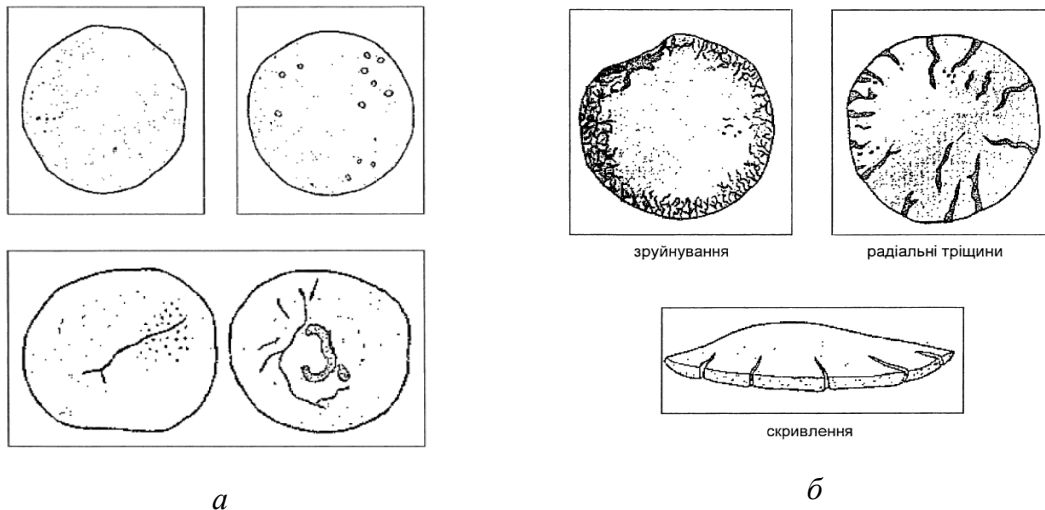


Рис. 6.2. Коржики, що витримали випробування на рівномірність зміни об'єму (а) та коржики, що не витримали випробувань (б)

**Висновок** повинен містити порівняння отриманих результатів з вимогами стандарту.

#### 6.8. Визначення активності та марки (ДСТУ Б В.2.7-187: 2009)

**Міцність цементного каменю** – це результат когезії частинок цементу (під час їх гідратації та твердіння) й адгезії їх до заповнювача, оскільки цемент застосовують в основному в бетонах і будівельних розчинах разом із заповнювачами. Значення границі міцності при стиску зразків з цементно-піщаного розчину складу 1:3 (за масою) за В/Ц, що обумовлює нормальну консистенцію розчинової суміші, які першу добу тверділи у формах в камері з вологим повітрям, а наступні 27 діб у воді, називають *активністю*. *Марка цементу* – це значення активності (в кгс/см<sup>2</sup>), округлене в бік зменшення або збільшення (на 5%) до значення, наведеного у стандарті (табл. 1, ДСТУ Б В.2.7-46-2010, ДСТУ Б В.2.7-112-2002), визначеного на зразках-балочках, розміром 4×4×16 см після 28 діб твердіння.

**Матеріали:** портландцемент, пісок кварцовий, вода

**Прилади:** чаша і лопатка для змішування; лопатевий змішувач (рис. 6.3), струшувальний стіл з формою-конусом (рис. 6.4, а), штиковка (рис. 6.4, б), штангенциркуль, тригніздові металеві форми для виготовлення зразків-балочок (рис. 6.5, а) з насадкою для форм (рис. 6.5, б), вібраційна площадка, камера з гідравлічним затвором та ванна з водою для зберігання зразків, прилад для випробування зразків на згин, прес для визначення міцності при стиску, пластинки для передачі навантаження

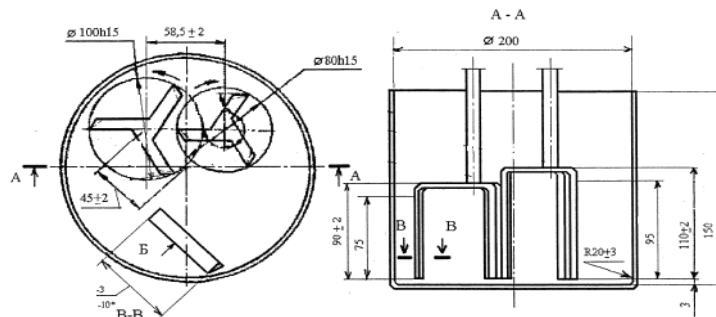


Рис. 6.3. Лопатевий змішувач

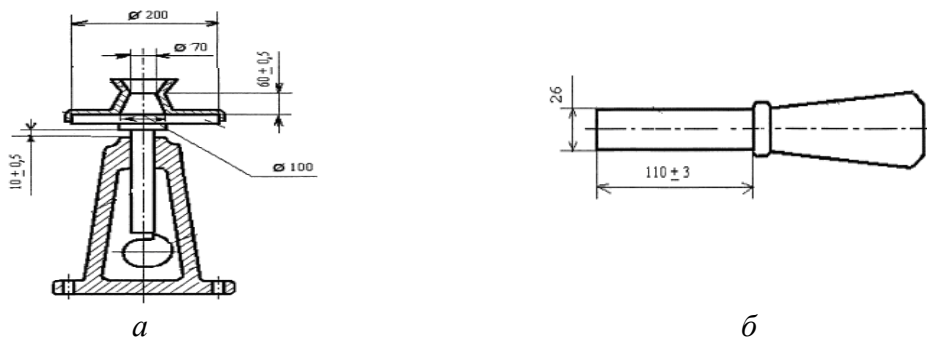


Рис. 6.4. Струшувальний стіл (а) з формою-конусом та штиковка (б) для визначення нормальної консистенції розчинової суміші

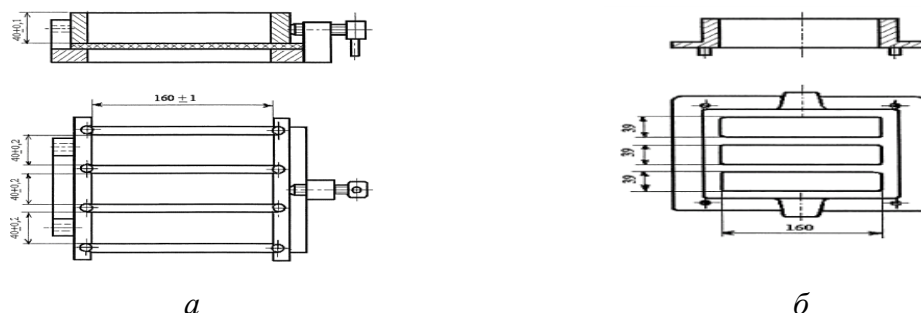


Рис. 6.5. Тригніздові металеві форми (а) та насадка до форм (б) для виготовлення зразків-балочок

### 6.8.1. Визначення консистенції цементно-піщаного розчину

#### Порядок виконання роботи

Для визначення консистенції і приготування цементного розчину зважують  $(1500 \pm 5)$  г стандартного піску для випробувань цементу згідно з ДСТУ Б В.2.7-189,  $(500 \pm 1)$  г цементу і  $(195 \pm 1)$  г води ( $V/C = 0,39$ ).

Складники завантажують у чашу лопатевого змішувача, яку попередньо протирають вологою тканиною, у такій послідовності: пісок, вода, цемент. Чашу встановлюють на змішувач і перемішують складники протягом  $(120 \pm 10)$  с.

Форму-конус з центрувальним пристроєм встановлюють на диск струшувального столика. Внутрішню поверхню конуса і диск столика перед випробуванням протирають вологою тканиною.

Після закінчення змішування заповнюють розчином форму-конус на половину висоти і ущільнюють шляхом 15 штикувань. Потім заповнюють конус розчином із невеликим надлишком і штикують 10 разів.

Після ущільнення поверхневого шару надлишок розчину видаляють ножом, розгладжують з натиском розчин рівно з краями конуса, потім конус знімають, піднімаючи у вертикальному напрямку. Ніж попередньо протирають вологою тканиною.

Розчин протягом  $30 \pm 5$  с струшують на столику 30 разів, після чого штангенциркулем вимірюють діаметр конуса за нижньою основою у двох взаємно перпендикулярних напрямках і розраховують середнє значення.

Розплив конуса з  $V/C = 0,39$  має бути не менше, ніж 106 мм. Для отримання суміші нормальної густоти розплив конуса повинен бути у межах 106...115 мм. Отримані результати заносять до табл. 6.8.

Таблиця 6.8

**Визначення консистенції цементно-піщаного розчину**

№ досліду	Вид цементу	Маса в'язучої речовини, г	Маса піску, г	Кількість води, г	Діаметр розпливу конусу, мм	Водоцементне відношення, В/Ц
1	Портландцемент без добавок					
2	Пуцолановий портландцемент					
3	Шлакопортландцемент					

**Висновок** повинен містити порівняння отриманих результатів з вимогами стандарту (табл. 6.1) та встановлення впливу добавок золи та шлаків на зміну консистенції цементно-піщаного розчину.

### 6.8.2. Визначення границі міцності при згині і стиску зразків портланцементу та його різновидів

#### Порядок виконання роботи

Безпосередньо перед виготовленням зразків-балочок внутрішню поверхню стінок форм і піддона трохи змащують машинним мастилом. Стики зовнішніх стінок та піддон форми змащують тонким шаром солідолу або іншим густим мастилом. На зібрану форму встановлюють насадку і змащують густим мастилом стик між формою і насадкою.

Для визначення міцності портландцементу виготовляють зразки-балочки з цементно-піщаного розчину згідно з ДСТУ Б В.2.7-187:2009, з В/Ц = 0,39 та консистенцією, яка характеризується розпливом конуса не більше, ніж 106 мм.

Для кожного строку випробувань, що встановлений згідно з вимогами стандартів на різні види, типи і марки цементів або програмою випробувань, виготовляють по три зразки-балочки (одна форма).

Для ущільнення розчину форму для зразків-балочок із насадкою, що підготовлені згідно з ДСТУ Б В.2.7-187: 2009, закріплюють у центрі віброплощадки. Дозволено встановлювати дві форми, які потрібно симетрично розташовувати відносно центра віброплощадки, за умови одночасного їх заповнення. Форму наповнюють розчином приблизно на 1 см за висотою і вмикають вібраційну площадку. Протягом перших 2 хв вібрації усі три гнізда форми рівномірно заповнюють розчином невеликими порціями. Через 3 хв від початку вібрації віброплощадку зупиняють. Форму знімають із віброплощадки і надлишок розчину видаляють ножем, який розташовують під невеликим кутом

до поверхні укладання, розгладжуючи з натиском розчин врівень із краями форми. Ніж повинен бути попередньо протертий вологою тканиною.

Після виготовлення зразки-балочки зберігають  $24 \pm 1$  год у формах у камері з гідравлічним затвором або в шафі, що забезпечує температуру повітря  $20 \pm 1$  °С і відносну вологість не менше, ніж 90%. Після закінчення строку зберігання зразки-балочки обережно розформовують, відповідним чином маркують і розміщують у посудинах із питною водою у горизонтальному або вертикальному положенні на відстані один від одного, щоб вода мала вільний доступ до всіх шести граней зразків. Шар води повинен покривати зразки не менше, ніж на 2 см. Воду замінюють кожні 14 діб. Температура води повинна становити  $20 \pm 1$  °С. Дозволено одночасно замінювати не більше, ніж 50% води.

Після закінчення строку зберігання зразки-балочки виймають з води і не пізніше, ніж через 30 хв випробовують. Безпосередньо перед випробуванням зразки-балочки протирають тканиною, залишаючи їх напівсухими. Зразок-балочку встановлюють на опорні елементи приладу так, щоб його горизонтальні грані знаходились у вертикальному положенні (рис. 6.6). Для визначення міцності при згині використовують три зразки-балочки, які випробовують відповідно до інструкції, що наведена до приладу.

Шість половинок зразків-балочок, які отримали після випробувань на згин, одразу випробовують на стиск. Половинку зразка-балочки розміщують між двома пластинками так, щоб бокові грані, які під час виготовлення примикали до стінок форми, знаходилися на площині пластинок, а упори пластинок щільно примикали до торцевої гладкої площини зразка-балочки (рис. 6.7).

Зразок-балочку разом із пластинками центрують на опорній плиті машини для випробувань. Середня швидкість збільшення навантаження під час випробування повинна бути  $(2400 \pm 200)$  Н/с або  $(2,4 \pm 0,2)$  кН/с.

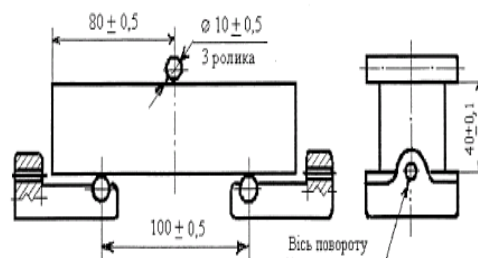


Рис. 6.6. Схема розміщення зразка-балочки на опорних елементах

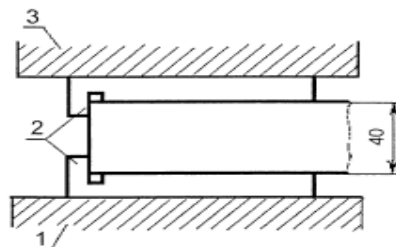


Рис. 6.7. Розташування зразка-балочки між пластинками: 1 – нижня плита преса;

2 – пластинки; 3 – верхня плита преса

**Міцність при згині.** Результат випробування міцності при згині обчислюють як середнє арифметичне значення трьох одиничних результатів, отриманих у процесі випробування трьох зразків-балочок. Кожен результат має бути наведений із точністю не менше, ніж 0,1 МПа. Середнє арифметичне значення наводять із точністю не менше, ніж 0,1 МПа.

**Міцність при стиску.** Міцність при стиску окремого зразка обчислюють як частку від ділення величини руйнівного навантаження (кгс) на робочу площу пластинки (см<sup>2</sup>), тобто 25 см<sup>2</sup>. Результат випробування міцності при стиску обчислюють як середнє арифметичне значення шести одиничних результатів, отриманих у процесі випробування трьох зразків-балочок. Кожен результат наводять із точністю не менше, ніж 0,1 МПа. Якщо якесь значення з шести результатів відрізняється від середньоарифметичного більше, ніж на ±10%, усі результати випробувань відкидають і визначення міцності повторюють. Середнє арифметичне значення наводять із точністю не менше, ніж 0,1 МПа. Результати заносять до табл. 6.9.

Вимоги до міцності при стиску цементів згідно з (ДСТУ Б В.2.7-46: 2010) наведено в табл. 6.10.

Таблиця 6.9

**Визначення активності та марки портландцементу і його різновидів**

Вид цементу	№ зразка	Міцність при згині, R <sub>зг</sub>		Площа поперечного перерізу, F, см <sup>2</sup>	Навантаження, P, кгс	Міцність при стиску, R <sub>ст</sub> , МПа	Активність цементу	Марка цементу
		кгс/см <sup>2</sup>	МПа					
Портландцемент без добавок	1			25				
	2							
	3							
Пуцолановий портландцемент	4			25				
	5							
	6							
Шлакопортландцемент	7			25				
	8							
	9							

Таблиця 6.10

**Вимоги до міцності при стиску цементу (ДСТУ Б В.2.7-46: 2010)**

Марка цементу (з позначками швидкості тверднення)	Міцність при стиску, МПа		
	Рання міцність		Стандартна міцність
	2 доби	7 діб	28 діб
300	–	15,0	30,0
400	–	20,0	40,0
400P	15,0	–	40,0
500	15,0	–	50,0
500P	20,0	–	50,0

Для визначення марки портландцементу за європейськими нормами EN 196-1 використовують цементний розчин пластичної консистенції, що містить цемент та стандартний пісок CEN у співвідношенні 1:3, водоцементне відношення становить В/Ц = 0,5. Пісок повинен мати певний гранулометричний склад. Змішування компонентів проводять у спеціальному змішувачі. Випробування цементу проводять через 2, 7 та 28 діб твердіння. Діюча в країнах ЄС номенклатура показників якості за EN 197-1 передбачає наступні класи – 32,5, 42,5 і 52,5. В Україні згідно з європейським стандартом EN 197-1 також проведена гармонізація норм (ДСТУ Б EN 197-1: 2015) (табл. 6.11, 6.12).

Таблиця 6.11

**Нові класи міцності при стиску цементу (EN 197-1)**

Клас міцності	Початок тужавлення, хв	Міцність при стиску, МПа			
		Рання міцність		Стандартна міцність	
		2 доби	7 діб	28 діб	
32,5 N	≥ 75	–	≥ 16	≥ 32,5	≤ 52,5
32,5 R		≥ 10,0	–		
42,5 N	≥ 60	≥ 10,0	–	≥ 42,5	≤ 62,5
42,5 R		≥ 20,0	–		
52,5 N	≥ 45	≥ 20,0	–	≥ 52,5	–
52,5 R		≥ 30,0	–		

**Співвідношення між марочною міцністю та класом міцності  
при стиску цементу**

Марка згідно ДСТУ Б В.2.7-46: 2010	Клас згідно ДСТУ Б EN 197-1: 2015
400	32,5 N
400P	32,5 R
500	42,5 N
500P	42,5 R

**Висновок** на підставі порівняння отриманих результатів випробувань з вимогами стандарту (ДСТУ Б В.2.7-46:2010) визначають марки цементів та встановлюють вплив добавок золи та шлау на їх зміну. **Загальний висновок повинен містити умовне позначення цементу з розкриттям сутності кожної позначки.**

## Лабораторна робота № 7

### ВИПРОБУВАННЯ ЩІЛЬНИХ ЗАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ ВАЖКОГО БЕТОНУ

**Метою роботи** є ознайомлення з методиками визначення основних властивостей щільних крупних та дрібних заповнювачів.

#### Нормативне забезпечення:

1. ДСТУ Б В.2.7-71-98. Будівельні матеріали. Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань.

2. ДСТУ Б В.2.7-74-98. Будівельні матеріали. Крупні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Класифікація.

3. ДСТУ Б В.2.7-75-98. Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови.

4. DIN 4226-2 Gesteinkörnungen für Beton und Mörtel- Teil 2: Leichte Gesteinkörnungen, 2002-02, Anhang E).

5. ДСТУ Б В.2.7-29-95. Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація.

6. ДСТУ Б В.2.7-32-95. Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови.

7. ДСТУ Б В.2.7-232:2010. Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань.

8. ДСТУ 9208:2022. Бетони важкі. Технічні умови.

#### Короткі відомості

**Заповнювачі** – це природні або штучні сипкі матеріали визначеного зернового складу, які використовують для отримання розчинів і бетонів загальнобудівельного та спеціального призначення (теплоізоляційних, декоративних, жаростійких, вогнетривких, кислотостійких, тампонажних, гідротехнічних тощо).

Заповнювачі поділяють за величиною середньої густини зерна на *щільні* ( $\rho_m > 2 \text{ г/см}^3$ ) та *пористі* ( $\rho_m < 2 \text{ г/см}^3$ ).

Щільні заповнювачі використовують для отримання важких бетонів, пористі – для отримання легких бетонів, звуко- і теплоізоляційних засипок тощо.

Щільні заповнювачі класифікують:

- *за крупністю*: крупні (щебінь та гравій із зернами більше 5 мм) та дрібні (піски із зернами до 5 мм);
- *за фракціями*: 0...5; 5...10; 10...20; 20...40 ; 40...80(70) мм;
- *за видом сировини та способом отримання*: природні, подрібнені, класифіковані;
- *за формою*: щебінь, гравій.

**Щебінь** (ДСТУ Б В.2.7-71) – це сипкий матеріал у вигляді зерен неправильної форми, що одержують подрібненням гірських порід, які мають міцність при стиску 20...140 МПа. Зерна щебеню мають кутасту форму й більш розвинуту, ніж у гравію, шорстку поверхню, а тому міцність їх зчеплення з цементним каменем значно вища, ніж у гравію.

Для виробництва щебеню подрібнюють вивержені породи – граніт, діабаз, діорит; щільні осадові породи – вапняк, доломіт; метаморфічні кварцити.

**Гравій** (ДСТУ Б В.2.7-71) – це різного ступеня обкатані уламки кам'яної породи, крупністю від 5 до 80 (70) мм, що утворюються в результаті природного руйнування (вивітрювання) вивержених чи осадових гірських порід. За походженням розрізняють гравій яровий (гірський), річковий та морський. Якщо вміст піску становить 25...40%, то матеріал називають **піщано-гравійною сумішшю**.

Внаслідок недостатнього зчеплення з цементним розчином гравій не застосовують у бетонах, які мають міцність при стиску вище 30 МПа. Крупні фракції гравію використовують для подрібнення на щебінь.

Основні характеристики, що визначають якість щільних заповнювачів, наведено у табл. 7.1.

Таблиця 7.1

**Характеристика щільних заповнювачів за українськими стандартами**

Вид заповнювача	Основні показники
<b>Щільні крупні заповнювачі (<math>\rho_z &gt; 2 \text{ г/см}^3</math>) (ДСТУ Б В.2.7- 75-98)</b>	
Щебінь з вивержених, осадових та метаморфічних порід	Фракції : 5-10; 10-20; 20-40; 40-70 мм
	Марка за міцністю за показником дробимості М200-М1400
	Поділ заповнювача на групи за вмістом лещадних частинок: <b>обкатана</b> – до 10%; <b>кубовидна</b> (10...15)%; <b>поліпшена</b> (15...25) %; <b>звичайна</b> (25...35)%
	Марки за морозостійкістю: F15-F400; втрата маси не повинна перевищувати 5%

Закінчення табл. 7.1

	Вміст пилюватих та глинистих частинок : - для щебеню з вивержених та метаморфічних порід: M200-400 – 2% ; M600-1400 – 1%; - для щебеню з осадових порід: M200-400 – 3%; M 600-1200 – 2%
	Вміст глини в грудках: Для щебеню з вивержених, метаморфічних та осадових порід: M200, 300 – 0,5 %; M400 та вище – 0,25%.
	Сумарна питома активність природних радіонуклідів : I клас – до 370 Бк/кг (для всіх видів будівництва); II клас – 370-740 Бк/кг (для дорожнього будівництва)
Гравій	Фракції : 5-10; 10-20; 20-40; 40-70 мм
	Марка за міцністю за показником дробимості M400-M1000
<b>Щільні дрібні заповнювачі (ДСТУ Б В. 2.7-32-95)</b>	
Пісок: кварцовий; польовошпатний; карбонатний	Фракції: 0,16-0,315; 0,315-0,63; 0,63-1,25; 1,25-2,5; 2,5-5 мм
	Модуль крупності: 1 – 4 ( для бетонів $M_{кр}=1,6-3,15$ )
	Вміст пиловидних та глинистих частинок: 2..7% залежно від виду будівельних матеріалів та конструкцій

## 7.1. Визначення основних властивостей крупних щільних заповнювачів

### 7.1.1. Визначення густини зерна щільних заповнювачів спрощеним методом (за німецьким стандартом DIN 4226-2)

**Матеріал:** гранітний щебінь, фр. 5...10 мм

**Прилади:** скляний циліндр, місткістю 1000 мл, прецизійні ваги на 1000 г з точністю 1 г, прецизійні ваги на 10 кг з точністю 10 г, сушильна шафа, дірчаста металева шайба зі штангою, посудина з водою, совок

#### Порядок виконання роботи

Відбирають середню пробу з висушеного за температури  $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$  заповнювача, маса якої залежить від насипної густини заповнювача:  $800 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$  – 300 г, більше  $1200 \text{ кг/м}^3$  – 500 г.

Пробу крупного заповнювача, масою 500 г, висипають у посудину з водою і витримують там не менше 30 хвилин для насичення водою. Мірний циліндр

наповнюють водою до поділки 500 мл. Пробу совком повільно висипають у підготовлений мірний циліндр. Зерна ущільнюють за допомогою металевої шайби (рис. 7.1).

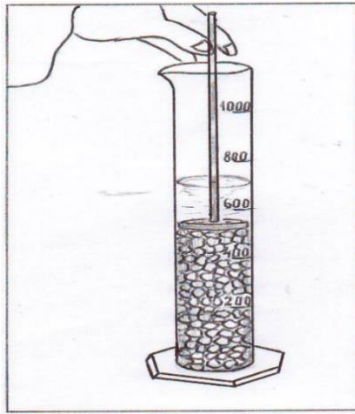


Рис. 7.1. Схема установки для визначення середньої густини зерен щільного крупного заповнювача спрощеним методом

Загальний об'єм зчитують з мірного циліндра з точністю до 5 мл.

Середню густину зерен обчислюють за формулою:

$$\rho_k = \frac{m}{V - (V_1 + 500)} \cdot 1000,$$

де  $\rho_k$  – середня густина зерна,  $\text{кг/м}^3$ ;  $m$  – маса проби, г;  $V$  – загальний об'єм, мл;  $V_1$  – об'єм металевої шайби, мл (об'єм шайби розраховують за лінійними розмірами або визначають за об'ємом витісненої води).

Середню густину зерен заповнювача розраховують як середньоарифметичне значення з трьох вимірювань. Результат визначення середньої густини крупного пористого заповнювача певної фракції слід навести у табл. 7.3.

### 7.1.2. Визначення насипної густини та об'єму міжзернових пустот

**Матеріал:** гранітний щебінь, фр. 5...10 мм

**Прилади:** мірна посудина визначеного об'єму (циліндр), ваги технічні, металева лінійка

#### Порядок виконання роботи

**Насипну густину крупного заповнювача** визначають зважуванням висушеної до сталої маси проби матеріалу у мірній посудині (циліндрі), об'єм якої приймають залежно від крупності зерен за даними табл. 7.2.

Таблиця 7.2

#### Вибір об'єму мірного циліндра для визначення насипної густини крупного заповнювача

Фракція щебеню (гравію), мм	Об'єм мірного циліндра, л ( $\text{дм}^3$ )
-----------------------------	---

Від 5 до 10	5
<i>Закінчення табл. 7.2</i>	
Понад 10 до 20	10
Понад 20 до 40	20
Понад 40	50

Заповнювач насипають у попередньо зважений циліндр ( $m_1$ ) з висоти 10 см до утворення конуса, який видаляють металевою лінійкою у рівень з краями посудини (без ущільнення) і зважують ( $m_2$ ).

Насипну густину заповнювача  $\rho_n$  розраховують з точністю до 10 кг/м<sup>3</sup> за формулою:

$$\rho_n = \frac{(m_2 - m_1)}{V},$$

де  $m_2$ ,  $m_1$  – маса посудини відповідно із заповнювачем і порожньої, кг;  $V$  – об'єм мірної посудини, м<sup>3</sup>.

Насипну густину визначають як середньоарифметичне результатів двох випробувань, використовуючи кожного разу нову порцію заповнювача. Результати випробувань заносять до табл. 7.3.

**Об'єм міжзернових пустот** (пустотність за об'ємом) крупного заповнювача  $V_n$ , %, визначають за формулою:

$$V_n = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_k \cdot 1000}\right) \cdot 100\%,$$

де  $\rho_n$  – насипна густина крупного заповнювача, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_k$  – середня густина зерен крупного заповнювача, г/см<sup>3</sup>.

Результати розрахунку пустотності крупного щільного заповнювача заносять до табл. 7.3.

*Таблиця 7.3*

**Визначення густини зерна, насипної густини та пустотності щільного крупного заповнювача**

Найменування заповнювача, розмір фракції	Маса, кг			Об'єм мірної посудини, $V$ , м <sup>3</sup>	Насипна густина, $\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup>	Середня густина зерен заповнювача, $\rho_k$ , г/см <sup>3</sup>	Пустотність, $V_n$ , %
	мірної посудини, $m_1$	мірної посудини із заповнювачем, $m_2$	заповнювача ( $m_2 - m_1$ )				

**Висновок:** повинен містити порівняння отриманих результатів з нормативними вимогами до певних груп заповнювача і довідниковими даними.

### 7.1.3. Визначення міцності за показником дробимості

*Дробимість* щебеню (гравію) визначають за ступенем руйнування зерен при стискуванні (роздавлюванні) у циліндрі. Суть цього методу полягає в тому, що пробу заповнювача стискають з необхідним зусиллям у сталевому циліндрі, а потім визначають, яка частина зерен при цьому роздробилася. Розраховують показник дробимості за формулою:

$$D_p = \frac{(m - m_1)}{m} \cdot 100\% ,$$

де  $m$  – маса аналітичної проби щебеню (гравію), г;

$m_1$  – маса залишку на контрольному ситі після просіювання подрібненої у циліндрі проби щебеню (гравію), г.

За показником дробимості, враховуючи тип гірської породи за походженням, визначають марку щебеню за ДСТУ Б В. 2.7-75-98 ( див. табл. 7. 4).

Таблиця 7.4

### Визначення марки щебеню за дробимістю (ДСТУ Б В. 2.7-75-98)

Марка щебеню за міцністю за показником дробимості	Втрата маси при визначенні дробимості, %		
	Щебінь із гірських порід		
	осадових та метаморфічних	вивержених глибинних	вивержених вилитих
1400	-	До 12	До 9
1200	До 11	Більше 12 до 16	Більше 9 до 11
1000	Більше 11 до 13	Більше 16 до 20	Більше 11 до 13
800	Більше 13 до 15	Більше 20 до 25	Більше 13 до 15
600	Більше 15 до 19	Більше 25 до 34	Більше 15 до 20
400	Більше 19 до 24	-	-
300	Більше 24 до 28	-	-
200	Більше 28 до 35	-	-

### 7.1.4. Визначення вмісту зерен пластинчастої та голчастої форми

**Матеріал:** гранітний щебінь, фр. 5...10 мм та фр. 10...20 мм

**Прилади:** ваги технічні, штангенциркуль (пересувний шаблон)

#### Порядок виконання роботи

Вміст у щебені зерен пластинчастої (плескатої) та голчастої форми оцінюють кількістю зерен, товщина яких менше довжини у три рази і більше,

методом візуального відбору. Згідно з вимогами ДСТУ БВ 2.7-74-98 зерна щебеню за формою поділяють на чотири групи (табл.7.5).

Для визначення вмісту пластинчастих і голчастих зерен беруть аналітичні проби, маса яких залежить від фракції щебеню (гравію) відповідно до табл. 7.6.

Таблиця 7.5

**Класифікація щебеню залежно від форми зерен**

Група щебеню за формою зерен	Вміст зерен пластинчастої (плескатої) та голчастої форми, мас. %
Обкатана	До 10
Кубовидна	Від 10 до 15 вкл.
Поліпшена	Від 15 до 25 вкл.
Звичайна	Від 25 до 35 вкл.

Таблиця 7.6

**Вибір маси проби заповнювача залежно від розміру його фракції**

Розмір фракції щебеню (гравію), мм	Маса аналітичної проби, кг, не менше
5...10	0,25
10...20	1,0
20...40	5,0
Більше 40	10,0

Пробу заповнювача зважують і з неї вибирають зерна, товщина яких менше довжини в три рази і більше. Співвідношення розмірів зерен визначають за допомогою пересувного шаблону або штангенциркуля. Зерна плескатої та голчастої форми зважують. Вміст зерен пластинчастої та голчастої форми  $P_{пл}$ , %, у кожній фракції щебеню (гравію), визначають за формулою:

$$P_{пл} = \frac{m_1}{m} \cdot 100\%,$$

де  $m$  – маса проби, г;  $m_1$  – маса зерен пластинчастої та голчастої форми, г.

Результати випробувань заносять до табл. 7.7.

Таблиця 7.7

**Визначення вмісту у заповнювачі пластинчастих та голчастих зерен**

Розмір фракції щебеню (гравію), мм	Маса проби $m$ , г	Вміст зерен пластинчастої та голчастої форми	
		за масою, $m_1$ , г	відносний, $P_{пл}$ , %
5...10			
10...20			

**Висновок** передбачає порівняння отриманих даних з вимогами нормативних документів та визначення придатності заповнювача для виготовлення певного виду бетонних та залізобетонних виробів.

## 7.2. Загальна характеристика дрібних щільних заповнювачів

Дрібні щільні заповнювачі або щільні піски (розмір зерен менше 5 мм) класифікують так: за зерновим складом; насипною густиною; походженням та видом; вмістом пилюватих і глинистих частинок, у тому числі глини у грудках; вмістом органічних домішок. Також звертають увагу на характер форми зерен, вміст шкідливих домішок, пустотність, питому поверхню, стабільність фізико-механічних властивостей.

За **походженням** щільні піски поділяють на такі види:

– **природні** (рядовий, збагачений, фракціонований, подрібнений, декоративний, із піщано-гравійної суміші, із відсівів подрібнення вивержених гірських порід або щільних осадових порід, із порід, що попутно видобувають, та відходів збагачення гірничо-збагачувальних підприємств вугільної, металургійної та інших галузей промисловості;

– **із відходів промисловості** (із металургійних, паливних та інших шлаків, піски із золошлакової суміші теплових електростанцій).

За **хіміко-мінералогічним (петрографічним) складом** піски поділяють на кварцові, польовошпатні, карбонатні.

За **умовами утворення**: яружні (гірські), річкові, морські та еолові (піски пустелі).

За **методами отримання**: природні (необроблені, збагачені, фракціоновані); подрібнені (збагачені, фракціоновані), а також піски з відсівів, які отримують під час розсівання подрібнених кам'яних порід.

Піски щільні всіх видів використовують як дрібний заповнювач для виробництва важких бетонів і розчинів, як заповнювач та компонент суміші – для виробництва силікатних виробів (ніздрюватих бетонів та силікатної цегли); сипкий матеріал – для дорожнього покриття, баластового шару залізничних колій, основ будівель і споруд, планувальних і рекультиваційних робіт, благоустрою територій та інших будівельних робіт.

### 7.2.1. Визначення властивостей дрібного заповнювача

Визначальними характеристиками дрібного щільного заповнювача (піску) є його зерновий (гранулометричний) склад, модуль крупності, вміст глинистих, пилюватих та органічних домішок.

### 7.2.1. Визначення зернового складу і модуля крупності дрібного щільного заповнювача

Зерновий (гранулометричний) склад піску характеризується відносним вмістом у ньому зерен різних розмірів.

*Модуль крупності* – умовний показник крупності піску, що визначається як сума повних залишків на контрольних ситах, поділена на 100.

**Матеріал:** проби піску кварцового

**Прилади:** ваги технічні, набір стандартних сит

#### Порядок виконання роботи

Зерновий (гранулометричний) склад піску визначають шляхом розсіювання висушеної до постійної маси проби піску на стандартному наборі сит (ситовий метод).

Із проби піску, який пройшов крізь сито з отворами, діаметром 5 мм, відбирають наважку, масою не менше 1000 г, для визначення зернового складу.

Підготовлену наважку просіюють механічним або ручним способами крізь набір сит з круглими отворами, діаметром 2,5 мм, та сітками, з розмірами отворів 1,25; 0,63; 0,315 та 0,16 мм (рис.7.2).

Просіювання вважають закінченим, якщо під час контрольного ручного струшування кожного сита протягом 1 хв крізь сито проходить не більше 0,1% від загальної маси наважки.

Під час механічного просіювання його тривалість встановлюють експериментальним шляхом.

Результати розрахунку заносять до табл. 7.8, а також зображують графічно у вигляді кривої просіювання (рис. 7.3).

За положенням ламаної лінії, побудованої за результатами ситового аналізу зернового складу піску, порівняно зі стандартним графіком визначають придатність даного виду піску для приготування бетонної суміші.

Таблиця 7.8

#### Результати визначення зернового складу піску

Показник	Розміри отворів сит, мм					Пройшло крізь сито, з розмірами отворів 0,16 мм, мас. %	$M_k$	Група піску за крупністю
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16			
Маса залишку на ситі $m_i$ , г	$m_{2,5}$	$m_{1,25}$	$m_{0,63}$	$m_{0,315}$	$m_{0,16}$	$m_0$		

Частковий залишок $a_i$ , мас. %	$a_{2,5}$	$a_{1,25}$	$a_{0,63}$	$a_{0,315}$	$a_{0,16}$	$a_0$		
Повний залишок $A_i$ , мас. %	$A_{2,5}$	$A_{1,25}$	$A_{0,63}$	$A_{0,315}$	$A_{0,16}$	-		

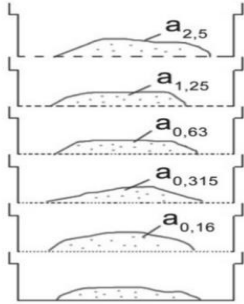


Рис. 7.2. Визначення часткових та повних залишків на ситах:

$$A_{2,5} = a_{2,5};$$

$$A_{1,25} = a_{2,5} + a_{1,25};$$

$$A_{0,63} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63};$$

$$A_{0,315} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315};$$

$$A_{0,16} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315} + a_{0,16}$$

– модуль крупності піску ( $M_k$ ) без урахування зерен, розмірами більше 5 мм, розраховують за формулою:

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100},$$

де  $A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}$  – повні залишки на ситах з отворами, розміром 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм, %.

Залишки проби піску на кожному ситі зважують. За результатами просіювання розраховують:

– частковий залишок на кожному ситі ( $a_i$ ) в процентах за формулою:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100\%,$$

де  $m_i$  – маса залишку на даному ситі, г;

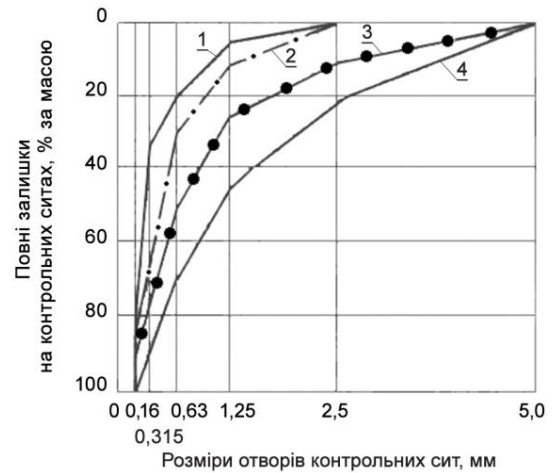
$m$  – маса проби піску, що просіюється, г;

– повний залишок на кожному ситі ( $A_i$ ) у процентах, визначений як сума часткових залишків на усіх ситах із більшим розміром отворів і залишку на даному ситі за формулою:

$$A = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i,$$

де  $a_{2,5}$ ,  $a_{1,25}$ ,  $a_i$  – часткові залишки на відповідних ситах, %;

Рис. 7.3. Криві зернового складу піску:  
 1 – допустима нижня границя крупності ( $M_k = 1,5$ ); 2 – рекомендована нижня границя крупності піску для бетонів класу С12/15 і вище; 3 – те ж для бетонів класу С 20/25 та вище ( $M_k=2,5$ ); 4 – допустима верхня границя крупності пісків ( $M_k = 3,25$ )



Також за табл. 7.9 визначають групу піску за стандартом. Якщо пісок за модулем крупності не відповідає вимогам, що висуваються відповідними стандартами до дрібних заповнювачів для важких бетонів, даний гранулометричний склад піддають збагаченню, тобто в разі дуже дрібних пісків ( $M_k \leq 1,5$ ) додають крупну фракцію, а в разі пісків підвищеної крупності ( $M_k \geq 3$ ) – дрібні фракції.

Таблиця 7.9

**Класифікація пісків за зерновим складом\*** (ДСТУ Б В.2.7-29-95).

Група піску	Модуль крупності, $M_k$	Повний залишок на ситі № 063, $A_{0,63}$ , мас.%
Дуже крупний	понад 3,5	понад 75
Підвищеної крупності	понад 3 до 3,5	понад 65 до 75
Крупний	понад 2,5 до 3,0	понад 45 до 65
Середній	понад 2,0 до 2,5	понад 30 до 45
Дрібний	понад 1,5 до 2,0	понад 10 до 30
Дуже дрібний	понад 1,0 до 1,5	до 10
Тонкий	понад 0,7 до 1,0	не нормується
Дуже тонкий	понад 0,5 до 0,7	не нормується

*Примітка.\** Умовними показниками зернового складу піску є його модуль крупності ( $M_k$ ) та повний залишок на ситі № 063 ( $A_{0,63}$ ). Якщо за модулем крупності та повним залишком на ситі № 063 ( $A_{0,63}$ ) піски відносяться до різних груп, то визначальним є модуль крупності.

**Висновок** передбачає визначення модуля крупності та групи піску за крупністю, а також встановлення його придатності до використання як дрібного заповнювача під час отримання бетонів різного призначення.

### **7.2.2. Визначення вмісту пилюватих та глинистих частинок у складі піску**

Частинки, розмір яких менше 0,05 мм, є шкідливими домішками, оскільки їх наявність на поверхні зерен піску знижує міцність його зчеплення з цементним каменем. Сумарний вміст вказаних домішок у піску під час його використання для приготування бетонів не повинен перевищувати 3% за масою (ДСТУ Б В 2.7-32-95).

Вміст пилюватих та глинистих частинок визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-232:2010 за одним з чотирьох методів: піпеточним, мокрого просіювання, фотоелектричним або методом відмулювання.

### **7.2.3. Визначення вмісту органічних домішок у складі піску**

**Матеріал:** проби піску кварцового

**Прилади:** скляний циліндр, еталон

#### **Порядок виконання роботи**

Органічні домішки (гумусові речовини) містять органічні кислоти, які призводять до розвитку корозії цементного каменю.

Під час використання колориметричного методу наявність органічних домішок визначають порівнянням забарвлення лужного розчину над пробєю піску із забарвленням еталону.

Як еталон використовують спеціально приготовлений розчин таніну. Пісок вважається придатним для використання у бетонах або будівельних розчинах, якщо рідина над пробєю піску не забарвлюється або має колір, світліший за еталон. За наявності темнішого за еталон кольору проводять додаткові випробування заповнювачів у складі бетонів або будівельних розчинів.

**Висновок** передбачає визначення за вмістом органічних домішок придатності піску до використання як дрібного заповнювача у складі бетонних та розчинових сумішей.

## Лабораторна робота № 8

### ВИПРОБУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ ТА СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

**Метою роботи** є вивчення методів випробування розчинових сумішей, будівельних розчинів та сухих будівельних сумішей, ознайомлення з властивостями, особливостями отримання та застосування опоряджувальних розчинів.

#### **Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ Б В.2.7-23-95. Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні технічні умови.
2. ДСТУ Б В.2.7-126:2011 Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови.
3. ДСТУ Б В.2.7-233:2010. Будівельні матеріали. Суміші будівельні рідкі модифіковані. Загальні технічні умови.

#### **8.1. Випробування будівельних розчинів**

##### **Короткі відомості**

**Будівельний розчин** – це штучний камінь, отриманий у процесі твердіння раціонально підібраної суміші, що складається з мінеральної в'язучої речовини, дрібного заповнювача (піску), води та добавок. До затвердіння суміш цих компонентів називають розчиною сумішшю. Відсутність крупного заповнювача надає розчиновим сумішам підвищену пластичність порівняно з бетонними і дозволяє укласти їх без спеціального (механічного) ущільнення.

Будівельними розчинами нового покоління є матеріали на основі сухих будівельних сумішей, використання яких відкриває нові можливості створення матеріалів з високими експлуатаційними властивостями.

Будівельні розчини класифікують за призначенням, середньою густиною та видом в'язучої речовини.

За призначенням будівельні розчини поділяють на розчини для кам'яних кладок, монтажу будівельних конструкцій; облицювальних і штукатурних робіт та спеціальні (акустичні, теплоізоляційні, радіаційнозахисні, хімічностійкі, жаростійкі, тампонажні).

За густиною в сухому стані розчини поділяють на важкі, з середньою густиною  $1500 \text{ кг/м}^3$  і більше, та легкі, що мають середню густину менше  $1500 \text{ кг/м}^3$ .

За видом в'язучої речовини будівельні розчини поділяють на прості, із використанням одного виду в'язучої речовини (цементні, вапняні, гіпсові тощо), та складні – на базі змішаних в'язучих речовин (цементно-вапняні, вапняно-зольні, вапняно-гіпсові).

Матеріали для виготовлення будівельних розчинів. Для приготування будівельних розчинів, крім в'язучих речовин, застосовують заповнювач – переважно пісок природний або продукт подрібнення різних гірських порід визначеного гранулометричного складу.

Для декоративних розчинів застосовують миті піски, подрібнені гірські породи – мармур, граніт, а також керамічний, вугільний, пластмасовий дрібняк.

Для прискорення зростання міцності та надання розчинам спеціальних властивостей (підвищення водонепроникності, морозостійкості, корозійної стійкості) використовують спеціальні види добавок, а саме: протиморозні, пластифікуючі, повітро-втягувальні, прискорювачі та сповільнювачі тужавіння й твердіння.

Оцінка властивостей штучного каменю на основі затверділого будівельного розчину здійснюється за такими показниками: середня густина, міцність при стиску, розтяг при розколюванні, розтяг при згині, усадка, середня густина, вологість, водопоглинання та морозостійкість. Обов'язковим для усіх видів розчинів є визначення міцності при стиску; інші властивості визначають у випадках, які передбачені проєктом.

Міцність при стиску будівельного розчину визначають у термін, встановлений стандартом на даний вид розчину. Встановлені такі марки: M4, M10, M25, M50, M75, M150, M200.

Для розчинів, що піддаються навперемінному заморожуванню та відтаванню у зволоженому стані в конструкціях будівель і споруд, існує поділ на марки за морозостійкістю: F10, F15, F25, F35, F50, F75.

Будівельні розчини використовують для проведення монтажних та опоряджувальних робіт.

*Розчини для кам'яних кладок* та монтажу будівельних виробів виготовляють з використанням портландцементу та шлакопортландцементу (для монтажу стін із панелей та великих бетонних і цегляних блоків, для звичайної кладки в разі застосування розчинів високих марок); вапна, вапняно-шлакових та вапняно-пуцоланових в'язучих (для малоповерхового будівництва); пуцоланових та сульфатостійких портландцементів (для конструкцій, що експлуатують в умовах впливу агресивних середовищ).

Цементні розчини використовують в основному під час зведення фундаментів та інших конструкцій, що розташовані нижче рівня ґрунтових вод, а також для заповнення швів та стиків панелей, плит покриттів і перекриттів у збірних залізобетонних будівлях, влаштування стяжок для м'яких покрівель та підлог.

*Монтажні розчини* для замонолічування стиків елементів збірних залізобетонних конструкцій виготовляють на основі портландцементу, розширеного та безусадочного цементів. Марка таких розчинів повинна бути не нижче M100.

*Спеціальні розчини* – це розчини для заповнення швів, ін'єкційні, гідроізоляційні, тампонажні, акустичні й рентгенозахисні.

Розчини для заповнення швів між елементами збірних залізобетонних конструкцій, які зазвичай мають рухомість 7...8 см, готують на портландцементі та чистому кварцовому піску.

Гідроізоляційні розчини виготовляють на цементах (М400 і вище) з використанням як заповнювача кварцового піску. Для влаштування гідроізоляційного шару конструкцій в агресивному середовищі як в'язучу речовину застосовують сульфатостійкий портландцемент і сульфатостійкий пуцолановий портландцемент. Щоб забезпечити водонепроникність швів і стиків у споруді, використовують гідроізоляційні розчини на основі розширеного цементу.

Кислотостійкі розчини використовують для створення антикорозійних покриттів на поверхнях спецобладнання. Зазвичай вони представлені сумішшю тонкомеленого кварцового компонента та кремнефториду натрію із кислотостійким заповнювачем (піском), що замішані рідинним натрієвим чи калієвим склом.

Жаростійкі розчини. Як в'язучу речовину застосовують глиноземисті і високоглиноземисті цемента, портландцемент та рідинне скло. Заповнювачами та наповнювачами можуть бути матеріали на основі шамоту, динасу, шлаків, паливних зол та бою випаленої керамічної цегли. Такі розчини застосовують для вогнетривкої кладки конструкційних елементів промислових печей та інших теплових агрегатів при температурах до +1200°C.

Акустичні та теплоізоляційні розчини повинні мати середню густину 600...1200 кг/м<sup>3</sup>. Як в'язучі речовини застосовують портландцемент, шлакопортландцемент, вапно, гіпс, а також цементно-вапняні суміші. Акустичні розчини застосовують як звукопоглинальну штукатурку, але одночасно вони виконують функцію і теплоізоляційного шару.

### **8.1.1. Визначення рухомості розчинової суміші**

Рухомість розчинової суміші характеризується глибиною занурення в неї еталонного конуса і вимірюється в сантиметрах.

**Матеріали:** зразки розчинових сумішей складу Ц:П= 1: 4

**Прилади:** прилад для визначення рухомості (рис. 8.1); сталевий стрижень, діаметром 12 мм, завдовжки 300 мм; секундомір з похибкою вимірювання не більше 0,2 с; кельма

Еталонний конус приладу виготовляють із листової сталі або з пластмаси зі сталевим наконечником. Кут при вершині повинен становити 30°±30'. Маса еталонного конуса зі штангою повинна становити 300±2 г. Посудина для

розчинової суміші повинна мати форму зрізаного конуса, заввишки 180 мм і об'ємом, не менше 3 л (рис. 8.1).

### Порядок виконання роботи

Усі поверхні конуса і посудини, які торкаються розчинової суміші, потрібно очистити від забруднення і протерти вологою тканиною. Прилад (рис. 8.1) встановлюють на горизонтальній поверхні і перевіряють свободу ковзання штанги 4 у спрямувальних елементах 6.

Посудину 7 наповнюють розчиновою сумішшю на 1...3 см нижче її країв та ущільнюють штикуванням сталевим стрижнем 25 разів і 5...6-тикратним легким постукуванням об стіл, після чого посудину ставлять на площадку приладу. Вістря конуса 3 приводять до зіткнення з поверхнею розчинової суміші в посудині, закріплюють штангу конуса стопорним гвинтом 8 і роблять перший відлік за шкалою. Потім відпускають стопорний гвинт.

Конус повинен зануритись у розчинову суміш вільно. Другий відлік визначають за шкалою через 1 хв після початку занурення конуса.

Глибину занурення конуса, яка вимірюється з похибкою до 1 мм, визначають як різницю між першим і другим відліком за шкалою приладу.

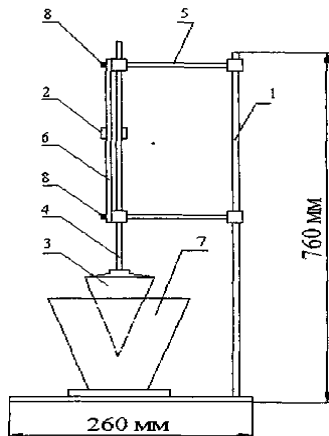


Рис. 8.1. Прилад для визначення рухомості розчинової суміші:

- 1 – штатив;
- 2 – шкала;
- 3 – еталонний конус;
- 4 – штанга;
- 5 – тримач;
- 6 – спрямувальні елементи;
- 7 – посуд для розчинової суміші;
- 8 – стопорний гвинт

Глибину занурення конуса оцінюють за результатами двох випробувань на різних пробах розчинової суміші одного замісу як середнє арифметичне значення та округлюють до 1 см з метою встановлення марки суміші за рухомістю згідно з ДСТУ Б В.2.7-23-95.

Різниця в показниках окремих випробувань не повинна перевищувати 20 мм. Якщо різниця виявиться більше 20 мм, випробування необхідно повторити на новій пробі розчинової суміші.

За одержаними результатами визначають марку розчинової суміші за рухомістю та її призначення, користуючись вимогами ДСТУ Б В.2.7-23-95, які наведено в табл. 8.1.

Результати випробувань заносять до табл. 8.2.

Таблиця 8.1

**Призначення розчинових сумішей залежно від марки за рухомістю**

Марка розчинової суміші за рухомістю	Норма за рухомістю, см	Призначення розчинової суміші
Р 4	Від 1 до 4 включно	Бутова кладка, ущільнена вібруванням
Р 8	Вище 4 до 8 включно	Бутова кладка звичайна, з порожнистої цегли і каменів, монтаж стін із крупних блоків і панелей, розшивання вертикальних і горизонтальних швів у стінах із панелей і блоків, облицювальні роботи
Р 12	Вище 8 до 12 включно	Кладка зі звичайної цегли і різного виду каменів, штукатурні й облицювальні роботи
Р 14	Вище 12 до 14 включно	Заповнення порожнин у бутовій кладці

Таблиця 8.2

**Визначення рухомості розчинової суміші**

№ досліду	Відлік за шкалою, см		Глибина занурення конуса, см	Марка розчинової суміші	Призначення розчинової суміші
	перший	другий			
<i>суміш без добавок</i>					
1					
2					
	Середнє значення				
<i>суміш з добавками</i>					
1					
2					
	Середнє значення				

**Висновок** повинен містити порівняння отриманого результату з вимогами стандарту з метою встановлення марки розчинової суміші за рухомістю і визначення її призначення.

### 8.1.2. Визначення середньої густини розчинової суміші

Середня густина розчинової суміші (г/см<sup>3</sup>) визначається відношенням маси ущільненої розчинової суміші до її об'єму.

**Матеріали:** зразки розчинових сумішей складу Ц : П = 1 : 4

**Прилади:** сталевий циліндр, об'ємом 1000±2 см<sup>3</sup> (рис. 8.2); ваги лабораторні; сталевий стрижень, діаметром 12 мм, завдовжки 300 мм; сталева лінійка 400 мм; секундомір з похибкою вимірювання не більше 0,2 с; кельма

#### Порядок виконання роботи

Сталевий циліндр попередньо зважують із похибкою до 2 г, наповнюють розчиновою сумішшю з надлишком. Розчинову суміш ущільнюють штикуванням сталевим стрижнем 25 разів і 5...6-тикратним легким постукуванням об стіл, після чого надлишок розчинової суміші зрізають сталевою лінійкою, поверхню ретельно вирівнюють, стінки мірного циліндра очищують вологою тканиною від розчину, що потрапив на них. Потім циліндр із розчиновою сумішшю зважують з точністю до 2 г.

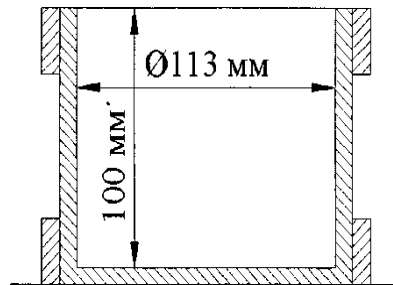


Рис. 8.2. Сталевий циліндр для визначення середньої густини розчинової суміші

Середню густина розчинової суміші  $\rho$  (г/см<sup>3</sup>) обчислюють за формулою:

$$\rho = \frac{m - m_1}{V},$$

де  $m$  – маса мірного посуду з розчиновою сумішшю, г;

$m_1$  – маса мірного посуду без суміші, г;

$V$  – об'єм мірного посуду, см<sup>3</sup> ( $V=1000$  см<sup>3</sup>).

Середню густина розчинової суміші визначають як середнє арифметичне значення результатів двох випробувань з однієї проби, які повинні відрізнятися одне від одного не більше, ніж на 5% від меншого значення. За більшого розходження результатів визначення повторюють на новій пробі розчинової суміші. Результати випробувань заносять до табл. 8.3.

Таблиця 8.3

## Визначення середньої густини розчинової суміші

№ дослідю	Маса, кг			Об'єм посудини, V, м <sup>3</sup>	Середня густина проби розчинової суміші, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
	порожньої посудини, m <sub>1</sub>	посудини з розчиною сумішшю, m <sub>2</sub>	розчинової суміші, (m <sub>2</sub> - m <sub>1</sub> )		
<i>суміш без добавок</i>					
1					
2					
Середнє арифметичне значення					
<i>суміш з добавками</i>					
1					
2					
Середнє арифметичне значення					

**Висновок** повинен містити результати порівняння отриманих даних з довідковими даними.

### 8.1.3. Визначення міцності розчину при стиску

Міцність розчину на стиск повинна визначатись на зразках-кубах, розмірами (70,7×70,7×70,7) мм, у віці, який встановлено у стандарті або технічних умовах на даний вид розчину. На кожний термін випробувань виготовляють по три зразки.

**Матеріали:** зразки розчинових сумішей складу Ц : П = 1 : 4

**Прилади:** різні сталеві форми з піддоном і без піддону; прес гідравлічний; ваги; штангенциркуль; стрижень сталевий, діаметром 12 мм, завдовжки 300 мм; шпатель (рис. 8.3); годинник; кельма; камера нормального зберігання, що забезпечує температуру 20±5 °С та відносну вологість повітря (95...100) %

### Порядок виконання роботи

Зразки з розчинової суміші, рухомістю до 5 см, повинні виготовлятись у формах із піддоном. Форму заповнюють розчином у два шари, ущільнення шарів відбувається шляхом натискання шпателем 12 разів: 6 натисків вздовж однієї сторони та 6 – у перпендикулярному напрямку.

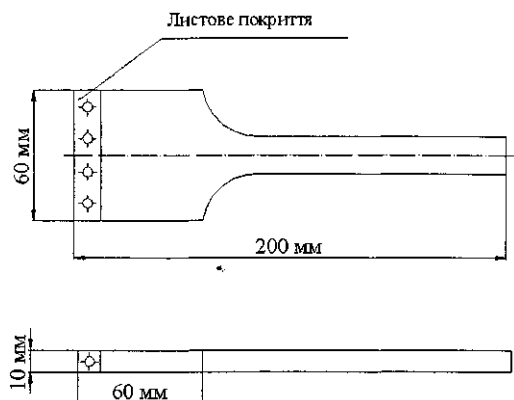


Рис. 8.3. Шпатель для ущільнення розчинової суміші

Надлишок розчинової суміші зрізають врівень з краями форми змоченою водою сталевую лінійкою та загладжують поверхню.

Зразки з розчинової суміші, рухомістю 5 см і більше, виготовляють у формах без піддона. Форму встановлюють на керамічну цеглу, покриту папером, змоченим водою. Розмір паперу повинен бути таким, щоб він закривав бічні грані цеглини. Цеглини перед ущільненням повинні бути притерті вручну одна об одну для усунення різких нерівностей. Для

випробування застосовують звичайну керамічну цеглу, вологістю не більше 2% і водопоглинанням 10...15% за масою.

Цеглу зі слідами цементу на гранях повторно не використовують. Форми заповнюють розчиновою сумішшю за один прийом із деяким надлишком і ущільнюють її штикуванням сталевим стрижнем 25 разів по концентричному колу від центра до країв.

Форми, заповнені розчиновою сумішшю на основі гідралічних в'язучих речовин, витримують до розпалублення в камері нормального зберігання за температури  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  та відносної вологості повітря  $95 \pm 5\%$ , а форми, заповнені розчиновою сумішшю на основі повітряних в'язучих речовин, – у приміщенні за температури  $25 \pm 10^\circ\text{C}$  і відносної вологості  $65 \pm 10\%$ . Зразки виймають з форми через 1 добу після укладання розчинової суміші.

Зразки, міцність яких через 1 добу недостатня для розпалублення їх без пошкодження, допускається звільняти з форми через  $48 \pm 2$  год. Після звільнення із форм зразки повинні зберігатись за температури  $25 \pm 10^\circ\text{C}$ . Перед визначенням міцності при стиску зразки обміряють штангенциркулем з похибкою не більше 1% для визначення геометричних розмірів.

Зразки, які зберігались у воді, повинні бути вийняті з неї не раніше, ніж за 10 хв до випробування і витерті вологою тканиною. Зразки, які зберігались у приміщенні, повинні бути очищені волоссяною щіткою.

Зразок встановлюють на нижню плиту преса так, щоб сила стискання була спрямована паралельно шарам укладання розчинової суміші в форму, а вертикальна вісь зразка проходила через центр плити преса. Навантаження зразків виконують безперервно, зі швидкістю, яка забезпечує зростання розрахункового навантаження до повного руйнування зразка, але не більше 0,6 МПа/с. При цьому час навантаження одного зразка повинен бути не менше 30 с.

Досягнуте в процесі випробування зразка максимальне зусилля беруть за величину руйнівного навантаження. Границю міцності розчину при стиску ( $R$ ) обчислюють для кожного зразка з похибкою до 0,01 МПа (0,1 кгс/см<sup>2</sup>) за формулою:

$$R = \frac{P}{S},$$

де  $P$  – руйнівне навантаження, Н;

$S$  – робоча площа перерізу зразка, см<sup>2</sup>.

Робочу площу перерізу зразків визначають за результатами вимірювання як середнє арифметичне значення площин двох протилежних граней.

Середня відносна міцність цементних розчинів (в тому числі змішаних), які твердіють в умовах нормального вологісного режиму за температури 15...25 °С у віці 3 діб, становить 0,25 від марочної (28-добової) міцності, у віці 7 діб – 0,5; 14 діб – 0,75; 60 діб – 1,2; 90 діб – 1,3.

Границю міцності розчину на стиск обчислюють як середнє арифметичне значення результатів випробувань трьох зразків.

Результати випробувань заносять до табл. 8.4.

Таблиця 8.4

#### Визначення марки будівельного розчину

№ зразка	Руйнівне навантаження, кгс (МН)	Площа стискання, см <sup>2</sup> (м <sup>2</sup> )	Границя міцності при стиску, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
<i>суміш без добавок</i>			
1			
2			
3			
Середнє значення			
<i>суміш з добавками</i>			
1			
2			
3			
Середнє значення			

**Висновок** повинен містити порівняння отриманого результату з вимогами стандарту.

## 8.2. Випробування сухих будівельних сумішей

### Короткі відомості

**Сухі будівельні суміші** – це порошкоподібні композиції, що складаються із мінеральної або органічної в'язучої речовини, наповнювачів та заповнювачів, добавок, які виготовляють у заводських умовах. На місці проведення робіт сухі суміші змішують з водою до отримання розчинової суміші заданої консистенції.

Технологія сухих будівельних сумішей передбачає використання полімерних добавок у вигляді порошоків, здатних до редиспергації, які отримують методом розпилювального сушіння спеціальних водних дисперсій полімерів. Після змішування з водою такі порошки можуть переходити у вихідний стан водних дисперсій, зберігаючи характеристики та функції полімерних в'язучих речовин. До водоутримувальних добавок відносять, наприклад, метилцелюлозу. Як добавки до сухих сумішей додають також пластифікатори, піногасники, пігменти, емульгатори, регулятори тужавлення, гідрофобізатори, пороутворювачі, стабілізатори.

Ефективність застосування сухих будівельних сумішей пов'язана з підвищенням продуктивності праці в 1,5...5 разів залежно від виду робіт, зниженням матеріаломісткості порівняно з традиційними технологіями у 3...10 разів (плиткові роботи – у 7 разів, вирівнювання стін та підлог – у 10 разів); гарантованою можливістю отримання матеріалів із заданими властивостями, збільшенням тривалості зберігання без зміни властивостей, а також зниженням витрат під час транспортування та зберігання матеріалів.

За ДСТУ Б В.2.7-126:2011 суміші класифікують за умовами застосування (клас), видом в'язучої речовини та за призначенням (група).

За умовами застосування суміші поділяють на суміші для зовнішніх та внутрішніх робіт у вологих приміщеннях (відносна вологість понад 60%) та на суміші для внутрішніх робіт у сухих приміщеннях (відносна вологість до 60% включно).

За основною в'язучою речовиною суміші поділяють на такі: цементні (Ц), гіпсові (Г), вапняні (В), полімерні (П) та складні (одночасне використання різних видів в'язучих або спеціально розроблених в'язучих композицій).

За призначенням суміші поділяють на групи, що наведені в табл. 8.5.

Таблиця 8.5

## Класифікація сухих будівельних сумішей за призначенням

Призначення сумішей (група)	Позначення групи
Мурування цеглою	MP1
Мурування блоками та каменями з природного та штучного матеріалу	MP2
Мурування стіновими блоками (внутрішні стіни та перегородки)	MP3
Улаштування теплозберігаючих огорожувальних конструкцій	MP 4
Улаштування стяжок підлог	СТ1 ,СТ2, СТ3
Улаштування прошарків підлог	ПР1,ПР2,ПР3
Улаштування покриттів підлог	ПО1, ПО2, ПО3
Ремонт поверхонь з бетону на основі цементу	PM1, PM2
Ремонт поверхонь з розчинів на основі мінеральних в'язучих речовин	PM3
Ін'єктування мінеральних розчинових сумішей в бетон конструкцій	ІН1
Ін'єктування полімерних розчинових сумішей в бетон конструкцій	ІН2
Облицювання плиткою на недеформівних основах, що не працюють при згині	ЗК1, ЗК2, ЗК3
Облицювання плиткою на деформівних основах, що працюють при згині (балкони, тераси, підлоги тощо)	ЗК4
Кріплення елементів систем теплоізоляції	ЗК5
Кріплення виробів на основі гіпсових в'язучих речовин	ЗК6
Облицювання важкою плиткою, товщиною понад 10 мм	ЗК7
Заповнення швів	РШ1, РШ2, РШ3
Штукатурення бетонних та цегляних поверхонь (окрім ніздрюватих бетонів)	ШТ1, ШТ2
Штукатурення ніздрюватих бетонів	ШТ3
Штукатурення декоративне та систем теплоізоляції	ШТ4
Штукатурення теплоізоляційними розчинами	ШТ5
Штукатурення гіпсовими або вапняними розчинами	ШТ6
Шпаклювання поверхонь сумішшю на основі цементу	ШЦ1
Шпаклювання поверхонь сумішшю на основі гіпсу	ШГ1
Шпаклювання поверхонь сумішшю на основі полімерів	ШП1
Монтаж устаткування та конструкцій	МН1
Анкерування дрібних будівельних та оздоблювальних елементів	АН1
Улаштування жорсткої гідроізоляції	ГІ 1
Улаштування еластичної гідроізоляції	ГІ 2
Улаштування гідроізоляції систем теплоізоляції	ГІ 3
Улаштування гідроізоляції, здатної до проникнення в основу	ГІ 4, ГІ 5
Улаштування реставраційних штукатурок	РС1, РС2

### 8.2.1. Визначення розтічності розчинових сумішей

Розтічність розчинових сумішей визначають за діаметром розпливу суміші з кільця приладу Віка (кільце).

**Матеріали:** зразки розчинових сумішей за завданням викладача

**Прилади:** ваги з похибкою зважування  $\pm 1$  г; посудина; шпатель пластинчастий; металева або пластикова пластинка, шириною 15...20 мм; термометр; скло, розміром 500×500×4 мм; кільце приладу Віка; лінійка, завдовжки не менше 300 мм; секундомір; змішувач

#### Порядок виконання роботи

Воду в кількості, яка визначена «Інструкцією щодо використання» або зазначена на упаковці даної суміші, виливають в посудину; пробу суміші у необхідній кількості висипають у посудину з водою; вмикають секундомір та перемішують суміш з водою змішувачем протягом  $60 \pm 5$  с; залишають розчинову суміш на деякий час та знову перемішують відповідно з рекомендаціями щодо використання.

Для ручного приготування розчинової суміші використовують пластикову або гумову посудину із заокругленим дном, об'ємом не менше 400 см<sup>3</sup>. Суміш перемішують жорсткою металевою або пластмасовою пластиною із заокругленим кінцем до отримання однорідної маси. Скло протирають вологою тканиною і ставлять на нього кільце, в яке виливають отриману розчинову суміш так, щоб воно було повністю заповнене; швидким рухом піднімають кільце (одночасно вмикають секундомір) перпендикулярно до поверхні так, щоб розчинова суміш вільно розтікалася; ретельно очищують кільце від залишків розчинової суміші та поміщають ці залишки в середину маси, яка витікла із кільця; через 120 с, з моменту підняття кільця, заміряють лінійкою діаметр розпливу суміші з точністю до 0,5 см у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Значення показника розтічності розраховують як середнє арифметичне результатів випробувань не менше трьох зразків розчинової суміші. Результати випробувань заносять до табл. 8.6.

Таблиця 8.6

#### Визначення розтічності розчинових сумішей

Призначення сумішей (група)	№ зразка	Діаметр розпливу суміші, см	Розтічність суміші, см
Улаштування прошарків підлог (ПР1, ПР2, ПР3)	1		
	2		

	3		
Улаштування покриттів підлог (ПО1, ПО2)	1		
	2		
	3		

**Висновок** повинен містити порівняння отриманого результату з вимогами стандарту та визначення доцільних галузей використання суміші.

### 8.2.2. Визначення часу коригування

Час коригування положення матеріалу, що закріплюється, оцінюють як час від початку приклеювання першої плитки до моменту випробування останньої плитки, коли ще не відбулося її відривання після коригування положення.

**Матеріали:** зразки розчинових сумішей за завданням викладача

**Прилади:** ваги; посудина; шпатель пластинчастий; термометр; секундомір; плита бетонна, товщиною не менш 40 мм; керамічна плитка 50×50 мм; гиря, масою 500 г; шпатель, з квадратними зубцями 6×6 мм; змішувач з насадкою

### Порядок виконання роботи

Готують розчинову суміш згідно з п.8.2.1.

Розчинову суміш за допомогою шпателя з квадратними зубцями, який необхідно тримати під кутом близько 60° до поверхні, наносять на горизонтальну бетонну плиту; на отриманий шар розчинової суміші одночасно вкладають три керамічні плитки на відстані 50 мм одна від одної та одночасно навантажують їх гирями, масою по 500 г на 30±2 с; через 10 хв або 5 хв (залежно від групи суміші, таблиця 5 ДСТУ Б В.2.7-126:2011 ) повертають кожну укладену плитку на 180° (без зусилля та відривання). Результат є позитивним, якщо не менше двох плиток не відірвалося в процесі дослідів. Результати заносять до табл.8.7.

Таблиця 8.7

### Визначення розтічності розчинових сумішей

Призначення сумішей (група)	Кількість плиток	
	які відірвалися	які втрималися за певний проміжок часу
Облицювання плиткою на недеформівних основах, що не працюють при згині (ЗК1, ЗК2, ЗК3)		

Облицювання плиткою на деформівних основах, що працюють при згині (балкони, тераси, підлоги) (ЗК4)		
Кріплення елементів систем теплоізоляції (ЗК5)		
Кріплення виробів на основі гіпсових в'язучих речовин (ЗК6)		
Облицювання важкою плиткою, товщиною понад 10 мм (ЗК7)		

**Висновок** повинен містити результати проведення дослідів (кількість плиток, які відірвалися і які втрималися за певний проміжок часу).

### 8.3. Вивчення складу, властивостей та застосування опоряджувальних розчинів

#### Короткі відомості

Опоряджувальні розчини поділяють на звичайні штукатурні та декоративні. За способом нанесення розрізняють «суху» та «мокру» штукатурки. Взагалі штукатурка – це суміш компонентів, якою покривають поверхні будівель (частіше стін) з наданням захисної та естетичної функцій.

Суха штукатурка – це заздалегідь виготовлені на заводі тонкі плити, що прикріплюються до основної конструкції.

Залежно від умов використання розрізняють традиційні штукатурки зовнішні (товщина 20 мм) і внутрішні (товщина 15 мм). Зовнішня штукатурка виконує функцію оздоблення і захищає основу від вологи. Вона повинна гарантувати достатній вологообмін між оштукатуреними будівельними елементами і зовнішнім середовищем, бути стійкою до дії морозу і зміни температур. Внутрішня штукатурка значною мірою обумовлює мікроклімат у приміщенні і виконується, як правило, в один шар із розчинів на основі вапна.

За ДСТУ Б В.2.7-126:2011 штукатурні суміші класифікують як суміші для штукатурення бетонних та цегляних поверхонь (окрім ніздрюватих бетонів) (ШТ1, ШТ2), ніздрюватих бетонів (ШТ3), декорування і систем теплоізоляції (ШТ4), теплоізоляційних розчинів (ШТ5), гіпсових або вапняних розчинів (ШТ6) (табл. 8.5, дод. 8.1, 8.2).

Відповідно ДСТУ Б В.2.7-233:2010 суміші будівельні рідкі модифіковані застосовуються для оздоблення та захисту бетонних, заштукатурених, цегляних, кам'яних, дерев'яних та інших поверхонь елементів будівель і споруд під час будівництва, ремонту та реконструкції. Суміші являють собою готові до застосування композиції із зв'язуючих на основі водних дисперсій синтетичних

полімерів, в'язучих, наповнювачів (заповнювачів), барвників (пігментів) та модифікуючих добавок.

За умовами застосування суміші поділяють на такі класи: 1 – для зовнішніх та внутрішніх робіт у вологих приміщеннях (відносна вологість понад 60%); 2 – для внутрішніх робіт у сухих приміщеннях (відносна вологість до 60% включно).

За в'язучими суміші поділяють на такі види: – цементні (Ц); силікатні (С); вапняні (В); полімерні (П); унормовані (У – розроблені спеціально).

За призначенням групу штукатурних сумішей поділяють на вирівнюючі (ВР), фасадні (ФС) та інтер'єрні (ІТ).

Декоративні штукатурні розчини залежно від виду основної в'язучої речовини поділяють на такі: мінеральні (цементні, вапняні, силікатні), полімерцементні, полімерні (акрилові, силіконові). Від виду зв'язуючої речовини залежать експлуатаційні властивості готового покриття (довговічність, вологостійкість, вартість та ін.), а також матеріали відрізняються вимогами до якості поверхні, що обробляється. Цементні (у вигляді сухих сумішей) застосовують для оздоблення фасадів та вологих приміщень (по бетону, цегляному муруванню; силікатні – є основою для структурної (рельєфної) штукатурки різного типу для оздоблення у передпокої, санвузлах; вапняні (основа для венеціанської штукатурки), акрилові (готові до використання у рідкому вигляді) – застосовують переважно для оздоблення передпокою, вітальні, спальної кімнати. Декоративні покриття отримують створенням не тільки кольору, але й різної фактури та текстури поверхні за рахунок спеціально підібраних складів та технологій нанесення з використанням спеціальних інструментів.

За особливостями нанесення штукатурки поділяють на такі:

– *фактурні* : короїд, баранчик, шуба, мозаїчні, флокові (на акриловій основі, з додаванням флоків або чіпсів, шовкові (з вмістом волокон різного походження), також на основі дрібнозернистих сумішей з використанням певних інструментів – «ролерні» рельєфні (рифлені, рустикальні);

– *тонкошарові*: пластичні тонко дисперсні матеріали – наприклад, венеціанська штукатурка на основі дрібного порошку мармуру, оніксу та ін., гашеного вапна (або акрилу) та пігменту (переважно у вигляді сухих сумішей). В сучасних інтер'єрах застосовують декоративні штукатурки, що імітують бетон, які отримують підфарбовуванням звичайних, або акрилові воднодисперсійні (цементно-полімерні) з мінеральним наповнювачем, які покривають по поверхні лаком або воском. Декоративні розчини для зовнішніх робіт (оздоблення фасадів) повинні мати необхідну водостійкість, морозостійкість, світлостійкість і добре зчеплення з оздоблювальною поверхнею. Фасадні декоративні штукатурки представлені наступними видами: кам'яна ( в тому числі

штампована), камінцева, мозаїчна, теразитова, сграфіто, полімерцементна структурна, в тому числі короїд.

Декоративні штукатурки для внутрішніх робіт (різних умов експлуатації) можуть бути мозаїчні, камінцеві, полімерцементні структурні, флокові, ролерні, венеціанські, а також об'ємні (ліпні). Основною вимогою до таких покриттів є не тільки декоративні властивості, зчеплення з основою, але й екологічність, паропроникність, а також водостійкість, водонепроникність, зносостійкість.

**За завданням викладача** (користуючись дод. до лабораторної роботи 8) у табл. 8.8 наводять особливості отримання, властивості та специфіку використання **однієї групи** штукатурки з урахуванням її експлуатаційних властивостей, які є підставою для висновку.

Таблиця 8.8

**Характеристика певного виду штукатурки (оздоблювального розчину) залежно від типу основи**

Призначення розчину	Група за ДСТУ Б В.2.7-126:2011	Властивості	Особливості застосування, вид основи
Зовнішнє вирівнювання	ШТ 2		
	ШТ 3		
Декоративне оздоблення	ШТ 4		
Утеплення зовнішнє	ШТ 5		
Внутрішнє вирівнювання	ШТ 1		
	ШТ 2		
	ШТ 3		
	ШТ 4		
	ШТ 6		

**Висновки:** оцінити ефективність виготовлення та використання даного виду штукатурки порівняно з будівельними матеріалами чи виробами аналогічного призначення.

## Лабораторна робота № 9

### БЕТОНИ ЗАГАЛЬНОБУДІВЕЛЬНОГО ТА СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

**Метою роботи** є визначення фізичних властивостей важких бетонів різного призначення, а також ознайомлення з бетонами спеціального призначення, їхніми властивостями, особливостями отримання і використання.

#### **Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ 9208:2022. Бетони важкі. Технічні умови.
2. ДСТУ Б В.2.7-47-96. (ГОСТ 10060.0-95). Бетони. Методи визначення морозостійкості.
3. ДСТУ Б В.2.7-48-96. (ГОСТ 10060.1-95). Бетони. Базовий (перший) метод визначення морозостійкості.
4. ДСТУ Б В.2.7-49-96. (ГОСТ 10060.2-95). Бетони. Прискорені методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні.
5. ДСТУ Б В.2.7-96-2000. (ГОСТ 7473-94). Суміші бетонні. Технічні умови.
6. ДСТУ Б В.2.7-114-2002. (ГОСТ 10181-2000). Суміші бетонні. Методи випробувань.
7. ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності.
8. ДСТУ EN 206:2022. Бетон. Специфікація, продуктивність, виробництво та відповідність (EN 206:2013+A2:2021, IDT).
9. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.
10. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу.
11. ДСТУ Б В.2.7-219:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Метод прискореного визначення міцності на стиск.
12. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю.
13. ДСТУ Б В.2.7-221:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Класифікація і загальні технічні вимоги.
14. ДСТУ Б В.2.7-25:2011. Будівельні матеріали. Бетони важкі лужні. Технічні умови.

15. ДСТУ Б В.2.7-249:2011 (ГОСТ 20910-90, MOD). Будівельні матеріали. Бетони жаростійкі. Технічні умови.
16. ДСТУ Б В.2.7-288:2011. Будівельні матеріали. Бетони хімічно стійкі. Технічні умови.
17. ДСТУ Б В.2.7-7:2008 (EN 771-3:2003, NEQ). Вироби бетонні стінові дрібноштучні. Технічні умови.
18. ДСТУ БВ.2.7-163:2008. Плити бетонні фасадні. Технічні умови.
19. ДСТУ БВ.2.7-145:2008. Вироби бетонні тротуарні неармовані Технічні умови.
20. ДСТУ БВ.2.7-6-94. Черепиця бетонна. Технічні умови.
21. ДСТУ 8858:2019. Суміші цементобетонні дорожні та цементобетон дорожній. Технічні умови.
22. ДСТУ 8959:2019. Асфальтобетонні суміші та асфальтобетон дорожні на основі бітумів, модифікованих полімерами. Технічні умови.
23. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.
24. ДСТУ EN 206:2022. Бетон. Специфікація, продуктивність, виробництво та відповідність (EN 206:2013+A2:2021, IDT).
25. ДСТУ-Н Б В.2.6-218:2016. Настанова з проектування та виготовлення конструкцій з дисперсноармованого бетону.
26. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. – К. Мінрегіон Україна, 2015. – 104 с.
27. ДБН В.2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів.
28. ДБН В.2.4-3:2010. Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки. Гідротехнічні споруди. Основні положення.
29. ДБН В.2.2 -5:2023. Захисні споруди цивільного захисту.

### **Короткі відомості**

**Бетон** – штучний камінь, отриманий під час твердіння раціонально підібраної бетонної суміші, що складається із в'язучої речовини, дрібного (піску) і крупного (щебінь, гравій) заповнювачів, добавок і води. Класифікацію бетонів здійснюють за такими ознаками: призначення, вид в'язучих речовин, вид заповнювачів, структура, умови твердіння.

*За призначенням* бетони поділяють на *конструкційні* та *спеціальні* (жаростійкі, хімічно стійкі, декоративні, радіаційно-захисні, теплоізоляційні тощо). *Конструкційні бетони* – бетони для зведення несучих і огорожувальних конструкцій будівель і споруд, визначальними для яких є вимоги до фізико-механічних характеристик.

*За видом в'язучої речовини*, що використовується, бетони поділяють на цементні, вапняні, гіпсові, спеціальні (лужні, полімерні тощо).

За видом заповнювачів бетони можуть бути на щільних, пористих та спеціальних заповнювачах.

За розмірами крупного заповнювача розрізняють такі бетони: крупнозернисті, що містять заповнювач, розміром від 10 до 150 мм; дрібнозернисті – з крупністю зерен не більше 10 мм, піщані (як різновид дрібнозернистих) – містять пісок, крупністю до 5 мм.

За структурою бетони можуть бути щільні, поризовані, ніздрюваті та крупнопористі.

За умовами твердіння розрізняють бетони природного твердіння, твердіння в умовах тепловологої обробки за атмосферного тиску та автоклавного твердіння (тепловолога обробка за тиску вище атмосферного).

Вимоги до конструкційних бетонів встановлюють за показниками фізичних та фізико-механічних властивостей, а для спеціальних бетонів, крім загально-прийнятих, висуваються вимоги залежно від умов експлуатації конструкцій та виробів.

За середньою густиною у сухому стані бетони поділяють на:

- особливо важкі (радіаційно-захисні; середня густина понад  $2500 \text{ кг/м}^3$ ), що отримують з використанням таких заповнювачів, як барит, залізні або сталеві руди;

- важкі (середня густина  $2000\text{...}2500 \text{ кг/м}^3$ ), що передбачають застосування заповнювачів із щільних гірських порід;

- легкі (середня густина менше  $2000 \text{ кг/м}^3$ ), які виготовляють з використанням пористих заповнювачів (вулканічний туф, керамзит) та ніздрюваті бетони.

Важкий бетон (ДСТУ 9208:2022) за основним призначенням є конструкційним матеріалом і тому відрізняється поліфункціональними властивостями, в тому числі міцністю, відповідними деформативними характеристиками та стійкістю в певних умовах експлуатації, у тому числі, морозо- та корозійною стійкістю, водонепроникністю. Основними показниками якості бетону є середня густина, міцність на стиск, морозостійкість, водонепроникність.

Середня густина важких бетонів на крупному заповнювачі повинна становити від  $2000 \text{ кг/м}^3$  до  $2500 \text{ кг/м}^3$  включно, дрібнозернистого – вище, ніж  $1800 \text{ кг/м}^3$ .

Згідно ДСТУ EN 206:2022 для визначення міцності бетону при стиску у віці 28 діб можна використовувати циліндричні зразки, діаметром 150 мм, заввишки 300 мм або зразки-куби, з довжиною ребра 150 мм. Міцність бетону, що наводиться в нормативних документах, визначається класом. Клас міцності бетону при стиску, згині і осьовому розтягу визначають за величиною характеристичної міцності бетону (МПа), яку беруть з нормативним коефіцієнтом варіації 13,5% із забезпеченістю 0,95 (досягається не менш ніж у 95 випадках із

100). Класи міцності на стиск важких бетонів у віці 28 діб: С8/10, С12/15, С16/20, С20/25, С25/30, С30/35, С30/37, С32/40, С35/45, С40/50, С45/55, С50/60 (перша цифра – міцність при стиску на зразках-циліндрах, МПа, друга – на зразках-кубах, МПа).

*Морозостійкість* бетону характеризується найбільшим числом циклів наперемінного заморожування і відтавання, що спроможні витримати зразки. Стійкими вважаються зразки, що витримали випробування, і зниження міцності не перевищує 5%, а втрати маси – 3%. Бетони, які піддають у процесі експлуатації поперемінному заморожуванню та відтаванню, характеризують марками бетону за морозостійкістю: F50, F75, F100, F150, F200, F300, F400, F500, F600, F800, F1000.

Характеристикою *водонепроникності* бетону є його марка, що відповідає максимальному тиску води (0,2...2 МПа), за якого не спостерігається фільтрація води крізь стандартний зразок. Бетони, до яких висуваються вимоги щодо обмеження їх проникності, в тому числі бетони підвищеної щільності та корозійної стійкості, характеризуються марками за водонепроникністю W2, W4, W6, W8, W10, W12, W16, W18, W20.

*Спеціальні бетони* (ДСТУ Б В.2.7-221:2009, ДСТУ EN 206:2022) – бетони, до яких висуваються вимоги залежно від призначення (гідротехнічний, жаростійкий, дорожній, декоративний, корозійностійкий, радіаційно-захисний, хімічно стійкий, здатний до самоущільнення тощо).

До новітніх видів бетонів відносять високоміцний бетон, а також бетон, здатний до самоущільнення, бетон «нульової енергії», прозорий бетон, біобетон, текстиль-бетон, бетон, здатний до самоочищення.

*Високоміцний бетон* (ДСТУ 9208:2022) – це бетон, клас міцності якого вище С50/60. Основними умовами отримання високоміцних бетонів є застосування високоактивних в'язучих речовин, крупних і дрібних заповнювачів відповідної якості і гранулометричного складу з використанням пластифікуючих добавок, в тому числі суперпластифікаторів, а також мікронаповнювачів та фібри. До таких бетонів можна віднести шлаколужний. Головними галузями використання високоміцних бетонів є висотне будівництво, атомні електростанції, морські гідротехнічні споруди, мости та інші інженерні споруди, а також дорожні покриття. Впровадження високоміцних бетонів в будівництві дозволяє створити більш економічні і довговічні конструкції, істотно зменшити їх габарити, а відповідно і обсяг бетону, скоротити витрати арматурної сталі в залізобетонних конструкціях.

*Бетон здатний до самоущільнення* (СУБ, або Self-compacting concrete, SCC) (ДСТУ EN 206:2022) характеризується здатністю до ущільнення без механічного впливу, що дозволяє йому заповнювати форми під дією власної маси без розшаровування. Це бетон на основі литих бетонних сумішей, здатних до самоущільнення, що розтікаються, утворюючи знівельовані поверхні, і в яких

проходить процес деаерації та ущільнення під дією сил гравітації. Максимальний розмір крупного заповнювача, не більше 10 мм, також до складу суміші додається суперпластифікатор. Бетон характеризується високою міцністю (не менше С25/30), морозостійкістю (не менше F200) і водонепроникністю (не менше W8).

Для бетонів спеціального призначення визначальними є властивості, які обумовлюють особливості їхнього використання.

*Бетони дорожні* призначені для влаштування шарів дорожнього одягу, застосовуються під час будівництва дорожнього полотна, а також аеродромного покриття. Внаслідок складних умов експлуатації (наявність статичних і динамічних навантажень, дія змінної вологості і перепадів температури) до такого виду важкого бетону висувають підвищені вимоги до міцності на стиск та розтяг під час згинання, тріщиностійкості, зносостійкості, морозостійкості та корозійної стійкості.

Залежно від призначення дорожні бетони поділяють на бетон для одно- і двохшарових покриттів, а також для основ доріг. Використовують два основних типи конструкцій дорожнього одягу – нежорсткий (асфальтобетон) і жорсткий (цементобетон).

*Дорожній цементобетон* (ДСТУ 8858:2019) – складається з цементу (пластифікованого та гідрофобного), дрібного заповнювача (піску), крупного заповнювача (переважно базальтового або гранітного щебеню), води та необхідних добавок – суперпластифікатора та повітровтягувальної добавки. Мінімальна товщина шару цементобетону становить 26 см для доріг з інтенсивним навантаженням.

*Укочуваний бетон (roller-compacted concrete)* – різновид монолітного бетону, який отримують шляхом укочування дорожніми котками цементобетонної суміші з мінімально можливим водоцементним відношенням, за якого можливий максимальний ступінь ущільнення із забезпеченням формування щільної структури бетону. Консистенція цементобетонної суміші повинна бути такою, щоб витримати масу віброкатка, а також забезпечити необхідний рівень ущільнення. Для модифікації використовують пластифікуючі добавки, а також прискорювачі твердіння. Цементобетонна суміш повинна мати жорстку консистенцію (показник легкоуладалючості на стандартному технічному віскозиметрі не менше 30 с). Укочуваний бетони характеризуються класом за міцністю при стиску до С40/50, морозостійкістю F200, низькою усадкою та стиранистю. Застосування таких бетонів дозволяє відкрити рух автомобільного транспорту через 2 доби за температури вище 20°C і через 3 – 4 доби за нижчої температури (5 – 20°C). Застосовують укочуваний бетони під час влаштування шарів дорожніх покриттів, призначених для руху важких транспортних засобів, а також покриттів доріг з високою інтенсивністю руху.

*Асфальтобетон* (ДСТУ 8959:2019) – монолітний матеріал на основі бітуму, модифікованого полімерами, що утворюється після ущільнення та остигання асфальтобетонної суміші до температури довкілля. Складається з мінеральних компонентів (щебінь, пісок, мінеральний порошок) та бітуму, модифікованого полімерами, перемішаних у нагрітому стані. За найбільшими розмірами заповнювача дорожні бетони бувають крупнозернисті (максимальний розмір до 40 мм) та дрібнозернисті (до 20 мм); за гранулометричним складом – з переривчастим та непереривчастим складом; за показником залишкової пористості – щільні (пористість від 2 до 5 %), пористі (5 – 10%), високопористі (10– 15%). Товщина шару асфальтобетону залежно від розміру заповнювача змінюється від 3 до 10 см.

*Жаростійкі бетони* (ДСТУ Б В.2.7-249:2011) – спеціальні бетони, призначені для сприйняття дії температур вище 200°C, використовують їх під час зведення промислових агрегатів та конструкцій, що експлуатуються при дії температур від 300 до 1800°C. Для таких бетонів визначальними, крім показників середньої густини та міцності, є максимальна температура використання, величина залишкової міцності та температура деформації під навантаженням. Основною характеристикою жаростійких бетонів є зниження міцності при стиску після нагрівання і витримування зразків за температури 800°C. Жаростійкі бетони мають звичайно міцність від 1,0 до 50 МПа, середню густину від 500 до 2500 кг/м<sup>3</sup>.

*Гідротехнічні бетони* (ДБН В.2.4-3:2010) повинні мати достатню міцність при стиску та розтягу, водостійкість, водонепроникність, морозостійкість, стійкість до хімічної корозії у водному середовищі та низьке тепловиділення під час твердіння. Зазвичай використовують гідротехнічні бетони класів С20/25, С35/40, що відрізняються морозостійкістю від F200 до F300, марка за водонепроникністю – W6...W12. Технічні вимоги до бетону в першу чергу залежать від частин споруд, під час виготовлення яких він використовується. Найвищі вимоги потрібно пред'являти до бетону, який розташований в зоні періодичного зволоження. Застосовують такий бетон для виготовлення виробів і зведення споруд, які періодично або постійно контактують з водою, в тому числі гребель, гідростанцій, набережних, споруд промислової гідротехніки (відстійники, градирні тощо), басейнів.

*Декоративний бетон* (ДСТУ Б В.2.7-221:2009), який застосовують для надання художньої виразності фасадам та інтер'єрам будівель, а також для елементів благоустрою навколишнього середовища, повинен відрізнятися різноманіттям кольорів, фактур поверхні та форм з одночасним збереженням експлуатаційних властивостей залежно від призначення бетону (для оздоблення стін, підлог, доріг тощо). *Бетон мозаїчний (тераццо)* складається з портландцементу М500, барвників, піску кварцового, мармурового піску і щебеню. Після укладання бетонної суміші на підготовлену поверхню, шаром не

менше 2 см і затвердіння, покриття полірують. Середня густина бетону 2200 – 2500 кг/м<sup>3</sup>, класи за міцністю В 22,5-В35 (С16/20–С30/35), морозостійкість більше F50, стиранисть – менше 0,18 г/см<sup>2</sup>.

Визначальним показником для *корозійностійкого* бетону є коефіцієнт хімічної стійкості в умовах дії агресивного середовища (кислоти, луги, солі). Бетони хімічно стійкі – спеціальні бетони, які призначені для роботи в умовах дії агресивних середовищ.

*Радіаційнозахисні бетони* (ДБН В.2.2 -5:2023) повинні мати середню густина більше 2500 кг/м<sup>3</sup>, відповідну міцність при стиску та відносно низький модуль пружності, бути стійкими до дії радіації, а також відрізнятися вогне- та жаростійкістю.

*Дисперсноармовані бетони (фібробетони)* (ДСТУ-Н Б В.2.6-218:2016) – композиційні матеріали, в яких бетонна матриця армована волокнами (металевими, скляними, полімерними, рослинними) для підвищення міцності при згині, тріщиностійкості, ударної в'язкості, зносо-, термо- та корозійної стійкості. Середня густина фібробетону на основі важкого бетону приймається 2500 кг/м<sup>3</sup>, на основі дрібнозернистого – 2000 кг/м<sup>3</sup>. Дисперсне армування дозволяє збільшити міцність на розтяг та згин у 2...3 рази. Характеристичне значення міцності фібробетону на розтяг – 1,6 МПа, 2,0 МПа, 2,4 МПа, 2,8 МПа, 3,2 МПа та 3,6 МПа. Різновидами є сталеві фібробетон (СФБ), армований рівномірно розподіленими в його об'ємі сталевими фібрами (діаметром 0,1...2,0 мм), а також базальтофібробетон (БФБ) – бетон армований, розподіленими в його об'ємі грубими (діаметр більше 50 нм) базальтовими волокнами. Сталеві фібробетон характеризується класами за міцністю при стиску: С16/20, С20/25, С25/30 С30/35, С32/40, С35/45, С40/50, С50/60. Марки за морозостійкістю і водонепроникністю визначаються умовами використання. Базальтофібробетон характеризується класами за міцністю при стиску С16/20, С20/25, С25/30 С30/35, С32/40. Бетони можуть застосовувати для створення монолітних конструкцій різного призначення, які можуть працювати в певних умовах й для отримання відповідних будівельних виробів.

*Дрібнозернисті бетони* – бетони, в яких розмір крупного заповнювача не перевищує 10 мм. На основі такого бетону виготовляють стінові дрібноштучні вироби, плити бетонні тротуарні, фігурні елементи брукування, декоративні фасадні плитки, декоративні вироби для зовнішнього і внутрішнього застосування, бетонну черепицю. Такий бетон застосовують для дорожніх покриттів, під час зведення гідротехнічних споруд, для виготовлення густоармованих залізобетонних конструкцій та тонкостінних армоцементних виробів. Властивості такого бетону залежать від умов його використання (класи за міцністю при стиску та розтягу, морозостійкість, водонепроникність).

Основні властивості деяких видів бетону наведено в дод. 9.1.

*Вироби стінові дрібноштучні* (ДСТУ Б В.2.7-7:2008) виготовляють у вигляді цегли, каменів та блоків. Отримують їх переважно вібропресуванням. Вони можуть мати (згідно стандарту) середню густину від 1400 до 1950 кг/м<sup>3</sup>, класи за міцністю бетону від С8/10, С12/15, марки за морозостійкістю від F15 до F50.

*Декоративні фасадні плити* (ДСТУ БВ.2.7-163:2008) виготовляють з дрібнозернистих бетонних кольорових сумішей – клас бетону С8/10, С12/15, водонепроникність, не менше W2, середня густина, не більше 1400 кг/м<sup>3</sup>, морозостійкість, не менше F75.

*Плити фасадні «Сканрок»* (сайдинг) об'ємного забарвлення для навісних фасадних систем виготовляють з дрібнозернистих бетонних кольорових сумішей. Вироби піддають гідрофобізації. Клас за міцністю С8/10, водопоглинання до 8%, морозостійкість F75.

*Плити фібробетонні* складаються з целюлозного волокна, цементу, меленого кварцового піску, товщина їх становить 6...12 мм, середня густина 1350 кг/м<sup>3</sup>, пористість 30%, міцність на згин 5 МПа, теплопровідність 0,2...0,9 Вт/(м К), маса 1м<sup>2</sup> при товщині 6 мм – 9 кг, при товщині 8 мм – 11,2 кг, вогнестійкість НГ. Застосовується для облицювання стін ззовні та всередині приміщень.

*Фігурні елементи брукування для дорожніх покриттів* (ДСТУ БВ.2.7-145:2008) виготовляють об'ємним вібропресуванням (двошарові) або литтям. Вони характеризуються класом бетонів за міцністю С20/25 – С30/35, середньою густиною 2200...2500 кг/м<sup>3</sup>, водопоглинанням, менше 6%, морозостійкістю F150 – F200, стиранистю – менше 0,7 г/см<sup>2</sup>.

*Бетонну черепицю* (ДСТУ БВ.2.7-6-94) виготовляють з використанням дрібнозернистого бетону. Мінімальне руйнівне навантаження при згині становить 0,6...0,8 кН, марка за морозостійкістю – не нижче F25. Черепиця повинна бути водонепроникною – крізь бетон черепиці з верхньої на нижню грань вода не повинна просочуватись протягом трьох годин. Кути нахилу 22...60°. Довговічність біля 100 років. Існує варіант фіброцементної черепиці на основі портландцементу, піску, целюлозного волокна та добавок, поверхню виробу покривають полімерними фарбами.

## **9.1. Визначення фізичних властивостей та характеристика бетонів загальнобудівельного та спеціального призначення**

**Матеріали:** зразки конструкційного важкого бетону загальнобудівельного призначення та спеціальних бетонів: гідротехнічного, дорожнього, декоративного, корозійностійкого, жаростійкого, радіаційнозахисного

**Прилади:** лінійка, штангенциркуль, ваги

## Порядок виконання роботи

Виконання роботи передбачає експериментальне визначення середньої густини різних видів бетонів та вивчення вимог стандартів до бетонів загальнобудівельного та спеціального призначення. Середню густину зразків визначають за методикою, наведеною в лабораторній роботі № 1.

За допомогою навчальної та нормативно-технічної літератури визначають основні характеристики вихідних матеріалів (види в'язучих речовин, заповнювачів, добавок) для отримання різновидів важких бетонів, основні властивості, технічні вимоги та особливості їх застосування. Отримані дані заносять до табл. 9.1.

Допоміжна інформація наведена в дод. 9.1.

### 9.2. Визначення фізичних властивостей та характеристика бетонних виробів різного призначення

**Матеріали:** вироби бетонні різного призначення: плити фасадні, сайдинг, фігурні елементи мощення, плити фіброцементні

**Прилади:** лінійка, штангенциркуль, ваги

## Порядок виконання роботи

Виконання роботи передбачає експериментальне визначення середньої густини бетонних виробів різного призначення та вивчення вимог стандартів до них. Середню густину зразків визначають за методикою, наведеною в лабораторній роботі № 1.

За допомогою навчальної та нормативно-технічної літератури визначають основні характеристики вихідних матеріалів (види в'язучих речовин, заповнювачів, добавок) для отримання різновидів бетонних виробів, основні властивості, технічні вимоги та особливості їх застосування. Отримані дані заносять до табл. 9.2.

Таблиця 9.1

## Визначення фізичних властивостей та характеристика бетонів загальнотехнічного та спеціального призначення

№	Види бетонів	Склад бетонів	Розміри зразка, м			Об'єм, V, м <sup>3</sup>	Маса, m, кг	Середня густина, ρ <sub>m</sub> , кг/м <sup>3</sup>	Властивості, вимоги стандартів (за дод. 9.1)	Особливості застосування
			довжина	ширина	висота					
1	Конструкційний, загальнобудівельного призначення									
2	Гідротехнічний бетон									
3	Дорожній цементобетон									
4	Дорожній асфальтобетон									
5	Декоративний бетон (мозаїчний)									
6	Жаростійкий									
7	Радіаційнозахисний									
8	Корозійностійкий									
9	Шлаколузкий (високоміцний)									

**Висновок:** потрібно навести складові різновидів бетонів, їхні властивості та особливості застосування. За завданням викладача порівняти отримані результати з даними стандартів і обґрунтувати ефективність використання певного виду бетону.

## Визначення фізичних властивостей та характеристика бетонних виробів різного призначення

№	Види виробів	Вихідні компоненти	Розміри зразка, м			Об'єм, $V, \text{м}^3$	Маса, $m, \text{кг}$	Середня густина, $\rho_m, \text{кг/м}^3$	Властивості, вимоги стандартів	Особливості застосування
			довжина	ширина	висота					
1	Фігурний елемент мощення (ФЕМ)									
2	Плитка бетонна фасадна									
3	Сайдинг бетонний									
4	Плитка фіброцементна									

**Висновок:** потрібно за завданням викладача навести переваги та недоліки конкретного виду бетонного виробу та порівняти його властивості з існуючими аналогами з урахуванням особливостей застосування.



## Лабораторна робота № 10 ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГКИХ БЕТОНІВ

**Мета роботи:** отримання різних видів легких бетонів та визначення їхніх характеристик.

**Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ Б В. 2.7-18-95. Бетони легкі. Загальні технічні умови.
2. ДСТУ Б В. 2.7-45-2010. Бетони ніздрюваті. Технічні умови.

**Короткі відомості**

**Легкий бетон** – це штучний матеріал із середньою густиною, менше 2000 кг/м<sup>3</sup>, який одержують в результаті тверднення раціонально підібраної суміші в'язучої речовини, пористих заповнювачів (крупного та дрібного або одного з них), води та спеціальних добавок (за необхідності).

Порівняно із важкими бетонами, легкі є більш ефективними з точки зору зниження матеріалоємності на одиницю об'єму, мають покращені теплоізоляційні та акустичні характеристики, відрізняються зниженням транспортних витрат (25%) та скороченням витрат на зведення несучих конструкцій та фундаментів (на 30 – 35%).

Найбільш ефективно застосування легких бетонів – створення огорожувальних конструкцій будівель і споруд.

За показниками середньої густини легкі бетони поділяють на марки від Д300 до Д2000, а за гарантованою міцністю – на класи від В0,35 до В40, випробовуючи стандартні зразки-куби, розмірами 150x150x150 мм.

Легкі бетони класифікуються за призначенням, за видами заповнювачів, за структурою.

За призначенням легкі бетони поділяються на:

- конструкційні;
- конструкційно-теплоізоляційні;
- теплоізоляційні;
- спеціальні (жаростійкі, хімічно стійкі тощо).

Залежно від пористих заповнювачів, які використовуються, встановлюють такі види легких бетонів: на штучних заповнювачах – керамзитобетон, керамзитоперлітобетон, керамзитозолобетон, шлакопемзобетон, шлакопемзоперлітобетон, шлакопемзозолобетон, перлітобетон, бетон на шлаковому гравію; на заповнювачах із відходів промисловості – шлакобетон, шлакозолобетон, золобетон, бетон на пористих вапняках, опокобетон, туфобетон. За структурою легкі бетони можуть бути:

- щільними, в яких простір між зернами заповнювача зайнятий затверділими в'язучими із порами залученого повітря;
- поризованими – розчинова «матриця» поризується за рахунок введення спеціальних добавок різного механізму дії;
- крупнопористими – не мають дрібного заповнювача, міжзерновий простір заповнений повітрям, в'язуча речовина лише зв'язує між собою зерна крупного заповнювача.

Залежно від крупності заповнювачів легкі бетони можуть бути:

- звичайними, із максимальною крупністю заповнювачів, 20 і 40 мм;
- дрібнозернистими, із максимальною крупністю заповнювачів, 10 мм;
- те саме, із максимальною крупністю заповнювачів 5 мм (піщані), при модулі крупності піску понад 2,0;
- те саме при модулі крупності піску 2,0 і менше.

Згідно діючих нормативних документів на проектування за показниками міцності на стиск встановлюють класи бетонів (табл. 10.1):

- для конструкційних В12,5; В15; В17; В20; В22; В25; В30; В35; В40;
- для конструкційно-теплоізоляційних В1; В2; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15;
- теплоізоляційних В0,35; В0,75; В1; В2.

За середньою густиною встановлюють такі марки легкого бетону: D 300; D 400; D 500; D 600; D 700; D 800; D 900; D 1000; D 1100; D 1200; D 1300; D 1400; D 1500; D 1600; D 1700; D 1800; D 1900; D 2000.

**Ніздрюваті бетони** отримують у процесі твердіння поризованої розчинної суміші. За способами поризації розрізняють пінобетони, газобетони та піногазобетони, в яких отримання пористої структури обумовлене використанням піно- та газоутворюючих добавок або їх суміші. Як газоутворювач зазвичай використовують алюмінієву пудру ПАП-1, як піноутворювачі – спеціально розроблені добавки.

Таблиця 10.1

**Класи легких бетонів та допустимі мінімальні граничні значення міцності при стиску**

Клас бетону за міцністю на стиск	Міцність на стиску, МПа, не менше
В 0,35	0,5
В 0,75	1,085
В 1	1,447
В 1,5	2,085
В 2	2,894
В 2,5	3,274
В 3,5	4,584
В 5	6,548
В 7,5	9,823
В 10	13,097
В 12,5	16,371
В 15	19,645
В 20	26,193
В 25	32,742
В 30	39,29
В 35	45,839
В 40	52,387

У якості в'язучої речовини можуть бути використані портландцементи (бажано високомарочні) та вапняно-кремнеземисті в'язучі. Є можливість розширення сировинної бази за рахунок використання певної кількості відходів виробництва – золи-винесення, шлаків тощо.

Ніздрюваті бетони класифікують за такими ознаками:

- за функціональним призначенням: теплоізоляційні, конструкційно-теплоізоляційні, конструкційні;
- за способом поризації сировинної суміші: газобетони, пінобетони, газопінобетони;
- за умовами тверднення: автоклавні, неавтоклавні;
- за видом кремнеземистого компонента: на природних пісках, золах, інших кремнеземистих вторинних продуктах промисловості.

Марки ніздрюватих бетонів за середньою густиною у сухому стані: D200, D250, D300, D350, D400, D500, D600, D700, D800, D900, D1000, D1100 (табл.10.2).

Класи ніздрюватих бетонів за міцністю на стиск: В 0,35; В 0,5; В 0,75; В 1; В 1,5; В 2; В 2,5; В 3,5; В 5; В 7,5; В 10; В 12,5; В 15 (табл.10.3).

Марки бетонів за морозостійкістю: F15, F25, F35, F50, F75.

Таблиця 10.2

**Марки ніздрюватих бетонів за середньою густиною та її допустимі граничні значення**

Марка за середньою густиною	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>
D 200	Від 180 до 220 включ.
D 250	Понад 220 » 270 »
D 300	» 270 » 320 »
D 350	» 320 » 370 »
D 400	» 370 » 420 »
D 500	» 420 » 530 »
D 600	» 530 » 630 »
D 700	» 630 » 740 »
D 800	» 740 » 840 »
D 900	» 840 » 950 »
D 1000	» 950 » 1050 »
D 1100	» 1050 » 1150 »

Таблиця 10.3

**Класи ніздрюватих бетонів та допустимі мінімальні граничні значення міцності при стиску**

Клас бетону за міцністю на стиск	Міцність на стиску, МПа, не менше
В 0,35	0,5
В 0,5	0,72
В 0,75	1,06

Закінчення табл. 10.3

B 1	1,45
B 1,5	2,17
B 2	2,90
B 2,5	3,62
B 3,5	5,06
B 5	7,23
B 7,5	10,85
B 10	14,50
B 12,5	18,10
B 15	21,70

Фізико-механічні властивості ніздрюватих бетонів залежно від умов твердіння наведено в табл. 10.4.

Таблиця 10.4

**Фізико-механічні показники ніздрюватих бетонів за умовами твердіння**

Види бетонів	Марка за середньою густиною	Автоклавний		Неавтоклавний		
		клас за міцністю на стиск	марка за морозостійкістю	клас за міцністю на стиск	марка за морозостійкістю	
Теплоізоляційний	D 200	B 0,35	не нормується	B 0,35	не нормується	
	D 250	B 0,5		B 0,5		
	D 300	B 0,75		B 0,75		
	D 350	B 1				
Конструкційно-теплоізоляційний	D 400	B 1	F 15	B 1	F 15 F 25 F 35 F 50 F 75	
	D 500	B 1,5	F 25	B 1,5		
		B 2	F 35	B 2		
		B 2,5				
		B 2,5	F 15	B 1,5		
	D 600 D700	B 2,5	F 25	B 2		F 15
		B 3,5	F 35	B 2,5		F 25
		B 5	F 50			F 35
		B 5	F 75			F 50
	D 800 D 900	B 2,5	F 25	B 2		F 75
B 3,5		F 35	B 2,5			
B 5		F 50	B 3,5			
B 7,5		F 75	B 5			
Конструкційний	D 1000	B 7,5	F 25	B 5	F 15	
	D 1100	B 10	F 35	B 7,5	F 25	
		B 12,5	F 50	B 10	F 35	
		B 15	F 75	B 12,5	F 50	

**Крупнопористий бетон** (у зв'язку із відсутністю дрібного заповнювача) характеризується сполученими крупними порами (пустотами). Для

запобігання продування конструкцій та збереження теплоізоляційного ефекту огорожувальні конструкції мають бути оздоблені штукатуркою. Як крупний заповнювач використовують щільні або пористі природні чи штучні щебінь та гравій, з розміром зерен 5...20 мм. Як в'язучі речовини можна використовувати портландцемент та його різновиди.

Галузь застосування легких бетонів – створення теплоізоляційних та конструкційно-теплоізоляційних конструкцій із звукоізолюючим та акустичним ефектом.

## 10.2. Виготовлення та визначення властивостей крупнопористого бетону

**Матеріали:** портландцемент, керамзитовий гравій, вода

**Прилади:** ваги, чаша для замішування, кельма, скляний мірний циліндр, форма сталева розбірна (100x100x100 мм)

### Порядок виконання роботи

Склад крупнопористого конструкційно-теплоізоляційного бетону на легких заповнювачах визначають розрахунково-експериментальним методом з урахуванням середньої густини бетону та заданого класу за міцністю.

На основі ретельно розрахованого складу готують бетонну суміш і формують зразки-куби, розмірами 100x100x100 мм. Зразки витримують у стандартних умовах на протязі 28 діб, потім зважують і визначають масу та середню густину бетону (див. лабораторну роботу №1).

Наступним кроком є визначення міцності матеріалу на стиск. Для цього визначають границю міцності бетону при стиску та на основі отриманих значень визначають клас за міцністю на стиск за табл. 10.1. Отримані результати заносять до табл. 10.5

Таблиця 10.5

### Склад та властивості крупнопористого легкого бетону

Витрата компонентів бетону (на 1 лабораторний заміс)			Роз- міри зразка, м	Маса зразка, кг	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Границя міцності при стиску, МПа	Клас за міцністю на стиск
цемент, кг	запов- нювач (керам- зитовий гравій), л	вода, л					
0,2	1,0	0,15-0,2*					

*Примітка.* \* Кількість води змінюється залежно від якості вихідних компонентів та визначається під час проведення дослідів.

**Висновок** має містити порівняння отриманих характеристик із вимогами нормативних документів. Потрібно навести галузі застосування розглянутого матеріалу.

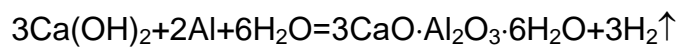
## 10.2. Виготовлення та визначення властивостей ніздрюватого бетону (газобетону)

**Матеріали:** портландцемент, вапно, пудра алюмінієва ПАП-1, вода

**Прилади:** електрична плитка, чаша для замішування, кельма, ваги, скляний мірний циліндр, форма сталевая розбірна (розміром 70x70x70 мм)

### Порядок виконання роботи

Для виготовлення газобетону використовується хімічний спосіб поризації. При взаємодії алюмінієвої пудри із гідроксидом кальцію виділяється водень, який поризує цементне тісто рівномірно розподіленими бульбашками:



З бетонної суміші оптимального складу (табл. 10.6) формують зразки-куби розмірами, 70,7x70,7x70,7 мм. Температура газобетонної суміші під час формування має бути 32...45°C. Для досягнення такої температури підігрівають воду та нагрівають металеву форму.

Характерною рисою оптимально підібраної суміші є одночасність припинення процесу газовиділення із початком тужавлення розчинової матриці.

Зразки витримують в нормальних умовах, потім визначають середню густину та границю міцність при стиску. На основі отриманих значень границі міцності при стиску визначають клас за міцністю на стиск за табл. 10.3.

Середню густину ніздрюватих бетонів визначають в абсолютно сухому стані, а міцність за умов, що вологість матеріалу дорівнює 10%. Результати проведених випробувань заносяться до табл. 10.6.

Таблиця 10.6

### Склад та властивості газобетону

Витрати компонентів, кг (на 1 лабораторний заміс)				Розміри зразка, м	Маса зразка, кг	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Границя міцності при стиску, МПа	Клас за міцністю на стиск
в'яжуча речовина		алюмінієва пудра	вода					
порт- ланд- цемент	вапно							
0,27	0,028	0,002	0,18					

**Висновок** повинен містити порівняння показників отриманих матеріалів із вимогами нормативних документів. Необхідно навести галузі застосування розглянутого матеріалу.

### 10.3. Порівняння властивостей легких бетонів

**Матеріали:** зразки легких бетонів: щільний та крупнопористий керамзитобетон, пінобетон, газобетон

**Прилади:** ваги, лінійка

Для зразків бетонів відповідно до завдання викладача знаходять масу, об'єм та середню густину бетону (див. лабораторну роботу №1). Визначають марку бетонів за середньою густиною за табл. 10.2.

За формулою В.П. Некрасова розраховують коефіцієнт теплопровідності легких бетонів.

На основі проведених експериментів та вивчення зразків легких бетонів різної структури необхідно провести аналіз ефективності застосування кожного з матеріалів та порівняти властивості різних видів легких бетонів між собою.

Результати досліджень заносять до табл. 10.7.

Таблиця 10.7

**Властивості легких бетонів**

Вид легкого бетону	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Марка за середньою густиною	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)
Крупнопористий бетон			
Високоміцний керамзитобетон			
Пінополістиролбетон			
Арболіт			
Пінобетон			
Газосилікат			

**Висновок** повинен містити порівняння властивостей легких бетонів. Необхідно провести аналіз характеристик розглянутих матеріалів та визначити найбільш ефективні бетони з точки зору теплоізоляції та міцності.

## Лабораторна робота № 11

### ВИПРОБУВАННЯ НАФТОВОГО БІТУМУ

**Мета роботи:** визначення марки бітуму за показниками в'язкості, розтяжності та температури розм'якшення, а також вивчення основних характеристик в'язко-пластичних матеріалів на основі бітуму.

#### Нормативне забезпечення:

1. ДСТУ 4044:2019. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови.
2. ДСТУ 4148-2003. Бітуми нафтові будівельні. Технічні умови.
3. ДСТУ 4279:2004. Бітуми нафтові. Номенклатура показників якості.
4. ДСТУ 4818:2007. Бітуми нафтові покрівельні. Технічні умови.
5. ДСТУ EN 1426:2018 Бітум та бітумні в'язучі. Визначення глибини проникності голки (пенетрації) (EN 1426:2015, IDT).
6. ДСТУ 8825:2019. Бітум та бітумні в'язучі. Метод визначення розтяжності.
7. ДСТУ EN 1427:2018. Бітум та бітумні в'язучі. Визначення температури розм'якшеності за методом кільця і кулі (EN 1427:2015, IDT).
8. ДСТУ Б В.2.7-236:2010. Мастики на основі бітуму – покрівельні та ізоляційні гарячі. Технічні умови.

#### Короткі відомості

**Бітум** – це тверда або в'язкорідка суміш вуглеводнів та їх неметалевих похідних (метанового і нафтенового рядів), асфальтенів, смол і масел, які відрізняються між собою молекулярною масою. Бітуми можуть бути природними та штучними.

**Бітуми природні** – органічні речовини (дистиляційні рештки нафти, вугілля), що розчиняються в органічних розчинниках (сірковуглець, бензол, спирт та ін.). Залягають в надрах у твердому, в'язкому та в'язко-пластичному стані. До природних бітумів належать нафта, природні горючі гази, газовий конденсат, а також природні похідні нафти (мальти, асфальти, асфальтити, керити, гумінокерити, озокерити, антраксоліти) та їх аналоги – нафтоїди. Природні бітуми складаються з високомолекулярних вуглеводнів та гетероатомних (кисневих, сірчистих, азотистих, металвмісних) сполук.

**Штучні бітуми** (продукти переробки нафти й кам'яного вугілля) – тверді пластичні або в'язкі суміші вуглеводнів та їхніх похідних. Одержують головним чином з залишків переробки нафти, крекінгу, очистки мастил (нафтові бітуми), кам'яновугільної смоли (кам'яновугільні бітуми), а також шляхом екстракції з торфу та бурого вугілля.

**Модифіковані бітуми** – це бітуми з поліпшеними властивостями, виготовлені на основі нафтових дорожніх в'язких бітумів шляхом введення термопластичних полімерів, а також, за необхідності, адгезійних добавок та пластифікаторів.

Залежно від **технології отримання**, нафтові бітуми класифікують на залишкові, окиснені та крекінгові; за консистенцією – на тверді, напівтверді та розріджені; за призначенням – на дорожні, покрівельні, будівельні та ізоляційні. За кольором бітуми можуть бути жовтого, світло-коричневого, бурого або чорного забарвлення.

Марки бітумів за призначенням (табл. 11.1) визначають за показниками в'язкості, розтяжності, температури розм'якшення.

Таблиця 11.1

**Фізико-технічні властивості нафтових бітумів**

Марка бітуму	Температура розм'якшення бітуму, °С, не менше	Глибина проникнення голки, 0,1 мм за температури 25 °С, не менше	Розтяжність, см, за температури 25°С, не менше	Температура спалаху, °С, не менше
<i>Будівельні (ДСТУ 4148)</i>				
БН-50/50	50 – 60	41 – 60	40	230
БН-70/30	70 – 80	21 – 40	3,0	240
БН-90/10	90 – 105	5 – 20	1,0	240
<i>Покрівельні (ДСТУ 4818)</i>				
БНП 40/180	38 – 45	160 – 210	-	250
БНП 45/190	40 – 50	160 – 220	40	250
БНП 90/30	80 – 95	25 – 35	1,5	240
<i>Дорожні в'язкі (ДСТУ 4044)</i>				
БНД 40/60	51 – 57	40 – 60	45	240
БНД 60/90	47 – 53	61 – 90	55	230
БНД 90/130	43 – 49	91 – 130	65	230
БНД 130/200	39 – 45	131 – 200	70	220

**11.1. Визначення в'язкості бітуму**

**Матеріали:** різновиди бітуму

**Прилади:** посудина для розігріву бітуму, електрошафа, сито з металевою сіткою №07, скляна або металева паличка, пенетрометр, посудина скляна чи металева, термометр, секундомір

**Порядок виконання роботи**

*В'язкість (твердість)* один із головних показників якості, за яким бітуми поділяють на марки. В'язкість бітуму визначають за допомогою пенетрометра (рис. 11.1) за глибиною проникнення голки, діаметром 1,0...1,02 мм, в бітум протягом 5 с за температури +25°C.

Кристалізатор 8 (рис.11.1) заповнюють бітумом, розігрітим у електричній шафі до температури, не менше 120°C.

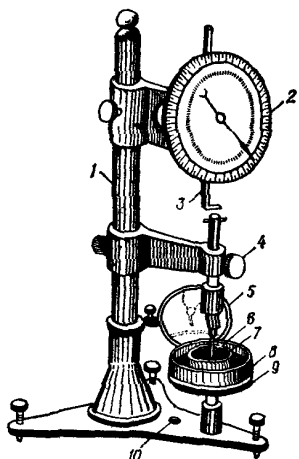


Рис. 11.1. Пенетрометр:

1 – штатив; 2 – циферблат; 3 – контактна рейка (кремальєра); 4 – стопорна кнопка; 5 – дзеркало; 6 – голка; 7 – металева чашка з водою; 8 – кристалізатор; 9 – обертовий столик; 10 – рівень

Після заповнення і охолодження кристалізатор встановлюють у металеву чашку з водою 7, а посудину ставлять на обертовий столик пенетрометра 9 і заливають нагрітою до температури 30...35 °С водою, витримують зразок бітуму протягом 40...60 хв до його охолодження до температури 25°C. Потім голку 6 пенетрометра встановлюють так, щоб вона торкалась поверхні бітуму, а кремальєра пенетрометра 3 повинна торкатися штоку пенетрометра за умови, що стрілка стоїть на нульовій позначці. Натискаючи на стопорну кнопку 4, вивільняють голку 6, яка занурюється в бітум. Кнопку тримають 5 с. Після цього кнопку відпускають, фіксуючи положення голки. Обережно посувають кремальєру до торкання зі штоком і за відхиленням стрілки на циферблаті 2 відмічають показник, який дозволяє перевести градуси у міліметри під час помноження його на 0,1 (кожний градус відповідає зануренню голки на 0,1 мм). Такі вимірювання роблять тричі, результати заносять до табл. 11.2 і визначають середнє арифметичне.

## 11.2. Визначення розтяжності бітуму

**Матеріали:** різновиди бітуму, машинне мастило, ганчірка, гас

**Прилади:** посудина для розігрівання бітуму, електрошафа, сито з металеву сіткою № 07, скляна або металева паличка, форми латунні для бітуму («вісімки»), поліровані металеві пластинки, дуктилометр, термометр ртутний, ніж

### Порядок виконання роботи

Розтяжність бітуму визначають на дуктилометрі (рис. 11.2).

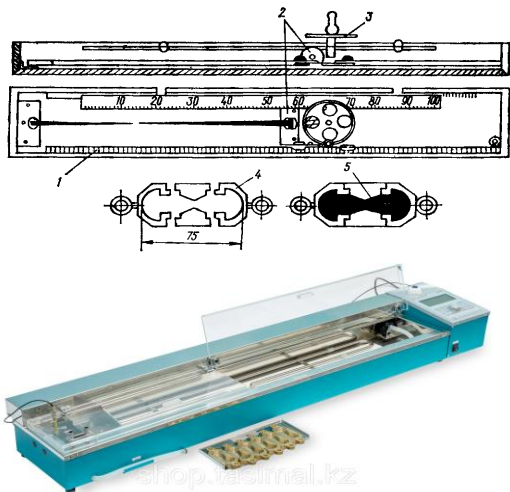


Рис. 11.2. Дуктилометр:  
 1 – черв'ячний гвинт; 2 – рухома каретка;  
 3 – електродвигун; 4 – латунна збірна  
 форма; 5 – бітум

Випробування проводять на трьох попередньо виготовлених зразках-«вісімках», які закріплюють до рухомої 2 і нерухомої кареток приладу, а стрілку дуктилометра, яка знаходиться на рухомій каретці, суміщають з нульовою позначкою мірної лінійки.

У дуктилометр заливають завчасно підігріту воду до температури 28...30°C, витримують 10...20 хв доти, доки температура води зменшиться до 25°C, витримують зразок одну годину і проводять випробування. Рухома каретка починає рухатися і розтягує зразок бітуму. В момент втрати суцільності (розриву) «вісімок» вимикають прилад. Показники заносять до табл. 11.2 і визначають середнє арифметичне значення трьох випробувань. За розтяжності до 10 см результати округлюють до 0,1 см, за більшого значення – результат округлюють до цілого числа.

### 11.3. Визначення температури розм'якшення бітуму

**Матеріали:** різновиди бітуму, машинне мастило, ганчірка, гас

**Прилади:** посудина для розігрівання бітуму, електрошафа, сито з металевою сіткою № 07, скляна або металева паличка, кільця латунні східчасті або гладкі, сталеві кульки, вагою 3,50 г, прилад «Кільце та куля», посудина скляна, горілка газова або електричний, термометр ртутний, ніж

#### Порядок виконання роботи

Температуру розм'якшення бітуму визначають на приладі «Кільце і куля» (рис. 11.3, 11.4), який складається зі скляного термостійкого стакана 6, латунного кільця 1, сталеві кульки 3, ртутного термометра з шкалою до 250 °C 4, електроплитки. В кільце заливають попередньо нагрітий до температури 120 °C бітум і охолоджують його до температури навколишнього середовища, попередньо зрізавши теплим ножем надлишки бітуму. У штатив із отворами вставляють три кільця із бітумом, на поверхню яких встановлюють металеві кульки.

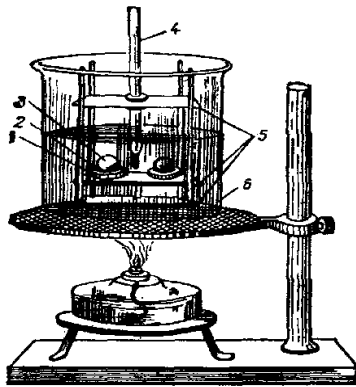


Рис. 11.3. Прилад «Кільце та куля»: 1 – латунні кільця; 2 – бітум; 3 – сталеве «Кільце та куля»; 4 – термометр; 5 – металеві пластинки; 6 – термостійкий стакан

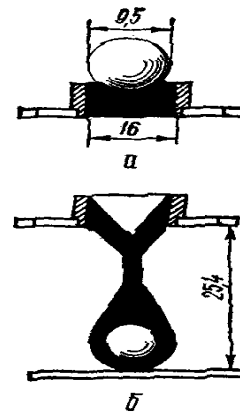


Рис. 11.4. Положення кулі в приладі: а – початкове; б – кінцеве

Штатив обережно встановлюють у термостійкий скляний стакан, наливають воду і поміщають на електроплиту разом із термометром. Підігрівають воду зі швидкістю 5 °С/хв. Коли підвищується температура – бітум розм'якшується і під тиском металевої кульки видавлюється крізь кільце у вигляді краплі. В момент, коли крапля торкається нижньої пластини штатива, фіксують температуру, яка відповідає температурі розм'якшення бітуму. Показники заносять до табл. 11.2 та визначають середнє арифметичне значення двох випробувань, округлених до цілого числа.

Таблиця 11.2

#### Визначення марки бітуму

№ дослідів	Глибина занурення голки, мм, $\delta \times 0,1$ за температури 25 °С, не менше	Розтяжність бітуму, см, за температури 25 °С, не менше	Температура розм'якшення бітуму, °С, не менше	Марка нафтового бітуму
1				
2				
3				
Середні значення				

**Висновок:** за результатами проведених досліджень потрібно визначити марку бітуму та навести доцільні галузі його використання з урахуванням екологічного аспекту.

#### 11.4. В'язко-пластичні матеріали на основі бітумів

**Бітумна мастика** – комплексна речовина, що складу якої входить бітумна в'язуча речовина, оливи, наповнювачі, гумові гранули, полімери, застосовується для створення безшовного водонепроникного покриття під час укладання та ремонту покрівлі, дорожнього покриття, гідро- і пароізоляції, а також як захисний матеріал для рулонної покрівлі від впливу різних атмосферних явищ.

Мастики класифікують за *призначенням, видом в'язучих матеріалів, теплостійкістю.*

Мастики за *призначенням* поділяють на типи:

- П – покрівельні; призначені для влаштування і ремонту мастичних покрівель, а також для ремонту рулонних покрівель;
- К – клеючі; призначені для приклеювання рулонних покрівельних та гідроізоляційних матеріалів і для влаштування захисних шарів покрівель;
- Г – гідроізоляційні; призначені для влаштування мастичних шарів гідроізоляції;
- Пі – пароізоляційні; призначені для влаштування мастичних шарів пароізоляції;
- У – універсальні; призначені для влаштування і ремонту покрівлі, для влаштування мастичних шарів гідро- та пароізоляції, а також для приклеювання покрівельних і гідроізоляційних матеріалів.

Залежно від *виду в'язучого матеріалу* мастики поділяють на:

- Б – бітумні;
- БП – бітумно-полімерні;
- БГ – бітумно-гумові.

Виготовляють такі марки мастики, залежно від *теплостійкості*: 55, 65, 75, 85, 100, 120 (табл. 11.3 – 11.5).

**Визначення теплостійкості** проводять на зразках, розмірами (100x50)±1 мм. Зразки нагрівають до певної температури і вважають, що мастика витримала випробування на теплостійкість, якщо на поверхні зразка не з'являються здуття і патьоки, а також збільшення довжини не перевищує нормативної величини. Збільшення довжини ( $\Delta l$ ) у відсотках обчислюють за формулою:

$$\Delta l = \frac{l_3 - l_2}{l_2} \times 100,$$

де  $l_2$  – довжина зразка-плівки до випробування, мм;  $l_3$  – довжина зразка-плівки після випробування, мм.

Результат округлюють до 1 %.

Таблиця 11.3

**Фізико-технічні показники бітумних мастик**

Назва показника	Значення показника мастики для марки				
	55	65	75	85	100
Теплостійкість протягом 5 год, °С	Від 55 до 65 включ.	Понад 65 до 75 включ.	Понад 75 до 85 включ.	Понад 85 до 100 включ.	Понад 100
Температура розм'якшення, °С	45 – 50	51 – 60	61 – 70	71 – 80	81 – 95
Температура крихкості за Фраасом, °С, не вище	мінус	мінус 15	мінус 13	мінус 12	мінус
Гнучкість на брусі з закругленням радіусом (5,0 ±0,2) мм	Не повинно бути тріщин на поверхні зразка				
	мінус 5	мінус 5	мінус 3	мінус 2	0

Таблиця 11.4

**Фізико-технічні показники бітумно-полімерних мастик**

Назва показника	Значення показника мастики для марки				
	55	65	75	85	100
Теплостійкість протягом 5 год, °С	Від 55 до 65 включ.	Понад 65 до 75 включ.	Понад 75 до 85 включ.	Понад 85 до 100 включ.	Понад 100
Температура розм'якшення, °С	45 – 55	56 – 65	66 – 75	76 – 85	86 – 110

Таблиця 11.5

**Фізико-технічні показники бітумно-гумових мастик**

Назва показника	Значення показника мастики для марки				
	65	75	85	100	120
Теплостійкість протягом 5 год, °С	Від 65 до 75 включ.	Понад 75 до 90	Понад 90 до 100	Понад 100 до 120	Понад 120
Температура розм'якшення, °С	45 – 55	56 – 65	66 – 75	76 – 85	86 – 110

**Порядок виконання роботи**

За завданням викладача визначити властивості певного виду мастики та занести у табл. 11.6, користуючись фізико-технічними показниками, що наведені в табл. 11.3...11.5, а також дод. 11.1, 11.2, 11.3.

Таблиця 11.6

**Основні характеристики бітумних мастик**

Найменування мастики	Склад (основні компоненти)	Основні властивості за стандартом (ДСТУ Б В.2.7-236:2010)	Особливості використання
Мастика бітумна (П,К,Г,Пі,У)* / Б-(55, 65,75,85,100)			
Мастика бітумно-полімерна (П,К,Г,Пі,У)*/БП-(55,65,75,85,100)			
Мастика бітумно-гумова (П,К,Г,Пі,У)*/БГ-(65,75,85,100,120)			

\*Примітка. П,К,Г,Пі,У – П – покрівельні; К – клеючі; Г – гідроізоляційні; Пі – пароізоляційні; У – універсальні.

**Висновок:** за результатами огляду різних типів мастик, властивостей навести доцільні галузі використання з урахуванням сучасних реалій і потреб захисту будівель, споруд, а також екологічного аспекту.

## Лабораторна робота № 12

### ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ І ВИРОБИ

**Метою роботи** є ознайомлення з номенклатурою, властивостями, особливостями виробництва та застосування полімерних будівельних матеріалів і виробів.

#### **Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ Б EN 13163:2012. Матеріали будівельні теплоізоляційні вироби зі спіненого полістиролу (EPS). Технічні умови.
2. ДСТУ Б В.2.6-187:2013. Теплогідроізоляція монолітна пінополіуретанова, що напилюється. Загальні технічні умови
3. ДСТУ Б В.2.7-20-95. Лінолеум полівінілхлоридний на теплозвукоізолюючій підоснові. Технічні умови.
4. ДСТУ Б В.2.7-21:2013. Матеріали і вироби полівінілхлоридні багат шарові та одношарові для покриття підлог. Технічні умови.
5. ДСТУ Б В.2.7-73-98. Труби поліетиленові для подачі горючих газів. Технічні умови.
6. ДСТУ Б В.2.7-130:2007. Будівельні матеріали. Профілі полівінілхлоридні для огорожувальних будівельних конструкцій. Загальні технічні умови.
7. ДСТУ Б В.2.7-132:2007. Будівельні матеріали. Пінополіуретани монтажні (монтажні піни). Номенклатура показників.
8. ДСТУ Б В.2.7-136:2016. Матеріали для герметизації швів і тріщин в покриттях дорожнього одягу автомобільних доріг. Загальні технічні вимоги.
9. ДСТУ Б В.2.7-139:2007. Черепиця полімерпідщана. Технічні умови.
10. ДСТУ Б В.2.7-140:2007. Труби з поліпропілену та фасонні вироби до них для внутрішньої каналізації будинків і споруд. Технічні умови (EN ISO 1451:1998, MOD).
11. ДСТУ Б В.2.7-141:2007. Труби із непластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для холодного водопостачання. Технічні умови (EN ISO 1452:1999, MOD).
12. ДСТУ Б В.2.7-142:2007. Труби з хлорованого полівінілхлориду (ХПВХ) та фасонні вироби до них для мереж холодного, гарячого водопостачання та опалення. Технічні умови (ISO/DIS 15877:2006, EN ISO 1452:1999, MOD).
13. ДСТУ Б В.2.7-143:2007. Труби зі структурованого поліетилену для мереж холодного, гарячого водопостачання й опалення. Технічні умови (EN ISO 15875-2:2003, MOD).
14. ДСТУ Б В.2.7-144:2007. Будівельні матеріали. Труби для мереж холодного та гарячого водопостачання із поліпропілену. Технічні умови (EN ISO 15874-2:2003, MOD).
15. ДСТУ Б В.2.7-146:2008. Вироби полівінілхлоридні погонажні. Загальні технічні умови.

16. ДСТУ Б В.2.7-150:2008. Будівельні матеріали. Пінополіуретани монтажні (монтажні піни). Загальні технічні умови.
17. ДСТУ Б В.2.7-158:2008. Будівельні матеріали. Матеріали герметизуючі полімерні. Класифікація. Загальні технічні вимоги (ISO 11600:2002, MOD)
18. ДСТУ Б В.2.7-159:2008. Будівельні матеріали. Матеріали та вироби полімерні для покриття підлог. Класифікація (EN 685:1995, NEQ).
19. ДСТУ Б В.2.7-160:2008. Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній підоснові. Технічні умови (EN 650:1996, NEQ)
20. ДСТУ Б В.2.7-162:2008. Вироби паперово-шаруваті декоративні. Номенклатура показників.
21. ДСТУ Б В.2.7-168:2008. Вироби теплоізоляційні з пінофенопласту. Технічні умови (EN 13166:2001, NEQ)
22. ДСТУ Б В.2.7-169:2008. Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати ламельні. Технічні умови (EN 13162:2001, NEQ).
23. ДСТУ Б В.2.7-179:2009. Будівельні матеріали. Деталі з'єднувальні для газопроводів із поліетиленових труб. Технічні умови (EN 1555-3:2002, MOD).
24. ДСТУ Б В.2.7-183:2009. Будівельні матеріали. Матеріали та вироби будівельні звукопоглинальні і звукоізоляційні. Класифікація й загальні технічні вимоги.
25. ДСТУ Б В.2.7-194:2009. Матеріали герметизуючі полімерні будівельні. Номенклатура показників.
26. ДСТУ Б В.2.7-196:2009. Будівельні матеріали. Матеріали клеючі полімерні для оздоблення та облицювання. Номенклатура показників.
27. ДСТУ Б В.2.7-198:2009. Будівельні матеріали. Матеріали оздоблювальні та вироби облицювальні полімерні. Номенклатура показників.
28. ДСТУ Б В.2.7-269:2011. Лінолеум гумовий багат шаровий – релін. Технічні умови (ГОСТ 16914-71, MOD).
29. ДСТУ Б В.2.7-293:2011. Прокладки гумові пористі ущільнювальні (ГОСТ 19177-81, MOD).

### **Короткі відомості**

Полімери – хімічні сполуки, молекули яких складаються з багаторазово повторюваних (регулярно або нерегулярно) атомних угруповань (елементарних ланок) одного типу структури, з'єднаних хімічними зв'язками в ланцюги різної будови і різної кількості ланок.

Співполімери – хімічні сполуки, молекули яких складаються з елементарних ланок (мономерів) двох або більше типів структур. Більшість полімерів і співполімерів у твердому стані мають частково кристалічну будову і відзначаються підвищеною твердістю, міцністю та теплостійкістю.

Полімерні матеріали і пластмаси на їх основі відзначаються певними позитивними і негативними властивостями. До основних переваг відносять: малу середню густину, хімічну стійкість, високі електроізоляційні властивості,

міцність, антифрикційні та фракційні властивості, оптичні та напівпровідникові властивості, технологічність виготовлення деталей та виробів і необмеженість ресурсів сировини. До недоліків відносять низьку теплопровідність, низьку твердість і жорсткість, повзучість, старіння під впливом тепла та світла, погіршення зовнішнього вигляду при підвищених температурах.

Полімерні матеріали класифікують за такими ознаками:

**За походженням** їх поділяють на природні – рослинні та тваринні білки (альбумін, казеїн, глобулін), вуглеводи (целюлоза, крохмаль), шкіра, каучук, вовна тощо; хімічні – бувають штучні та синтезовані. Штучні отримують з речовин природного походження (з деревини – целюлозу, з каучукових дерев – каучук). Синтезовані отримують шляхом синтезу з мономерів.

**За хімічним складом** поділяють на органічні (сполуки вуглецю з органічними елементами), неорганічні (сполуки селену, сірки тощо) та елементоорганічні.

**За структурою макромолекули** поділяють на лінійні (атоми в молекулі розташовані у вигляді довгого ланцюгу) – целюлоза, природний каучук; розгалужені (мають відгалуження від основного ланцюгу молекули) – крохмаль, поліметилметакрилат; просторові (містки складаються з атомів або груп атомів).

**За хімічним складом основного ланцюга** поділяють на карболанцюгові (головний ланцюг складається з атомів вуглецю) та гетероланцюгові (в головному ланцюгу, крім атомів вуглецю, містяться атоми кисню, азоту, сірки тощо).

**За характером розміщення елементарних ланок** поділяються на нерегулярні, регулярні та стереорегулярні.

**За поведінкою під час нагрівання** поділяють на термопластичні (термопласти) – під час нагрівання розм'якшуються, піддаються повторній тепловій обробці, а під час охолодження знову твердіють і відновлюють майже повністю всі свої властивості; терморективні (реактопласти) – під час нагрівання розм'якшуються, стають в'язкими, а потім змінюють свою будову стають твердими і неплавкими.

**За способом отримання** розрізняють полімеризаційні та поліконденсаційні. Полімеризація – реакція багаторазового з'єднання молекул одного мономера без виділення побічних низькомолекулярних продуктів. Утворюваний полімер має такий же елементарний склад, що і вихідні мономері. Залежно від методу виділення полімеру розрізняють такі способи полімеризації: блочний, суспензійний, емульсійний, у розчині та у газовій фазі. Таким способом отримують поліетилен, полівінілхлорид, поліізопрен тощо. Якщо взаємодіють молекули двох і більше мономерів, то процес називають співполімеризацією. Поліконденсація – реакція багаторазового з'єднання молекул однакового або різних мономерів, яка супроводжується виділенням побічних продуктів (води, спирту, аміаку тощо). Утворений полімер відрізняється за складом від вихідних мономерів. Отримують полієфіри, поліаміди, амінопласти тощо. Пластмаси – це

матеріали, які одержуються на основі природних чи синтезованих полімерів. Вони здатні під час нагрівання переходити в пластичний стан і за допомогою пластичної деформації здобувати форму, що стійко зберігається після охолодження і затвердіння.

Найважливішими властивостями пластмас є:

- низька середня густина ( $0,9 - 1,9 \text{ г/см}^3$ , іноді –  $2,6 \text{ г/см}^3$ );
- висока хімічна стійкість;
- низькі показники звуко- та теплопровідності;
- не проводять електричний струм; деякі з них є найкращими діелектриками, тому їх застосовують в електроніці як ізоляційний матеріал і основний конструкційний матеріал;
- мають антифрикційні властивості, що дозволяє виготовити з них підшипники, які не вимагають змащення: а також фрикційні властивості, що дозволяє виготовляти з них гальмові колодки та інші вироби;
- пластмаси у 5 – 8 разів легші за метали, що робить їх незамінними в будівництві, побутовій техніці, радіоелектроніці;
- багато видів пластмас є прозорими, оптичними. Вони можуть бути пружними і еластичними, легко формуються.

Вироби з пластмас виготовляють, як правило, сучасними високопродуктивними способами: пресуванням, литтям під тиском, пневмоформуванням, видуванням. Усі ці методи виробництва піддаються автоматизації, завдяки чому вироби з пластмас не вимагають високої трудомісткості. Пластмаси використовуються в будівництві, машинобудуванні, в електротехнічній, автомобільній і авіаційній галузях, в суднобудівництві тощо.

### **12.1. Виготовлення газонаповненого полімерного матеріалу на основі полістиролу та дослідження його властивостей**

**Матеріали:** полістирол гранульований, гліцерин

**Прилади:** форма металева, електроплитка лабораторна, посудина металева для нагрівання води, лінійка, ваги аналітичні

#### **Порядок виконання роботи**

Для виготовлення зразка гранули полістиролу у кількості, що дорівнює  $1/5$  об'єму виробу, насипають у попередньо змащену гліцерином металеву форму, що герметично зачиняється. Форму встановлюють в посудину з водою, що кипить ( $90 - 100^\circ\text{C}$ ), і тримають там 20 хв. Після охолодження форму розкривають і досліджують експериментальний зразок. Визначають середню густина, відносну густина та коефіцієнт теплопровідності матеріалу (дод. 12.1). Усі отримані результати заносять до табл. 12.1.

Таблиця 12.1

**Визначення середньої, відносної густини та коефіцієнта теплопровідності газонаповненого полістиролу**

Назва матеріалу	Розміри зразка, м	Об'єм $V$ , м <sup>3</sup>	Маса $m$ , кг	Середня густина $\rho_m$ , кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda$ , Вт/(м·К)	Марка виробу за стандартом (дод. 12.1)
Газонаповнений полістирол (лабораторний зразок)						
Газонаповнений полістирол (промисловий зразок)						

**Висновок** повинен містити доцільні галузі застосування матеріалів та виробів на основі отриманого газонаповненого полістиролу.

**12.2. Виготовлення полімербетону на основі епоксидної смоли та дослідження його властивостей**

**Матеріали:** епоксидна смола, отверджувач (поліетиленполіамін), наповнювач (кварцовий пісок тонкомелений), заповнювач (кварцовий пісок), гліцерин

**Прилади:** форма металева, електроплитка лабораторна, лінійка, ваги аналітичні

**Порядок виконання роботи**

Склад полімербетону визначають розрахунково-експериментальним методом з урахуванням середньої густини бетону та заданого класу за міцністю. Склад полімербетону наведено в табл. 12.2.

Таблиця 12.2

**Рекомендований склад полімербетону**

Компоненти суміші	Склад полімербетону, мас. %	Витрати матеріалу, кг/м <sup>3</sup>
Епоксидна смола	5,4	86,4
Поліетиленполіамін (отверджувач)	0,81	13,0
Мінеральний наповнювач	21,77	348,3
Заповнювач (кварцовий пісок)	71,93	1150,9

На основі ретельно розрахованого складу готують бетонну суміш і формують зразки-куби, розмірами 4,0×4,0×4,0 см. Зразки витримують у

стандартних умовах протягом 1 години, потім зважують і визначають масу та середню густину бетону (див. лабораторну роботу № 1). Далі за формулою В.П.Некрасова розраховують коефіцієнт теплопровідності полімербетону.

Наступним кроком є визначення міцності матеріалу на стиск. Для цього визначають границю міцності бетону при стиску за методикою, наведеною в лабораторній роботі № 1, п. 2.1. Отримані результати заносять до табл. 12.3.

Таблиця 12.3

### Склад та властивості полімербетону

Витрата компонентів бетону (на 1 замішування)				Розміри зразка (a×b×h), см	Маса зразка, г	Серед- ня густина, г/см <sup>3</sup>	Коефі- цієнт теплопро- відності, Вт/(м·К)	Границя міцності при стиску, МПа
епоксид- на смо- ла, г	кварцо- вий пісок,г	отверд- жувач, г	напов- нювач, г					
6,0	74,0	0,85	22,5					

**Висновок:** навести можливі галузі застосування отриманого полімербетону.

### 12.3. Вивчення номенклатури, властивостей, технології виготовлення та особливостей застосування полімерних матеріалів

**Матеріали:** зразки виробів із полімерних матеріалів

#### Порядок виконання роботи

Проводять вивчення натурних зразків полімерних матеріалів (у кількості за вибором викладача) та заносять до табл. 12.4 відповідні дані щодо складу, експлуатаційних характеристик, технології виготовлення та особливостей застосування цих матеріалів.

Таблиця 12.4

#### Характеристика матеріалів і виробів на основі полімерних речовин

Найменування матеріалу, виробу	Основні компоненти	Особливості технології виготовлення	Основні властивості	Особливості застосування
<i>Конструкційні</i>				
Полімербетони				
Тришарові панелі (сендвіч-панелі)				
Склопластики				
Полікарбонатний листовий пластик: -монолітний -стільниковий				

Оздоблювальні для стін

Закінчення табл. 12.4

ПВХ сайдинг				
Фасадні полімерні панелі				
Декоративний паперово-шаруватий пластик (HPL)				
ПВХ (вінілові) шпалери				
Полістирольні плитки				
<i>Для влаштування підлоги</i>				
Лінолеум ПВХ гетерогенний (поверхневого забарвлення)				
Лінолеум ПВХ гомогенний (об'ємного забарвлення)				
Лінолеум багат шаровий гумовий (релін)				
Килимове покриття голкопрошивне				
Наливні покриття підлог				
Ламінатна дошка				
<i>Спеціального призначення</i>				
Плівки: – поліетиленові – поліпропіленові				
Екструдований пінополістирол				
Пінополіуретан				
Труби поліетиленові				
Труби поліпропіленові				
Труби ПВХ				
Труби склопластикові				

**Висновок** повинен містити обґрунтування доцільності використання полімерних матеріалів вказаного викладачем призначення у будівництві та порівняльну оцінку вказаних викладачем матеріалів (2 – 4 приклади) з

*будівельними матеріалами аналогічного призначення на основі різної сировини.*

### **Лабораторна робота № 13**

## **МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ НА ОСНОВІ ДЕРЕВИНИ ТА ПРОДУКТІВ**

### **ІІ ПЕРЕРОБКИ**

**Метою роботи** є вивчення номенклатури, властивостей, особливостей отримання і використання матеріалів та виробів з деревини.

#### **Нормативне забезпечення:**

1. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
2. ДСТУ EN 14342:2023 Дерев'яне покриття для підлоги та паркет. Характеристики, оцінка відповідності та маркування (EN 14342:2013, IDT)
3. ДСТУ ISO 1098:2006 Фанера облицювальна загальної призначеності. Загальні технічні вимоги (ISO 1098-1975, IDT)
4. ДСТУ Б В.2.7-277:2011. Плити цементностружкові. Технічні умови (ГОСТ 26816-86).
5. ДСТУ Б В.2.7-243:2010. Вироби паркетні. Паркет планковий. Технічні умови.
6. ДСТУ ГОСТ 10632:2009. Плиты древесностружечные. Технические условия. ДСТУ ГОСТ 10632:2009. Плити деревинно-стружкові. Технічні умови (ГОСТ 10632-2007, IDT).
7. ДСТУ EN 326-1:2006. Плити деревні. Відбирання зразків, вирізування та контролювання. Частина 1. Відбирання та вирізування виробничих зразків, опрацювання результатів випробувань. (EN 326-1:1994, IDT).
8. ДСТУ EN 622-1:2006. Плити деревоволокнисті. ТУ, частина 1. Загальні вимоги. (EN 622-1:2003, IDT).
9. ДСТУ Б А.2.6-16-2000. (ГОСТ 30109-94). Двері дерев'яні. Методи випробувань на опір злому.
10. ДСТУ 2083-92. Захист деревини. Терміни та визначення.
11. ДСТУ 2152-93. Вади деревини та дефекти обробки. Терміни та визначення.
12. ДСТУ 4479:2005. Речовини вогнезахисні водорозчинні для деревини. Загальні технічні вимоги та методи випробування.
13. ДСТУ 4845:2007. Пиломатеріали. Класифікація.
14. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація.
15. ГОСТ 3916-96. Фанера загального призначення із зовнішніми шарами зі шпону листяних порід. Технічні умови.
16. ГОСТ 9620-94. Деревина шарувата клеєна. Відбір зразків і загальні вимоги при випробуванні.

17. ГОСТ 8673-93. Плити фанерні. Технічні умови.
18. ГОСТ 16363. Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей.

### Короткі відомості

**Деревина** – природний целюлозовмісний органічний матеріал, якість якого залежить від породи дерева, умов його росту і наявності тих чи інших дефектів. Показники якості деревини значно змінюються у процесі зміни вологості. Анізотропна будова деревини зумовлює неоднакові її механічні, теплотехнічні та інші властивості в різних напрямках, які коливаються в широких межах, що необхідно враховувати під час проектування та виготовлення дерев'яних конструкцій.

Якість деревини залежить від породи. *Деревні породи бувають* хвойні та листяні. До *хвойних порід*, які широко використовують у будівництві, належать сосна, модрина, ялина, ялиця та кедр. *Листяні породи*, а саме дуб, ясен, бук, береза, осика, у будівництві використовують значно рідше, ніж хвойні.

Деревина використовується в сучасному будівництві у вигляді клеєних дерев'яних, фанерних і комбінованих конструкцій, виробів з деревних плит і панельних конструкцій заводського виготовлення, а також матеріалів на основі відходів деревообробної промисловості: деревностружкових плит, деревноволокнистих плит, орієнтовностружкові плити ОСП (OSB), плит середньої щільності МДФ, плит високої щільності ХДФ, фіброліту, арболіту та ін.

**Фізичні властивості деревини.** *Істинна густина* деревини становить 1,53...1,55 г/см<sup>3</sup>. *Середня густина* деревини залежить від породи, вологості та пористості і коливається в межах 450...900 кг/м<sup>3</sup>.

*Вологість* значною мірою зумовлює якість деревини. Розрізняють гігроскопічну вологу, зв'язану в стінках клітин, та капілярну, яка заповнює міжклітинний простір. Під час висихання деревина спочатку втрачає вільну (капілярну) вологу, а далі починає виділяти гігроскопічну. Вологість деревини, що дорівнює 12%, умовно вважається *стандартною*. Деревина, маючи волокнисту будову і високу пористість, легко поглинає водяну пару з повітря і є гігроскопічною. Під час тривалого перебування на повітрі в сталих умовах деревина набуває вологості, яку називають *рівноважною*. Стан деревини в момент, коли в її структурі відсутня вільна волога, називають *межею гігроскопічної вологості* (для різних порід вона становить 23...35% відносно маси сухої деревини). *Усихання, розбухання, короблення* деревини відбуваються зі зміною вологості.

*Теплопровідність* деревини залежить від її породи, напрямку волокон та вологості. Так, за вологості 15% теплопровідність вздовж волокон у дуба дорівнює 0,45 Вт/(м·К), у сосни – 0,35 Вт/(м·К), впоперек волокон відповідно 0,22 і 0,17 Вт/(м·К). *Теплоємність* сухої деревини різних порід перебуває в межах 1,26...1,42 Дж/(г·К), у процесі збільшення вологості теплоємність

зростає. *Температурний коефіцієнт лінійного розширення* деревини залежить від виду породи і напрямку волокон: вздовж волокон  $0,2 \cdot 10^{-5} \dots 0,1 \cdot 10^{-4}$ , впоперек –  $0,3 \cdot 10^{-4} \dots 0,6 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ .

*Стійкість деревини до дії агресивних середовищ* досить висока. Слаболужні розчини майже не руйнують деревину; у кислому середовищі руйнування починається за  $\text{pH} < 2$ . У морській воді деревина зберігається гірше, ніж у прісній (річковій або озерній).

**Механічні властивості деревини.** *Міцність* деревини характеризується здатністю чинити опір зовнішнім механічним впливам і залежить від породи, вологості, наявності вад тощо. *Міцність при стиску* деревини визначають уздовж та впоперек волокон на зразках-призмах, перерізом  $20 \times 20$  мм і завдовжки 30 мм. Міцність деревини на стиск вздовж волокон у 4...6 разів більша за її міцність впоперек волокон. *Міцність при розтягу* деревини вздовж волокон у 2...3 рази більша за міцність при стиску та у 20...30 разів вища за міцність при розтягу впоперек волокон. Для окремих порід границя міцності при розтягу досягає 100...200 МПа. *Міцність при статичному згині* деревини перевищує міцність при стиску вздовж волокон, але менша за міцність при розтягу і становить для різних порід 50...100 МПа. *Міцність при сколюванні* впоперек волокон у 3...4 рази вища за міцність при сколюванні вздовж волокон, яка становить у середньому 3...13 МПа.

*Статична твердість* деревини дорівнює навантаженню, потрібному для вдавлювання в поверхню зразка половини металевої кульки на глибину 5,64 мм (площа відбитка дорівнює  $1 \text{ cm}^2$ ). Твердість деревини у поперечному напрямку на 15...50% вища, ніж у радіальному та тангенціальному. За твердістю по торцю деревину поділяють на три групи: м'яка з твердістю 35...50 МПа (сосна, ялина, ялиця, вільха); тверда – 50...100 МПа (дуб, граб, ясен, клен, каштан, береза); дуже тверда – понад 100 МПа (самшит, кизил).

*Вади деревини* – це недоліки окремих її ділянок, які знижують якість і обмежують можливості використання, значно зменшують термін експлуатації. Вади деревини можуть бути пов'язані з відхиленнями від її нормальної будови, пошкодженнями та захворюваннями. Їх поділяють на такі групи: тріщини, сучки, пошкодження комахами, пліснявими грибами, трухлявини, дефекти форми стовбура, вади будови деревини, хімічні забарвлення. Вплив вад на придатність деревини для будівельних потреб залежить від їхнього місця розташування, виду, розмірів ураження, а також від призначення деревини.

Поряд із вадами, які впливають на якість деревини, остання має *недоліки*, пов'язані з легкою займистістю, розповсюдженням полум'я поверхнею та руйнуванням у результаті життєдіяльності мікроорганізмів і комах. Щоб запобігти *загниванню* деревини вживають заходи, мета яких полягає у захисті її від зволоження. Якщо заходи конструктивного характеру не є дієвими, деревину просочують спеціальними розчинами, *антисептиками* – хімічними речовинами, які вбивають грибні спори або створюють середовище, в якому їхня життєдіяльність стає неможливою. Такі засоби можуть бути як для внутрішнього, так і для зовнішнього застосування.

Для запобігання швидкому горінню, займанню, поширенню полум'я поверхнею деревини, передбачають ряд конструктивних заходів: віддаляють дерев'яні конструкції від джерел нагрівання; влаштовують захисні футерівки з вогнестійких матеріалів; покривають деревину фольгою або шаром малотеплопровідного мінерального матеріалу (облицювання гіпсокартонними листами, мінеральною ватою). Для захисту від вогню деревину обробляють різними вогнезахисними матеріалами – *антипіренами*, які наносять на її поверхню у вигляді фарб, лаків та вогнебіозахисних розчинів. Ці матеріали повинні бути сертифіковані, проходити санітарно-епідеміологічні експертизи та кліматичні випробування, а також забезпечувати відповідні до нормативно-правової документації показники вогнезахисту. Мають бути нетоксичними для людей та тварин, мати малу димоутворювальну здатність. Для покращення експлуатаційних властивостей і зовнішнього вигляду здійснюють полімерну або термічну обробку деревини.

За горючістю речовини і матеріали поділяють на три групи (ДСТУ 8829:2019):

– негорючі – речовини і матеріали, не здатні до горіння в повітрі.

Негорючі речовини можуть бути пожежовибухонебезпечними (наприклад, кисники або речовини, що виділяють горючі продукти під час взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним);

– важкогорючі – речовини і матеріали, здатні горіти в повітрі під час дії джерела запалювання, але не здатні самостійно горіти після його видалення;

– горючі – речовини і матеріали, здатні самозайматись, а також займатися під час дії джерела запалювання і самостійно горіти після його видалення.

Горючі будівельні матеріали поділяють на чотири групи горючості Г1, Г2, Г3, Г4 відповідно до табл. 13.1. Матеріали належить відносити до певної групи горючості за умови відповідності всіх значень параметрів, що встановлені табл. 13.1 для цієї групи:

Таблиця 13.1

**Групи горючості будівельних матеріалів**

Група горючості матеріалів	Параметри горючості			
	Температура газоподібних продуктів горіння $T$ , °C	Ступінь пошкодження за масою $S_m$ , %	Ступінь пошкодження за довжиною $S_l$ , %	Тривалість самостійного горіння $t$ , с
Низької горючості (група Г1)	< 135	< 65	< 20	0
Помірної горючості (група Г2)	< 235	< 85	< 50	< 30
Середньої горючості (група Г3)	< 450	> 85	< 50	< 300

Підвищеної горючості (група Г4)	> 450	> 85	> 50	> 300
---------------------------------	-------	------	------	-------

Будівельні матеріали з деревини оцінюються не тільки за показниками горючості (Г) але й за показниками займистості (В), димоутворюючої здатності (Д), токсичності (Т) та здатності до поширення полум'я ( РП).

Згідно з ДБН В.1.1-7:2016, у будинках усіх ступенів вогнестійкості, крім будинків V ступеня вогнестійкості, на шляхах евакуації не допускається застосовувати будівельні матеріали, з вищою пожежною небезпекою ніж:

а) Г1, В1, Д2, Т2 – для облицювання стін, стель і заповнення в підвісних стелях вестибюлів, сходових кліток, ліфтових холів;

б) Г2, В2, Д2, Т2 – для облицювання стін, стель і заповнення в підвісних стелях коридорів, холів і фойє;

в) Г2, РП1, Д2, Т2 – для покриттів підлог вестибюлів, сходів, сходових кліток, ліфтових холів; г) В2, РП2, Д2, Т2 – для покриттів підлог коридорів, холів, фойє. Допускається в коридорах, холах (окрім ліфтових холів), фойє влаштовувати підлоги з деревини.

Як правило, усі матеріали на основі деревини, якщо вони не оброблені вогнезахисними складами, мають групу горючості Г4, групу токсичності продуктів горіння Т4, димоутворювальну здатність Д4.

За умови вогнезахисної обробки дерев'яних виробів та конструкцій можна досягти показників груп горючості Г1 або Г2, Т1, В1, Д2, РП1.

Спеціальні вогнезахисні покриття (фарби, лаки, засоби) переводять оброблену деревину в категорію важкогорючих матеріалів. Елементи з деревини, захищені такими покриттями, можуть бути застосовані на шляхах евакуацій, в інтер'єрах та елементах декору, в спорядженні транспортних засобів, в горіщних та мансардних приміщеннях.

### 13.1. Визначення властивостей виробів на основі деревини та продуктів її переробки

**Матеріали:** зразки деревини та матеріалів на основі продуктів переробки деревини

**Прилади:** металева лінійка або штангенциркуль, технічні ваги

#### Порядок виконання роботи

Робота передбачає вивчення зразків матеріалів на основі деревини та продуктів її переробки, а саме: визначення середньої густини, коефіцієнта теплопровідності (див. дод. 13.1) та ознайомлення з технологією їх виготовлення та галузями застосування. Отримані дані потрібно занести до табл. 13.2.

Таблиця 13.2

**Визначення властивостей виробів на основі деревини та продуктів її переробки**

Найменування виробу	Маса, г	Розміри, см	Об'єм, см <sup>3</sup>	Густина, г/см <sup>3</sup>	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м <sup>2</sup> ·К	Технологія виготовлення	Галузі застосування
ОСП-плита (орієнтовано-стружкова плита)							
Фанера: облицювальна вологостійка ламінована							
МДФ-плита (деревноволокниста плита середньої щільності)							
ДСП (деревно-стружкова плита): щільна ламінована							
ДВП (деревноволокниста плита)							
ХДФ (деревноволокниста плита високої щільності)							

*Примітка.* Основні характеристики матеріалів наведено в дод. 13.

**Висновок:** порівняти отримані дані з вимогами стандарту.

**13.2. Загальна характеристика матеріалів і виробів на основі деревини та продуктів її переробки**

Робота передбачає вивчення номенклатури та властивостей матеріалів і виробів з деревини, а також визначення основних технологічних операцій їх отримання та доцільних галузей використання. Інформацію, отриману під час опрацювання підручника, конспекту лекцій, нормативної літератури, заносять до табл. 13.3. Номенклатуру та кількість зразків встановлює викладач.

У процесі визначення особливостей застосування таких матеріалів врахувати групу горючості за табл. 13.1 та визначити доцільність застосування їх на шляхах евакуацій, в інтер'єрному спорядженні та елементах декору. Також потрібно зазначити, чи дозволяється використовувати елементи та конструкції з деревини на вищезазначених частинах будівель та споруд (згідно з ДБН В.1.1-7:2016) і яким чином можна перевести деревину в категорію важкогорючих матеріалів.

Таблиця 13.3

**Загальна характеристика матеріалів і виробів на основі деревини та продуктів її переробки**

Найменування матеріалу (виробу)	Основні складові матеріалів	Особливості технології виготовлення	Основні властивості	Особливості застосування
<i>Вироби на основі кондиційної деревини</i>				
Паркет планковий				
Дошка паркетна				
Паркет мозаїчний				
Пробкове покриття для підлоги				
Фанера: – водостійка – ламінована				
Термомодифікована деревина (декінг)				
Полімермодифікована деревина				
<i>Вироби на основі продуктів переробки деревини</i>				
Ламінатна дошка				
Деревношаруватий пластик (ДШП)				
Цементностружкова плита				
Деревностружкова плита (ДСП)				
Орієнтовано-стружкова плита (ОСП)				
Деревноволокниста плита (ДВП): – плита середньої щільності (МДФ), – плита високої щільності (ХДФ)				
Арболіт				
Ксилоліт				
Фіброліт				

*Висновок повинен містити обґрунтування технічної доцільності використання матеріалів та виробів на основі кондиційної деревини та продуктів переробки деревини у будівництві з урахуванням їх горючості.*

## Лабораторна робота № 14

### ПОКРІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

**Метою роботи** є ознайомлення з номенклатурою, властивостями, особливостями виробництва та застосування покрівельних матеріалів і виробів.

#### **Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ Б В.2.7-101-2000. Будівельні матеріали. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови.
2. ДСТУ Б В.2.7-108-2001. Будівельні матеріали. Мастики покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови.
3. ДСТУ Б А. 1.1-16-94. Черепиця. ССНБ. Черепиця керамічна і бетонна. Технічні умови.
4. ДСТУ Б В. 2.7-6-94. Черепиця. Будівельні матеріали. Черепиця бетонна. Технічні умови.
5. ДСТУ Б В. 2.7-28-95. Черепиця. Будівельні матеріали. Черепиця керамічна. Технічні умови.
6. ДСТУ Б В. 2.7-139:2007. Черепиця. Будівельні матеріали. Черепиця полімерпіщана. Технічні умови.
7. ДСТУ Б В.2.7-53:2014. Вироби волокнистоцементні хвилясті. Технічні умови.
8. ДСТУ Б В. 2.7-52-96. Будівельні матеріали. Листи азбестоцементні плоскі. Технічні умови.
9. ДСТУ Б EN 508-1:2015. Вироби покрівельні та облицювальні металеві листові. Технічні вимоги до самонесучих сталевих, алюмінієвих листів або листів із нержавіючої сталі. Частина 1. Сталь (EN 508-1:2014, IDT).
10. ДСТУ EN 14963:2019. Покриття покрівлі. Суцільні покрівельні покриття із пластмаси з бортиком або без нього. Класифікація, вимоги та методи випробування (EN 14963:2006, IDT).
11. ДСТУ EN 508-1:2022. Покрівельні та облицювальні вироби з листового металу. Технічні умови для самонесівних виробів із сталевого, алюмінієвого або нержавкого сталевого листа. Частина 1. Сталь (EN 508-1:2021, IDT).
12. ДСТУ EN 508-2:2022. Вироби покрівельні та облицювальні металеві листові. Вимоги до самонесних виробів зі сталевих, алюмінієвих листів або листів із нержавкої сталі. Частина 2. Алюміній (EN 508-2:2019, IDT).

## Короткі відомості

**Покрівельні матеріали** в будівництві використовують для влаштування покрівлі – верхньої несучої і огорожувальної конструкції будівлі, яка захищає її від дії навколишнього середовища (проникнення атмосферних осадів та механічних впливів).

До покрівельних матеріалів висуваються *вимоги* щодо їхньої водонепроникності, міцності, теплостійкості, деформативності, довговічності (хімічної стійкості, біостійкості, водостійкості, морозостійкості).

Тип покрівельного матеріалу залежить від багатьох *факторів*: типу будівлі, конструктивних особливостей несучих елементів даху, кліматичних особливостей і традицій регіону і, звичайно, від фінансових можливостей забудовника.

Покрівлі влаштовують з *рулонних матеріалів, мастик, листових або штучних матеріалів* (азбестоцементні листи, профільований металевий настил, черепиця та ін.).

За *видом вихідної сировини* покрівельні матеріали поділяють на:

- бітумні (рулонні, листи, мастики, емульсії);
- цементні (черепиця, листи);
- полімерні (мембрани, листи, черепиця);
- керамічні (черепиця);
- металеві (черепиця, листи).

Покрівельні матеріали за жорсткістю можна поділити на дві групи:

- *жорсткі*: металеві (покрівельна сталь): чорна і оцинкована сталь; чавунний покрівельний лист; профнастил; металочерепиця; природний камінь (кам'яні плити); плити і листи з композитного матеріалу (черепиця, єврошифер); дерев'яні: гонт; драниця; тес;
- *гнучкі*: руберойд; гумо-бітумні; пергамін; бітумна черепиця.

### 14.1. Вивчення номенклатури, властивостей, технології виготовлення та особливостей застосування покрівельних матеріалів

**Матеріали:** зразки покрівельних матеріалів та виробів

#### Порядок виконання роботи

Після огляду натурних зразків покрівельних будівельних матеріалів, які використовуються для плоских та скатних покрівель, необхідно, користуючись підручником, конспектом лекцій, нормативною літературою, вибрати інформацію про склад, експлуатаційні характеристики, технології виготовлення та особливості застосування цих матеріалів і занести її до табл. 14.1.

Таблиця 14.1

## Загальна характеристика покрівельних матеріалів

Класифікаційні групи	Найменування матеріалу (виробу)	Основні компоненти	Особливості технології виготовлення	Основні властивості	Особливості застосування
Рулонні вироби	Руберойд				
	Склоруберойд				
	Гідросклоруберойд				
	Фольгоізол				
	Полімерні матеріали (плівки)				
	Ізол				
Рідкі суміші	Мастики гарячі				
	Мастики холодні				
	Емульсії				
Поштучні вироби	Керамічна черепиця				
	Цементно-піщана черепиця				
	Металочерепиця				
	Профнастил				
	Полікарбонатний лист				
	Фіброцементна черепиця				
	Бітумно-полімерний лист (єврошифер)				
	Бітумна черепиця				
	Полімер-піщана черепиця				

Користуючись довідковими даними та матеріалами підручників, для оцінки взаємозамінності матеріалів та вибору найбільш ефективних технічних рішень під час влаштування скатних покрівель проводять порівняння різних

видів покрівельних матеріалів (за вибором викладача). Отримані дані заносять до табл. 14.2.

Довідникові дані для заповнення табл. 14.2 наведені в дод. 14.1.

Таблиця 14.2

**Порівняльна характеристика покрівельних матеріалів для скатних покрівель**

Найменування виробу	Основні компоненти	Характеристики покрівельного виробу:		
		руйнівне навантаження при згині, МПа	маса 1 м <sup>2</sup> виробу, кг	термін експлуатації, роки
Керамічна черепиця				
Цементно-піщана черепиця				
Металочерепиця				
Профнастил				
Полікарбонатний лист стільниковий				
Фіброцементна черепиця				
Бітумно-полімерний лист (єврошифер)				
Бітумна черепиця				
Полімер-піщана черепиця				

**Висновок** повинен містити порівняльну характеристику різних видів покрівельних матеріалів з точки зору їх довговічності та ефективних галузей застосування.

## Лабораторна робота № 15

### ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

**Метою роботи** є ознайомлення з номенклатурою, властивостями, особливостями виробництва та застосування гідроізоляційних матеріалів і виробів.

#### **Нормативне забезпечення:**

1. ДСТУ Б А.1.1-15-94 ССНБ. Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Терміни та визначення.
2. ДСТУ Б А.1.1-29-94 ССНБ. Мастики покрівельні гідро- і пароізоляційні приклеювальні. Терміни і визначення.
3. ДСТУ Б В.2.7-77-98. Мастики герметизуючі бутилкаучукові. Технічні умови.
4. ДСТУ Б В.2.7-79-98. Мастики гідроізоляційні бутилкаучукові та бітумно-бутилкаучукові. Технічні умови.
5. ДСТУ Б В.2.7-101-2000 (ГОСТ 30547-97). Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови.
6. ДСТУ Б В.2.7-103-2000 (ГОСТ 30307-95). Мастики будівельні полімерні клеючі латексні. Технічні умови.
7. ДСТУ Б В.2.7-106-2000. Герметизуючі нетвердіючі полімерні матеріали БУТЕПРОЛ-2М, ТЕГЕРОН. Технічні умови.
8. ДСТУ Б В.2.7-108-2001 (ГОСТ 30693-2000). Мастики покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови.
9. ДСТУ Б В.2.7-158:2008. Матеріали герметизуючі полімерні. Класифікація. Загальні технічні умови (ISO 11600:2002 MOD).
10. ДСТУ Б В.2.7-194:2009. Матеріали герметизуючі полімерні будівельні. Номенклатура показників.
11. ДСТУ Б В.2.7-234:2010. Матеріали рулонні бітумні та бітумно-полімерні на скловолокнистій основі покрівельні і гідроізоляційні. Технічні умови.
12. ДСТУ Б В.2.7-236:2010. Мастики на основі бітуму покрівельні та ізоляційні гарячі. Технічні умови.
13. ДСТУ Б В.2.7-262:2011. Гідроізол. Технічні умови (ГОСТ 7415-86, MOD).
14. ДСТУ Б В.2.7-265:2011. Руберойд. Технічні умови (ГОСТ 10923-82, MOD).
15. ДСТУ Б В.2.7-272:2011. Фольгоізол. Технічні умови (ГОСТ 20429-84, MOD).

16. ДСТУ Б В.2.7-279:2011. Ізол. Технічні умови (ГОСТ 10296-79, MOD).

### **Короткі відомості**

Гідроізоляційні матеріали призначені для захисту конструкцій від руйнуючого впливу води. Гідроізоляційні матеріали відрізняються від інших будівельних матеріалів підвищеною водонепроникністю й водостійкістю при тривалій дії води, у тому числі мінералізованих і хімічно агресивних водяних розчинів.

Залежно від області застосування гідроізоляційні матеріали поділяють на матеріали:

- для поверхневої і об'ємної гідроізоляції;
- ущільнення швів і з'єднань;
- комплексного призначення.

Залежно від способу проведення робіт вони бувають обклеювальні, фарбувальні, штукатурні, просочувальні, литі, засипні, ін'єкційні і монтажні. Просочувальну й ін'єкційну гідроізоляції можна віднести до об'ємної, тому що вони є частиною об'єму матеріалу, який захищають.

*Фарбувальні* гідроізоляційні матеріали – це органічні в'язучі (бітумні або полімерні) гарячі і холодні, на розчинниках (розріджувачах) і емульсійні, а також бітумні й полімерні суміші у вигляді холодних і гарячих мастик на органічних в'язучих і на розріджувачах, пастах і емульсіях з наповнювачами.

*Штукатурні* гідроізоляційні матеріали являють собою асфальтові (гарячі і холодні), цементні й полімерцементні штукатурні суміші. Ці матеріали знаходять поширення завдяки простоті їх застосування, дешевизні, високому рівню механізації процесів нанесення, своїй надійності й довговічності.

*Обклеювальні* гідроізоляційні матеріали – це рулонні, плівкові або листові матеріали заводського виготовлення (руберойд, склоруберойд, бітумно-полімерні мембрани).

Як *просочувальні* гідроізоляційні матеріали використовують органічні в'язучі (бітуми, кам'яновугільні дьогті і пеки, петролатум), термопластичні полімери (низькомолекулярний поліетилен), мономери термореактивних смол (стирол, метилметакрилат), гідроізол тощо.

*Ін'єкційні* гідроізоляційні матеріали – цементні суспензії і розчини, полімерцементні розчини, рідинне скло, бітум і полімербітум, бітумні емульсії, карбамідні й фенолформальдегідні смоли тощо.

Як *монтажні* гідроізоляційні матеріали застосовують листову сталь, товщиною 3 – 14 мм, пластмасові листи, склопластики і полімербетони у вигляді плит і блоків.

*Засипні* гідроізоляційні матеріали – це глина, гідратон (суміш ґрунту з бентонітом і рідким склом), гідрофобні порошки і піски.

До *литих* гідроізоляційних матеріалів належать асфальтовий бетон і бітумні мастики, які заливають між поверхнею, що ізолюють, і опалубкою.

Гідроізоляція *проникаючої дії* – це суміш портландцементу, спеціально обробленого заповнювача й хімічно активних речовин, наприклад, суміші неорганічних солей. Принцип дії заснований на проникненні в бетон хімічно активних елементів по капілярних порах основи, на яку наноситься гідроізолюючий шар, за рахунок осмотичних сил з наступною хімічною взаємодією з вільним вапном і конденсацією на поверхні пор. Такі ізолюючі композиції наносяться в основному на поверхню з розвинутою капілярною пористістю, а також для відновлення поверхні старого бетону під час проведення ремонтних робіт і реконструкції.

В окрему групу можна виділити матеріали, які застосовують для спеціальних видів ізоляцій в особливих умовах, а саме: герметики, гідроантикорозійні, гідротеплоізоляційні тощо.

За видом в'язучої речовини гідроізоляційні матеріали поділяють на такі:

- бітумні, що складаються з нафтових бітумів або сплавів нафтових і природних бітумів;
- дьогтьові, з кам'яновугільних і сланцевих смол або сплавів пеків з кам'яновугільними дьогтями або дьогтьовими маслами;
- дьогтьобітумні, із сумішей кам'яновугільних дьогтьопродуктів або сланцевих дьогтів з нафтобітумами;
- гідрокамові, із продуктів спільного окислювання кам'яновугільних масел і нафтового гудрону або з кам'яновугільних масел (антраценового, креозотового) і нафтобітуму;
- бітумно-полімерні, з нафтобітумів і полімерів (включаючи каучуки);
- гумо-бітумні, одержувані в результаті спільної переробки нафтобітумів і старої гуми;
- гумо-дьогтьові, одержувані шляхом спільної переробки старої гуми й дьогтьопродуктів;
- полімерні (включаючи каучуки й кремнеполімери);
- мінеральні, на основі різних цементів, силікатів і глин.

Крім того, гідроізоляційні матеріали щодо конструктивних рішень виконання гідроізоляційних робіт можна поділити на такі типи: *за місцем розташування в площині* – вертикальні, горизонтальні, похилі; *за місцем положення в просторі* – атмосферні, підземні, підводні; *за місцем розташування в будівельній конструкції* – зовнішні, внутрішні; *за конструктивним виконанням* – одно- і багат шарові, армовані і неармовані, з захисним шаром або без нього.

До гідроізоляційних матеріалів висувають вимоги щодо водонепроникності за тиску води 0,5 МПа протягом 24 год, міцності на розрив під час розтягування (для рулонних), адгезії до матеріалу поверхні, яку ізолюють, відносної деформації розтягу, водопоглинання (протягом 24 год не більше 1% за масою), відсутності температурної крихкості, робочого діапазону температур, паропроникності, стійкості до дії хлоридів тощо.

*Рулонні, листові (плиткові) гідроізоляційні матеріали* – це сучасні матеріали на основі склополотна, склотканини або поліестеру, просочені

модифікованим нафтовим бітумом, що наплавляються на поверхню основи, яку захищають. Для гідроізоляції довговічних споруд не застосовують рулонні матеріали на картонній основі (руберойд, толь, пергамін), тому що вони неводостійкі та нестійкі до гниття.

Гідроізоляційні рулонні матеріали класифікують з урахуванням:

- структури полотна (з основою і без основи);
- виду основи: волокно (скляне, полімерне), поліефірна тканина, поліестер, фольга;
- виду захисного шару: з посипкою (крупно-, дрібнозерниста, пило-, лускоподібна), із фольги або плівки;
- виду в'язучої речовини: бітумні в'язучі, бітумно-полімерні, полімерні та змішані;
- способу влаштування: обклеювальні, термонаплавні, з'єднані механічно, зварювальні.

*Бітумно-полімерні мембрани* складаються з бітуму, модифікованого полімерами і армованого скловолокном, склотканиною або поліестером. Головною перевагою бітумно-полімерних мембран порівняно з іншими видами гідроізоляції є їхня висока еластичність, що не дозволяє розірвати гідроізоляційне покриття навіть за значних деформацій і тріщин.

*Полімерні мембрани* є довговічними, пластичними, технологічними під час укладання та мають високу адгезію до багатьох поверхонь. Такі матеріали знаходять широке застосування для гідроізоляції підземних паркінгів, басейнів, каналів, мостів і віадуків, плоских і скатних покрівель, фундаментів і до них відносять геомембрани із поліетилену низького (LDPE) та високого (HDPE) тиску, ущільнюючі стрічки, поліетиленові гідроізоляційні плівки для захисту горища.

*Мастики* – це в'язко-пластичні маси, здатні до приклеювання, які одержують змішуванням органічних в'язучих речовин з тонкодисперсними наповнювачами та спеціальними добавками. Для гідроізоляційних робіт традиційно використовують гарячі і холодні мастики на основі нафтових бітумів та бітумно-полімерних в'язучих речовин. Мастики не тільки з'єднують різні матеріали між собою, але й покривають поверхні деталей і конструкцій досить товстим шаром для запобігання розвитку корозії, заповнюють щілини, раковини, отвори та інші заглиблення для створення однорідної гладкої поверхні, а також забезпечують герметичність швів. Їх застосовують самостійно як обмазувальну гідроізоляцію, для приклеювання гідроізоляційних рулонних та штучних матеріалів.

*Емульсії* – це дисперсні системи, які складаються з двох рідин, що не змішуються між собою, причому одна рідина є диспергованою в іншій. У якості емульгаторів використовують мила нафтових та сульфонафтових органічних кислот, лігносульфонат технічний (ЛСТ), асидол, олеїнову кислоту. До твердих емульгаторів належать порошки глини, вапна, цементу, кам'яного вугілля, сажі. Емульсію готують у спеціальних апаратах (диспергаторах, гомогенізаторах); застосовують її для влаштування захисного

гідроізоляційного покриття, ґрунтування основи перед нанесенням гідроізоляційного шару, приклеювання рулонних матеріалів та для гідрофобізації поверхні.

*Гідрофобізатори* – це гідроізоляційні матеріали, що наносяться на поверхню для надання їй водовідштовхувальних властивостей. До них відносять розчини кремнійорганічних (силіконових) сполук, розбавлених водою або органічними розчинниками. Гідрофобізатори є досить ефективними, однак із часом поверхня, оброблена цими матеріалами, втрачає водовідштовхувальні властивості (на водній основі – через 1...3 роки, на основі розчинників – через 5...10 років залежно від умов експлуатації об'єкта). Гідрофобізатори не можуть запобігати новим тріщинам і відносно тонкий водовідштовхувальний шар поступово вимивається (глибина проникнення гідрофобізаторів у бетон – не більше 5 мм).

*Сухі гідроізоляційні суміші* отримують на основі цементних в'язучих речовин з додаванням полімерних добавок (пластифікаторів, регуляторів твердіння тощо). Ці матеріали постачають на будівельний майданчик у вигляді раціонально підібраних сухих сумішей, замішують водою на місці проведення робіт і наносять на підготовлену поверхню.

Цементно-піщані суміші, полімерцементи, склоцементи, асфальтобетон, активований торкретбетон – це неповний перелік матеріалів для штукатурної гідроізоляції, які мають загальний недолік: у процесі порушення адгезії або механічного ушкодження на одній ділянці вся гідроізоляція втрачає свої функціональні властивості.

Для вирішення питання гідроізоляції бетонних і цегельних споруд, що зазнають навантажень і деформацій, ефективно застосовувати еластичні двокомпонентні суміші, які одночасно з гідроізоляцією бетонних і оштукатурених цегляних поверхонь дозволяють захистити їх від руйнівного впливу солей сульфатів, сульфідів, хлоридів і вуглекислого газу, а також запобігають виникненню деформаційних тріщин. Для усунення аварійних протікань використовують так звані «пломбувальні» суміші, здатні тужавіти за 12 хв і набирати проєктну міцність через 24 год.

Існує також *ін'єкційна гідроізоляція*, найважливіша відмінність якої в тому, що роботи здійснюються закачуванням суміші під високим тиском в зону контакту «ґрунт-конструкція», «конструкція-конструкція» через спеціальні пристосування (пакери) на необхідну глибину. Матеріали, що використовуються для ін'єкційної гідроізоляції, поділяють за складом на поліуретанові, епоксидні, акрилатні гелі, мікроцементи.

Поліуретанові матеріали і акрилатні гелі досить пластичні, не руйнуються за змінних навантажень, вони гідрореактивні, полімеризуються під впливом води. У деяких випадках ін'єкційна гідроізоляція ефективна для ремонту тріщин, додаткового зміцнення фундаментів.

*Монтована гідроізоляція* виконується зі спеціально виготовлених елементів (металеві і пластмасові листи, профільні стрічки), які прикріплюються до основної споруди монтажними зв'язками. Використовують

листи зі склопластиків, твердого полівінілхлориду, індустриально виготовлених збірних залізобетонних виробів, покритих у заводських умовах фарбувальною або штукатурною гідроізоляцією, або просочені полімерними речовинами. Прикладом такої ізоляції є бентонітові мати та шнури. Під час намокання модифікований бентоніт, що знаходиться в об'ємі мата, набухає і отриманий гель щільно закриває відкриті пори бетону.

*Засипну гідроізоляцію* влаштовують насипанням дрібнозернистих матеріалів (гідрофобних пісків, порошків, асфальтоізолу) у водонепроникні шари і порожнини, огорожені опалубкою.

З названих матеріалів найбільш широке застосування знайшли бітумні і бітумно-полімерні, тому що вони гідрофобні, водостійкі, мають щільну структуру, їхня пористість практично дорівнює нулю, тому вони водонепроникні, морозостійкі, кислото- та лугостійкі.

### Порядок виконання роботи

**Матеріали:** зразки гідроізоляційних матеріалів та виробів

Під час вивчення натурних зразків будівельних матеріалів, які використовуються для гідроізоляції різних видів конструкцій, за завданням викладача потрібно ознайомитися з відповідною інформацією у довідниковій літературі та отримати дані про склад, експлуатаційні характеристики, технології виготовлення і особливості застосування цих матеріалів та занести їх до табл. 15.1.

Таблиця 15.1

#### Склад, структура, характеристики та особливості виготовлення гідроізоляційних матеріалів

Класифікаційні групи	Найменування матеріалу, виробу	Основні компоненти	Технологія виготовлення	Властивості	Особливості застосування
Рулонні матеріали	Склоруберойд				
	Бітумно-полімерні мембрани				
	Мембрани: з поліетилену низького тиску HDPE				
	Мембрани: з поліетилену високого тиску LDPE				
	Мембрани полімерні				

	EPDM				
	ПВХ-мембрани				
	ТПО-мембрани				
	Профільована мембрана з HDPE				

*Закінчення табл. 15.1*

Рідкі суміші	Мастики бітумні				
	Емульсії бітумні				
	Полімерні пасти				
	Гідрофобізуючі рідини				
	Поліуретанові суміші				
Сухі суміші	Штукатурні полімерцементні				
	Еластичні двокомпонентні				
	Проникної дії				
	Висушувальні штукатурні				
	Сануючі штукатурні				

**Висновок** повинен містити обґрунтування технічної доцільності використання гідроізоляційних матеріалів у будівництві та інших галузях промисловості, порівняльну оцінку ефективності використання різних типів покрівельних матеріалів (рулонних, листових, штучних) та різних видів гідроізоляційних матеріалів (бітумних, полімерних, полімерно-цементних).

## Лабораторна робота № 16

### ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

**Метою роботи** є ознайомлення з різновидами теплоізоляційних матеріалів, вивчення їх характеристик та особливостей застосування, умов використання.

#### **Нормативне забезпечення:**

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.
2. ДСТУ Б В.2.7-38-95. Матеріали і вироби теплоізоляційні. Методи випробувань.
3. ДСТУ Б В.2.7-195:2009. Матеріали і вироби теплоізоляційні. Номенклатура показників.
4. ДСТУ Б В.2.7-164:2008. Будівельні матеріали. Вироби з ніздрюватих бетонів теплоізоляційні. Технічні умови.
5. ДСТУ Б А.1.1-12-94. Вироби будівельного призначення з мінерального волокна. Терміни та визначення.
6. ДСТУ Б В.2.6-101:2010. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.
7. ДСТУ Б В.2.7-168:2008 (EN 13166:2001, NEQ). Вироби теплоізоляційні з пінофенопласту. Технічні умови.
8. ДСТУ Б ГОСТ 16381:2011 (ГОСТ 16381-77, IDT). Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Класифікація і загальні технічні вимоги.
9. ДСТУ Б В.2.7-275:2011 (ГОСТ 24748-81, MOP). Вироби вапняно-кремнеземисті теплоізоляційні. Технічні умови.
10. ДСТУ Б В.2.7-169:2008 (EN 13162:2001, NEQ). Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати ламельні. Технічні умови.
11. ДСТУ Б В.2.7-316:2016. Плити та картон мінераловатні теплоізоляційні. Технічні умови.
12. ДСТУ Б В.2.7-317:2016. Мати та шнури мінераловатні теплоізоляційні. Технічні умови.
13. ДСТУ Б В.2.7-318-2016. Вата мінеральна. Технічні умови.
14. ДСТУ Б В.2.7-15-95. Будівельні матеріали. Вироби перлітобентонітові теплоізоляційні. Технічні умови.
15. ДСТУ Б EN 13163:2012 (EN 13163:2012). Матеріали будівельні. Теплоізоляційні вироби зі спіненого полістиролу (EPS). Технічні умови.

16. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.

### Короткі відомості

**Теплоізоляційні матеріали** – спеціальні будівельні матеріали, що застосовуються для забезпечення теплової ізоляції огорожувальних будівельних конструкцій, несучих елементів будівель та споруд, а також промислового обладнання та трубопроводів.

До **теплоізоляційних** відносять неорганічні й органічні матеріали і вироби. Однією з основних характеристик цих матеріалів є їх доволі висока пористість, що, відповідно, визначає їх малу середню густину та низьку теплопровідність.

Головним функціональним призначенням теплоізоляційних матеріалів є зменшення витрат тепла під час експлуатації житлових, громадських, адміністративних, виробничих, промислових і сільськогосподарських будівель. Одночасно обґрунтоване застосування певних видів теплоізоляційних матеріалів створює комфортний мікроклімат у приміщеннях та дозволяє знизити масу будівельних конструкцій, знизити транспортні затрати, втрати тепла, витрати паливних матеріалів на опалювання будівель й технологічних процесів.

Теплоізоляційні матеріали повинні відповідати наступним вимогам:

- за температури 25<sup>0</sup>С коефіцієнт теплопровідності повинен бути не більш ніж 0,175 Вт/м·К;
- середня густина має бути не більш ніж 500 кг/м<sup>3</sup>;
- фізико-механічні і теплотехнічні властивості мають бути стабільними;
- матеріали не повинні виділяти токсичних шкідливих речовин і пилу понад гранично допустимі концентрації (ГДК).

Теплоізоляційні матеріали *класифікують* за видом основного матеріалу, зовнішнім виглядом, формою, структурою, характером будови, видом вихідної сировини, середньою густиною, жорсткістю (відносною деформацією при стиску), теплопровідністю, спалимістю.

*За видом основного матеріалу* теплоізоляційні матеріали поділяють на неорганічні, органічні, органо-мінеральні.

*За формою і зовнішнім виглядом* їх поділяють на:

- роздрібні (плити, блоки, цегла, циліндри, напівциліндри, сегменти);
- рулонні і шнурові (мати, шнури, джгути, рулони);
- пухкі і сипкі матеріали (вата мінеральна і скловата, спучений перліт і вермикуліт);
- безформні (штукатурки, засипки).

*За структурою* матеріали бувають: волокнисті, ніздрюваті і зернисті.

*За характером будови:* жорсткі, рихлі, гнучкі.

*За середньою густиною ізоляційні матеріали* поділяються на групи і марки: особливо низької густини (ОНЩ): D15...D75 (кг/м<sup>3</sup>); низької густини (НЩ): D100...D17 (кг/м<sup>3</sup>); середньої густини (СЩ): D200...D350 (кг/м<sup>3</sup>); щільні (Щ): D400...D600 (кг/м<sup>3</sup>).

Залежно від деформації під дією навантаження теплоізоляційні матеріали поділяють *за жорсткістю* на м'які, напівжорсткі, жорсткі, підвищеної жорсткості, тверді.

*За теплопровідністю* матеріали і виробу класифікують на класи:

- А (низька теплопровідність) –  $\lambda < 0,06$  Вт/(м·К);
- Б (середня теплопровідність) –  $\lambda = 0,06...0,115$  Вт/(м·К);
- В (підвищена теплопровідність) –  $\lambda = 0,115...0,175$  Вт/(м·К).

*За спалимістю* теплоізоляційні матеріали поділяються на:

- неспалимі – під високотемпературним впливом не горять, не тліють та не обвуглюються;
- негорючі (НГ) – під час вогневого впливу не втрачають своєї маси та не змінюють структури;
- важкозаймисті або важкоспалимі – під впливом вогневого потоку або високих температур важко піддаються займанню, поступово тліють або обвуглюються, продовжують горіти або тліти за наявності джерела вогневого або теплового навантаження (припиняють горіти та тліти у разі видалення джерела навантаження);
- спалимі – продовжують горіти після видалення теплового джерела під впливом вогню або високих температур.

*За галуззю застосування* поділяють на:

- ізоляційно-будівельні – використовуються для утеплення несучих та огорожувальних конструкцій будівель та захисних споруд;
- ізоляційно-монтажні – використовуються для забезпечення теплової ізоляції промислового обладнання, устаткування і трубопроводів.

Основні види теплоізоляційних матеріалів:

1) мінеральна вата, виготовляється з розплавів силікатних матеріалів, має гарні теплоізоляційні властивості та звукоізоляційні. Варіанти виготовлення виробів у вигляді рулонів або ж плит;

2) спінений пінополістирол – легкий, вологонепроникний матеріал. Застосовується для утеплення фасадів, стін, покрівель нежитлових приміщень. Порівняно з іншими матеріалами гірше проводить тепло;

3) екструдований пінополістирол – матеріал отримується шляхом екструзії полістирольних мас. Призначений для виробництва легких, ізольованих, стійких до вологи конструкцій, а також для утеплення фасадів.

Відзначається високою термічною стійкістю, зносостійкістю, стисливістю, високою ізоляційною здатністю. Застосування цього матеріалу, лише враховуючи його горючість та канцерогенність, дозволяється тільки в нежитлових приміщеннях;

4) теплоізоляційні панелі, виготовлені з пробкового матеріалу – легкий та швидкий монтаж; забезпечують додаткове тепло в приміщеннях; універсальні (підходять для поверхонь та умов застосувань); не горять – забезпечують відмінний опір вогню та не виділяють під час вогневого впливу токсичних шкідливих речовин; екологічні – не містять фенолів, хлору, ціанідів та інших небезпечних речовин;

5) аерогелі мають низьку теплопровідність. Виявляють низку унікальних властивостей: твердість, прозорість, жаростійкість тощо. Поширені аерогелі на основі аморфного діоксиду кремнію, глинозему, а також оксидів хрому та олова;

6) матеріали, виготовлені з фольги, використовуються для відбиття тепла, часто застосовуються в комбінованих системах із іншими утеплювачами. Характеризуються екологічністю, довговічністю, високими показниками паропроникності, стійкістю до впливу ультрафіолетових променів та температурно-вологісних коливань.

### **16.1. Визначення середньої густини та коефіцієнта теплопровідності теплоізоляційних матеріалів**

**Матеріали:** зразки теплоізоляційних матеріалів

**Прилади:** штангенциркуль або металева лінійка, технічні лабораторні ваги

#### **Порядок виконання роботи**

Середню густину зразків теплоізоляційних матеріалів визначають згідно з методикою, що наведена в лабораторній роботі №1, (п.1.1.1) та заносять до табл. 16.1.

Коефіцієнт теплопровідності розраховують за формулою проф. В.П. Некрасова (див. лабораторну роботу №, п.3.2), отримані дані порівнюються з довідниковими даними.

Користуючись довідниковими даними, підручниками, інтернет-джерелами, нормативними документами для кожного виду теплоізоляційних матеріалів необхідно визначити їх особливості використання у будівельних конструкціях та навести раціональні галузі застосування; інформацію занести до табл. 16.1.

Таблиця 16.1

## Характеристика теплоізоляційних матеріалів

№ пор.	Назва матеріалу	Структура	Поділ теплоізоляційних матеріалів за властивостями							Максимальна температура експлуатації
			середня густина		теплопровідність		жорсткість		спалимість	
			$\rho_m$ , кг/м <sup>3</sup>	позначення групи	$\lambda$ , Вт/(м·К)	клас	група	вид виробу		
1	Мінераловатні вироби									
2	Піноскло									
3	Ніздрюваті бетони									
4	Пінополістирол (екструдований)									
5	Пінополіуретан									
6	Пінополістирол-бетон									

Примітка. Основні характеристики мінераловатних плит та ніздрюватого скла наведені в табл. 4.4 (див. лабораторну роботу 4 ), властивості деяких полімерних теплоізоляційних матеріалів наведено в дод. 12.1.

## 16.2. Визначення термічного опору огорожувальних конструкцій з використанням різних теплоізоляційних матеріалів

За завданням викладача відповідно до вимог з термічного опору огорожувальних конструкцій (ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель) визначити товщину необхідної скріпленої теплоізоляції для зовнішньої стіни з повнотілої керамічної цегли, **завтовшки 51 см** (місце будівництва – м. Київ, І зона), використовуючи один з наступних теплоізоляційних матеріалів:

- мінераловатні плити, з середньою густиною 100 кг/м<sup>3</sup>;
- газоскло, з середньою густиною 160 кг/м<sup>3</sup>;
- газосилікат (газобетон), з середньою густиною 400 кг/м<sup>3</sup>;
- пінополістирол (екструдований), з середньою густиною 35 кг/м<sup>3</sup>.



Рис. 16.1. Варіант схеми утеплення зовнішньої стіни мінераловатною плитою

Для розрахунків необхідно використати значення коефіцієнтів теплопровідності (табл.16.2) і вимоги до термічного опору зовнішніх стін (табл.16.3), а також відповідну формулу для визначення термічного опору, які наведені в ДБН В.2.6-31:2021.

Нормативне значення термічного опору для двошарових конструкцій визначають за формулою:

$$R_{q \min} = \frac{\delta(1)}{\lambda(1)} + \frac{\delta(2)}{\lambda(2)}, \quad (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт},$$

де  $\delta_{1(2)}$  – товщина цегляного мурування (утеплювача), м;

$\lambda_{1(2)}$  – коефіцієнт теплопровідності цегляного мурування (утеплювача), Вт/(м·К).

Результати розрахунків заносять до табл.16.4.

Таблиця 16.2

### Значення коефіцієнтів теплопровідності матеріалів

№ з/п	Найменування матеріалу	Значення коефіцієнту теплопровідності $\lambda$ , Вт/(м·К)
1	Цегла повнотіла	0,54
2	Цегла порожниста	0,44

Закінчення табл. 16.2

3	Керамзитобетон	0,4 – 0,8
4	Пінобетон	0,14 – 0,22
5	Газобетон	0,08 – 0,14
6	Пінополістирол	0,03
7	Мінеральна вата	0,052 – 0,058
8	Пінополіуретан	0,022
9	Пінополістиролбетон	0,055 – 0,145

Таблиця 16.3

**Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків ( $R_{q \min}$ )**

№ поз.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , для температурної зони I	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщенні покриття	5,35	4,9
3	Горищні покриття та перекриття неопалюваних приміщень	4,95	4,5
4	Перекриття над проїздами та неопалюваними приміщеннями	3,75	3,3
5	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
6	Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки	0,5	0,45
7	Вхідні двері в малоповерхові будинки та квартири, що розташовані на перших поверхах	0,65	0,6

Таблиця 16.4

**Визначення термічного опору огорожувальних конструкцій**

Товщина стіни з цегли ( $\delta_1$ ), м	Матеріал утеплювача	Коефіцієнт теплопровідності ( $\lambda$ ), $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$		$R_{q \min}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Товщина утеплювача, ( $\delta_2$ ), м
		цегли ( $\lambda_1$ )	утеплювача ( $\lambda_2$ )		

**Висновок** повинен містити порівняння ефективності використання різних видів теплоізоляційних матеріалів для отримання скріпленої теплоізоляції зовнішніх стін за показниками паропроникності, довговічності, термічної стійкості, спалюваності, економічної ефективності.

## РЕКОМЕНДОВАНА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА ЛІТЕРАТУРА

### Підручники

1. Building materials for designers and architects : Texbook / Pushkarova K.K., Kochevukh M.O. / – Kyiv, KNUCA, 2020 – 392 p.
2. Дворкін Л.Й. Будівельне матеріалознавство : підручник / Л.Й. Дворкін, С.Д. Лаповська. – Рівне : НУВГП, 2016. – 448 с.
3. Гоц В.І. Бетони і будівельні розчини / В.І. Гоц, В.В. Павлюк, П.С. Шилюк. – Київ, 2016. – 568 с.
4. Матеріалознавство (для архітекторів та дизайнерів) : підручник / К.К. Пушкарьова, М.О. Кочевих, О.А. Гончар, О.П. Бондаренко. – Київ : Видавництво «Ліра-К», 2015. – 592 с.
5. Рунова Р.Ф. В'яжучі речовини / Р.Ф. Рунова, Ю.Л. Носовський, Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін. – Київ : Основа, 2012. – 448 с.
6. Будівельне матеріалознавство : підручник / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський, М.О. Кочевих та ін. – Київ : «Ліра-К», 2012. – 624 с.
7. Використання техногенних продуктів у будівництві / Л.Й. Дворкін, К.К. Пушкарьова, О.Л. Дворкін – Рівне, 2009. – 340 с.
8. Будівельне матеріалознавство / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський, М.О. Кочевих та ін. – Київ : ТОВ УВПК «ЕксОб», 2006. – 702 с.

### Навчальні посібники

1. Матеріалознавство для архітекторів та дизайнерів : навчальний посібник (перевидання) / К.К. Пушкарьова, М.О. Кочевих. – Київ : видавництво Ліра-К, 2019. – 424 с.
2. Будівельні матеріали : навчальний посібник. Частина 1 / Ю.Г. Гасан, Т.М. Пащенко. – Київ : Вид. КНУБА, 2013. – 227 с.
3. Будівельні матеріали : навчальний посібник. Частина 2 / Ю.Г. Гасан, Т.М. Пащенко. – Київ : Вид. КНУБА, 2013. – 135 с.
4. Будівельне матеріалознавство : навчальний посібник для студентів буд. спец. вузів / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін. – Дніпропетровськ : РВА «Дніпро-VAL», 2004. – 677 с.

**Додатки до лабораторної роботи 1**

*Додаток 1.1*

**Множники, префікси та їхні позначення для утворення кратних і частинних одиниць SI**

Множник	Префікс	Позначення
$10^{18}$	екса	Е
$10^{15}$	пета	П
$10^{12}$	тера	Т
$10^9$	гіга	Г
$10^6$	мега	М
$10^3$	кіло	к
$10^2$	гекто	г
$10^1$	дека	да
$10^{-1}$	деци	д
$10^{-2}$	санти	с
$10^{-3}$	мілі	м
$10^{-6}$	мікро	мк
$10^{-9}$	нано	н
$10^{-12}$	піко	п
$10^{-15}$	фемто	ф
$10^{-18}$	ато	а

*Додаток 1.2*

**Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель за ДБН В 2.6-31:2016**

N	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{qmin}$ , ( $m^2 \cdot K$ )/Вт для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалювальних горищ	4,95	4,5
5	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
6	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
7	Зовнішні двері	0,6	0,5

## Додаток до лабораторної роботи 3

### Додаток 3.1

#### Властивості основних видів керамічних виробів за стандартами

№ пор.	Найменування	Особливості виготовлення	Основні властивості
<b>Стінові вироби</b>			
1	Цегла та камені рядові (цегла звичайна, потовщена, модульна, фігурна, порожниста; камінь звичайний, модульний, укрупнений, великоформатний)	Пластичне формування або напівсухе пресування; випалювання за температури 900...1100°C	Міцність при стиску $R_{ст} = 7,5...30,0$ МПа; морозостійкість F15...F100; водопоглинання $W_m \geq 6...8\%$
<b>Вироби для влаштування фасадів</b>			
2	Цегла та камені лицьові (цегла двошарова, ангобована, глазурована, клінкерна облицювальна)	Пластичне формування або напівсухе пресування; випалювання за температури 900...1100°C	Міцність при стиску $R_{ст} \geq 10$ МПа морозостійкість $F \geq 50$ ; водопоглинання $6\% \leq W_m \leq 28\%$
3	Плитки фасадні (глазуровані, неглазуровані, великорозмірні, з керамограніту, прецизійні, рядові, майолікові, шамотні)	Напівсухе пресування або пластичне формування (екструзія), випалювання за температури 1000...1300°C	Водопоглинання залежно від групи: I $\leq 3\%$ , $3\% < II \leq 10\%$ , III $> 10\%$ . товщина 6...14 мм, морозостійкість $F \geq 100$ ; міцність при згині: – для екструзійних $R_{зг} \geq 8...28$ МПа; – для напівсухого пресування $R_{зг} \geq 15...35$ МПа
<b>Вироби для внутрішнього облицювання стін</b>			
4	Плитки (майолікові, теракотові, фаянсові, фарфорові)	Напівсухе пресування або пластичне формування (екструзія), глазурування, сушіння, випалювання, декорування	Водопоглинання залежно від групи: I $\leq 3\%$ , $3\% < II \leq 10\%$ , III $> 10\%$ .; товщина 6...14 мм, морозостійкість $F \geq 100$ ; міцність при згині: – для екструзійних $R_{зг} \geq 8...28$ МПа; – для напівсухого пресування $R_{зг} \geq 15...35$ МПа. визначають також ТКЛР (термічний коефіцієнт лінійного

Продовження дод. 3.1

			розширення), термічну стійкість глазури, хімічну стійкість тощо
<b>Вироби для влаштування підлог ззовні приміщень</b>			
5	Плитки для підлог (глазуровані, неглазуровані, ангобовані, керамограніту)	Напівсухе пресування або пластичне формування (екструзія), сушіння, випалювання, можливе глазурування	Водопоглинання залежно від групи: I $\leq 3\%$ , $3\% < II \leq 10\%$ , товщина 6...14 мм, морозостійкість $F \geq 100$ ; міцність на згин для екструзійних $R_{зг.} \geq 8...28$ МПа; -для напівсухого пресування $R_{зг.} \geq 15...35$ МПа, стираність $\leq 0,18$ г/см <sup>2</sup> (для неглазурованих). Регламентується також ТКЛР, термічна стійкість, ударна міцність, хімічна стійкість
<b>Вироби для влаштування підлог всередині приміщень</b>			
6	Плитки для підлог (ангобовані, глазуровані, неглазуровані, в тому числі з керамограніту)	Напівсухе пресування або пластичне формування (екструзія), сушіння, можливе глазурування, випалювання	Водопоглинання залежно від групи: I $\leq 3\%$ , $3\% < II \leq 10\%$ , товщина 6...14 мм, морозостійкість $F \geq 100$ ; міцність на згин: для екструзійних $R_{зг.} \geq 8...28$ МПа; для напівсухого пресування $R_{зг.} \geq 15...25$ МПа, стиранність (зносостійкість) $\leq 0,18$ г/см <sup>2</sup> (для неглазурованих). для глазурованих визначають ступінь зносостійкості за числом обертів шліфування
<b>Вироби для влаштування дорожніх покриттів</b>			
7	Клінкерна цегла (дорожня, тротуарна)	Напівсухе пресування тугоплавких глин, випалювання до повного спікання	Марки за міцністю при стиску М150...М300 – для тротуарної, М300...М1000 – для дорожньої. морозостійкість $F \geq 100$ водопоглинання: для тротуарної $W_m \leq 6\%$ ; для дорожньої $W_m \leq 2...6\%$ (залежно від марки) стираність (зносостійкість): – для тротуарної $\leq 0,35$ г/см <sup>2</sup> , – для дорожньої $\leq 0,25$ г/см <sup>2</sup>
<b>Покрівельні вироби</b>			
8	Черепиця (теракота, ангобована, глазурована)	Формування (штамбування, пластичне формування,	Водонепроникність морозостійкість $F \geq 25$ – для пластичного формування, $F \geq 35$ – для напівсухого пресування,

Продовження дод. 3.1

		напівсухе пресування), сушіння, випалювання	руйнівне навантаження 800...1500 Н маса 1 м <sup>2</sup> покриття у водонасиченому стані ≤ 74 кг кут нахилу даху – не менше 30°
<b>Санітарно-технічні вироби</b>			
9	Умивальники, раковини, унітази, змивні бачки (фаянсові, напівфарфорові, фарфорові)	Формування лікерним способом (литтям), сушіння, глазурування, випалювання за температури 1250...1300°C	Міцність при стиску – для фаянсу R <sub>ст</sub> ≤ 100 МПа, – для напівфарфору R <sub>ст</sub> ≤ 150...200 МПа, – для фарфору R <sub>ст</sub> ≤ 500 МПа, водопоглинання: – для фаянсу W <sub>м</sub> ≤ 12%; – для напівфарфору W <sub>м</sub> ≤ 5%, – для фарфору W <sub>м</sub> ≤ 1% руйнівне навантаження ≥ 1,5 кН – для умивальників, ≥ 2,0 кН – для унітазів. Пило-, водо- та газонепроникність, хімічна стійкість, естетичність
<b>Легкі заповнювачі</b>			
10	Керамзит (гравій, пісок)	Спучування при випалюванні попередньо відформованих гранул за температури 1050...1250°C	Розмір гранул 0,16...5,0 мм для піску, 5,0...40 мм – для гравію. Насипна густина 500...1000 кг/м <sup>3</sup> – для піску, 250...600 кг/м <sup>3</sup> – для гравію Морозостійкість F ≥ 15, – для гравію міцність при стиску у циліндрі R <sub>ст</sub> ≥ 0,5...3,5 МПа
<b>Спеціальні вироби</b>			
11	Вогнетривкі вироби (цегла)	Випалювання до спікання кремнеземистої, алюмосилікатної, магнезіальної, хромистої сировини	Вогнетривкість ≥ 1580...2000°C
12	Кислототривкі вироби (цегла, плитка, труби)	Випалювання попередньо відформованих виробів з пластичних глин без домішок карбонатів,	Міцність при стиску R <sub>ст</sub> ≥ 15...40 МПа, водопоглинання W <sub>м</sub> ≤ 3...12%; кислотостійкість 92...98%

## Закінчення дод. 3.1

		сульфатів, заліза та гіпсу	
13	Труби дренажні (глазуровані, неглазуровані)	Пластичне формування, сушіння, випалювання за температури 920...1050°C, можливе глазурування	Діаметр 50...300 мм, довжина 333 мм. Руйнівне навантаження $\geq 3,5 \dots 5,5$ кН, морозостійкість $F \geq 15$ водопоглинання $W_M \leq 15\%$
14	Труби каналізаційні	Пластичне формування з тугоплавких і вогнетривких глин, глазурування, випалювання за температури 1250...1300°C	Діаметр 150...600 мм, довжина 800...1200 мм. руйнівне навантаження $\geq 20 \dots 30$ кН, водопоглинання $W_M \leq 8\%$ кислотостійкість $\geq 93\%$ водонепроникність

### Властивості деяких матеріалів та виробів на основі мінеральних розплавів

№	Найменування матеріалу/виробу	Основні властивості, вимоги стандартів
1	Скло віконне листове	Матеріал може бути кольоровим або безбарвним, товщина 2...6 мм; коефіцієнт направленої пропускання світла, який змінюється залежно від товщини скла від 2 до 25 мм в діапазоні 0,89...0,67, має бути не меншим 84%; залежно від наявності візуальних дефектів марки його змінюються від М0 до М7; середня густина становить 2500...2600 кг/м <sup>3</sup> ; міцність при стиску – 900...1000 МПа, ударна в'язкість (крихкість) – 1,5...2,0 кН/м; твердість за шкалою Мооса становить 5...7 (залежно від складу); коефіцієнт теплопровідності 0,9...1,0 Вт/(м·К).
2	Скло вітринне	Скло, завтовшки від 6 до 12 мм, поліроване або неpolіроване; світлопропускання полірованого скла становить не менше 87%, вимоги до мікронерівностей поверхні – менше 0,01 мкм.
3	Скло візерункове (рельєфне)	Товщина 3,5...10 мм; рельєф – до 1,5 мм; світлопропускання скла з візерунком на одній поверхні повинно становити не менш 75%; коефіцієнт направленої пропускання світла 0,83...0,76 залежно від товщини; міцність до 45 МПа; ребра жорсткості підвищують стійкість до удару.
4	Скло загартоване	Товщина від 3 до 25 мм; характеризується підвищеною міцністю (міцність при згині досягає 120 МПа), термостійкістю (не менше 120°C) та безпечним характером руйнування.
5	Скло стемаліт (різновид загартованого)	Товщина скла 6,0...9,0 мм; міцність при стиску 800...900 МПа, при згині – 250 МПа; термостійкість 100...200°C.
6	Скло армоване	Товщина 6,0...10 мм; може бути полірованим, кованим, візерункчастим (одна поверхня), коефіцієнт направленої пропускання напівпрозорого безбарвного скла змінюється залежно від товщини від 0,8 до 0,76; середній показник заломлення видимого випромінювання в області світла від 380 до 780 нм складає 1,5; міцність при стиску 700...900 МПа.
7	Скло багат шарове (триплекс)	Товщина становить не менше 9 мм, а маса 1 м <sup>2</sup> – біля 20 кг; коефіцієнт світлопропускання 0,69...0,78; термостійкість – понад 100°C; за рахунок значної товщини триплекс характеризується найбільшим термічним опором та високою здатністю до звукоізоляції.

Закінчення дод. 4.1

8	Скло енергозберігаюче (низькоемісійне) І-скло (з м'яким покриттям)	Бувають з високою і низькою світлопрозорістю (70...30%); низький коефіцієнт випромінювальної здатності ( $E=0,04$ ) – здатність відбивати довгохвильове випромінювання певної довжини хвилі; коефіцієнт емісії звичайного скла 0,9; опір теплопередачі $R_o= 0,56$ ( $m^2 \cdot K$ )/Вт (опір теплопередачі звичайного скла 0,36 ( $m^2 \cdot K$ )/Вт).
9	Скломозаїка	Товщина плиток 3...5 мм, розміри 20x20 мм; матриці розмірами 30x30 см; пористість менше 0,1%; хімічна стійкість, термостійкість (-5...+145°C), низька стираність, мінімальна крихкість, морозостійкість більше 100 циклів, світлостійкість, антивандальність.
10	Склоблок	Товщина лицьових стінок становить не менше 8 мм; середня густина склоблоку 650...1400 кг/м <sup>3</sup> , міцність при стиску 20...22 МПа, маса 2,4...4,3 кг; світлопропускання 50...65%; світлорозсіювання – до 25%; коефіцієнт теплопровідності 0,42 Вт/(м·K), термостійкість 30...50°C; коефіцієнт звукоізоляції 38...40 дБ; пожежостійкість 60 хв; безпечність руйнування (за рахунок високої термостійкості і міцності внаслідок гартування).
11	Ситал (плитки, листи)	Середня густина 2600...2900 кг/м <sup>3</sup> , міцність при стиску 800...1000, при згині – 100...200 МПа, пористість 0%, кислотостійкість 98%, твердість 9.
12	Склопакет	Міцність при стиску 250... 400 МПа; товщина 1-камерного – 24 мм, 32 мм, 40 мм та більше; коефіцієнт опору теплопередачі – 0,32 – 1,22 ( $m^2K$ )/Вт; звукоізоляція – 26 дБ; маса 1 м <sup>2</sup> – 20 кг.

Додаток 4.2

Приклади розшифрування формул склопакетів

Формула склопакета	Розшифрування
<b>4-16-4</b>	Однокамерний склопакет, загальною товщиною 24 мм, що складається з двох листів скла по 4 мм кожний, відстань між листами скла становить 16 мм.
<b>4-16-4i</b>	Однокамерний склопакет, загальною товщиною 24 мм, що складається з двох листів скла по 4 мм кожний, відстань між листами скла становить 16 мм, один лист – енергозберігаюче і-скло (внутрішнє).
<b>4-16Ar-4i</b>	Однокамерний склопакет, загальною товщиною 24 мм, який містить аргон (індекс <b>Ar</b> ) в камері і один лист енергозберігаючого і- скла (внутрішнє).
<b>4Solar-16-4i</b>	Однокамерний склопакет, 24 мм, з одним мультифункційним склом ( <b>Solar</b> ) (зовнішнє) і одним енергозберігаючим ( <b>i</b> ) (внутрішнє). Скло Solar обмежує потрапляння сонячних променів (тепла ззовні) у разі розташування конструкції на спекотному

	боці в будинку.
<i>Закінчення дод. 4.2</i>	
<b>4-10-4-10-4</b>	Двокамерний склопакет, загальною товщиною 32 мм, без енергозбереження, що складається з трьох листів скла по 4 мм кожний і двох повітряних камер по 16 мм.
<b>4-10-4-10-4i</b>	Двокамерний склопакет, загальною товщиною 32 мм, з одним енергозберігаючим і склом і двома звичайними.
<b>4i-10Ar-4-10Ar-4i</b>	Двокамерний склопакет, загальною товщиною 32 мм, з двома листами енергозберігаючого і-скла і двома камерами, заповненими аргоном.
<b>6-12-4-16Ar-4</b>	Двокамерний склопакет, товщиною 42 мм, зовнішнє скло, завтовшки 6 мм, середнє і внутрішнє – по 4 мм, перша камера повітряна, завширшки 12 мм, друга – 16 мм, заповнена аргоном.

Додаток до лабораторної роботи 5

Додаток 5.1

Вимоги до виробів на основі гіпсових в'язучих речовин ( ДСТУ EN 520:2018)

№	Найменування виробу	Розміри плит, м			Границя міцності при вигині, Н, у напрямку для певної товщини		Повітропроникність, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{Па}$	Маркування та додаткові властивості	Особливості застосування
		довжина	ширина	товщина	поперечному	поздовжньому			
1	Гіпсокартонні плити типу А	2000, 2500, 3000	600, 625, 900, 1200, 1250	9,5 12,5 15,0	160 210 250	400 550 650	$1,4 \times 10^{-6}$	У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип А»	Плити, що призначені для облицювання. Застосовуються для внутрішніх робіт у приміщеннях з нормальною вологістю для вирівнювання стін, створення внутрішніх перегородок між кімнатами та підвісних стель. На лицьову сторону плит можна наносити відповідну гіпсову штукатурку або додатне декоративне покриття
2	Гіпсокартонні плити типу Н (зі зменшеною здатністю до водопоглинання)	2000, 2500, 3000	600, 625, 900, 1200, 1250	9,5 12,5 15,0	160 210 250	400 550 650	$1,4 \times 10^{-6}$	Залежно від їх водопоглинання %: $\leq 5$ , $\leq 10$ , $\leq 25$ існують відповідні позначки	Плити, що призначені для застосування, якщо для покращення експлуатаційних властивостей необхідна

Продовження дод. 5.1

								«Тип Н1», «Тип Н2», «Тип Н3»	знижена здатність до водопоглинання. Плити використовуються в приміщеннях з підвищеною вологістю, таких як ванні кімнати, кухні та пральні. Відрізняються синім або ж зеленим кольором
3	Гіпсокартонні плити типу Е (для обшивання)	2000, 2500, 3000	600, 625, 900, 1200, 1250	9,5 12,5 15,0	160 210 250	400 550 650	$1,4 \times 10^{-6}$	У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип Е»	Плити, що використовуються для обшивання зовнішніх елементів стін. Передбачено декоративне покриття. Плити не розраховано на тривалий вплив погодних умов. Цей тип має знижене водопоглинання. Паропроникність зменшена до мінімуму
4	Гіпсокартонні плити типу F (з підвищеною стійкістю за високих температур)	2000, 2500, 3000	600, 625, 900, 1200, 1250	9,5 12,5 15,0	160 210 250	400 550 650	$1,4 \times 10^{-6}$	У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип F». Під час випробування за високої температури не	Плити, що призначені для застосування в приміщеннях з високими вимогами до пожежної безпеки. Для покращення з'єднаності структури і в результаті вогнестійкості при дії високих температур (у разі пожежі) гіпсова

Продовження дод. 5.1

180

								повинен зламатися жоден з шести досліджуваних зразків	серцевина цих плит повинна містити мінеральні волокна або інші добавки. На лицьову сторону плит можна наносити відповідну гіпсову штукатурку або декоративне покриття. Плити використовують в котельнях, серверних кімнатах та інших технічних приміщеннях, також поблизу домашніх камінів. Відрізняються червоним або рожевим кольором
5	Гіпсокартонні плити типу Р	1200, 1500, 1800, 2000	400, 600, 900, 1200	9,5 12,5	125 165	180 235	$1,4 \times 10^{-6}$	У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип Р»	Плити, на лицьову сторону яких передбачено нанесення гіпсової штукатурки або клею для з'єднання з іншими матеріалами, наприклад, гіпсовими плитами або панельними матеріалами
6	Гіпсокартонні плити типу D (з визначеною густиною). Густина щонайменше $0,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$	2000, 2500, 3000	600, 625, 900, 1200, 1250	9,5 12,5 15,0	160 210 250	400 550 650	$1,4 \times 10^{-6}$	У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип D»	Плити, на лицьову сторону яких можна наносити відповідну гіпсову штукатурку або декоративне покриття. Вони мають визначену густина, яка дозволяє покращувати

## Закінчення дод. 5.1

									експлуатаційні характеристики під час застосування
7	Гіпсокартонні плити типу R (з підвищеною міцністю)	2000, 2500, 3000	600, 625, 900, 1200, 1250	12,5 15,0	300 360	725 870	$1,4 \times 10^{-6}$	У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип R»	Плити, що призначені для застосування там, де вимагається підвищена міцність на руйнування при вигині як у поздовжньому, так і в поперечному напрямку. На лицьову сторону можна наносити відповідну гіпсову штукатурку або декоративне покриття
8	Гіпсокартонні плити типу I (з підвищеною твердістю поверхні)	2000, 2500, 3000	600, 625, 900, 1200, 1250	9,5 12,5 15,0	160 210 250	400 550 650	$1,4 \times 10^{-6}$	У разі маркування ці плити отримують позначку «Тип I». Діаметр заглиблена не повинен перевищувати 15 мм	Плити, що призначені для застосування там, де висуваються вимоги до підвищеної твердості поверхні. На передній стороні можна наносити придатну гіпсову штукатурку або декоративне покриття

## Додатки до лабораторної роботи 8

### Додаток 8.1

#### Вимоги до сумішей для штукатурення, розчинових сумішей та розчинів на їх основі

Назва показника	Значення показника для групи					
	ШТ1	ШТ2	ШТ3	ШТ4	ШТ5	ШТ6
<b>Суміші</b>						
Крупність заповнювача, мм, не більше	0,63	0,8	1,25	-	2,5	0,63
<b>Розчинові суміші</b>						
Термін придатності, хв, не менше	60	60	60	60	60	30
Рухомість, см, не менше	8	6	8	-	-	8
<b>Розчини</b>						
Міцність зчеплення з основою після: – витримування в повітряно-сухих умовах, МПа, не менше;	0,3	0,3		0,5	0,2	0,1
– наперемінного заморожування та відтавання, 75 циклів, МПа, не менше	-	-	-	0,5	0,2	-
Границя міцності на стиск через 28 діб, МПа, не менше	5,0	7,0	2,5	-	1,0	0,5
Границя міцності на розтяг при вигині через 28 діб, МПа, не менше	1,2	2,0	1,2	-	0,5	0,1
Коефіцієнт водопоглинання, $\text{кг/м}^2 \cdot \sqrt{\text{год}}$ , не більше	-	-	-	0,5	0,6	
Паропроникність, $\text{мг/м-год-Па}$ , не менше	0,07	0,05	0,10	0,05	0,05	0,05
Тріщиностійкість	Відсутність тріщин на шарі, товщиною, яка дорівнює максимально рекомендованій товщині нанесення за один прохід (дод. А)					
Морозостійкість, циклів, не менше	50	50	50	-	-	-
Теплопровідність, $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , не більше	-	-	0,3	-	0,2	-

### Додаток 8.2

#### Рекомендовані умови застосування сумішей будівельних сухих модифікованих

Призначення суміші (група)		Група суміші та рекомендовані умови її застосування
Штукатурення	Бетонні і цегляні основи	ШТ1 – для вирівнювання бетонних і цегляних основ всередині будівель; товщина шару за один прохід не більше ніж 20 мм

		ШТ2 – для вирівнювання бетонних і цегляних основ всередині і зовні будівель; товщина шару за один прохід не більше ніж 20 мм
	Ніздрюваті бетони	ШТ3 – для вирівнювання поверхонь ніздрюватих бетонів всередині і зовні будівель; товщина шару за один прохід не більше ніж 30 мм
	Системи теплоізоляції та декоративні штукатурки	ШТ4 – для декоративного оздоблення бетонних, цегляних, оштукатурених поверхонь, а також для застосування в системах теплоізоляції всередині і зовні будівель; товщина шару за один прохід не більше ніж 10 мм
	Огороджувальні і конструкції	ШТ5 – для утеплення зовнішніх стін будівель; товщина шару за один прохід не більше ніж 30 мм

**Додатки до лабораторної роботи 9**

*Додаток 9.1*

**Основні технічні властивості бетонів різного призначення**

№	Найменування бетону	Основні компоненти	Основні технічні властивості	
			Властивості	Значення
1	Бетон конструкційний важкий (ДСТУ 9208:2022)	Портландцемент, пісок кварцовий, щебінь гранітний (фракції від 5 до 70 мм), добавки, вода	Клас за міцністю при стиску Клас за міцністю при розтягу Клас за міцністю при згині Марка за морозостійкістю Марка за водонепроникністю Середня густина, кг/м <sup>3</sup> Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м•К) Теплоємність, лДж/(кг К)	C 8/10...C50/60 B <sub>t</sub> 0,4... B <sub>t</sub> 4,0 B <sub>tb</sub> 0,4... B <sub>tb</sub> 8,0 F50...F1000 W2...W20 2000...2500 1,2 0,75...0,92
2	Бетон конструкційний на лужних в'язучих речовинах (ДСТУ Б В.2.7-25:2011)	Лужна в'язуча речовина, пісок кварцовий, щебінь гранітний, добавки, вода	Клас за міцністю при стиску Клас за міцністю при розтягу Клас за міцністю при згині Марка за морозостійкістю Марка за водонепроникністю Середня густина, кг/м <sup>3</sup> Стираність, г/см <sup>2</sup> Коефіцієнт теплопровідності, Вт/( м•К)	C8/10...C50/60 B <sub>t</sub> 0,4... B <sub>t</sub> 4,0 B <sub>tb</sub> 0,4... B <sub>tb</sub> 8,0 F200...F1000 W4...W30 2200...2500 0,2...1,2 1,2
3	Бетон гідротехнічний (ДБН В.2.4-3:2010) -для надводних зон -для підводних зон -для зовнішніх частин	Пісок кварцовий, щебінь гранітний добавки, вода – гідрофобний та пластифікований портландцементи – шлакопортландцемент, пуцолановий цемент	Клас за міцністю при стиску Марка за морозостійкістю Марка за водонепроникністю	C8/10...C32/40 F50...F500 W2...W20

*Продовження дод. 9.1*

	гідротехнічних конструкцій	– сульфатостійкий цемент		
4	Дорожній цементобетон (ДСТУ 8858:2019)	Портландцемент, дрібний заповнювач (пісок), крупний заповнювач (щебінь переважно базальтовий або гранітний), вода, добавки – суперпластифікатор, повітровтягувальна добавка	Класи за міцністю для дорожньої основи - на стиск, -на розтяг при згині Класи за міцністю для дорожнього покриття – на стиск  – на розтяг при згині Марки за морозостійкістю: для основи – для нижнього шару дорожнього покриття для одношарового покриття та верхнього шару марки за водонепроникністю за водопоглинанням %: для основи для нижнього шару для одношарового та верхнього шару	В 3,5, В5,5, В 7,5 (С8/10) В <sub>тб</sub> 0,4... В <sub>тб</sub> 1,6;  В15 (С16/20), В20 (С20/25)-В45 (С50/60), В <sub>тб</sub> 2,8... В <sub>тб</sub> 6,0  F50 –F100  F75 –F200  F200 –F400.  W4...W12  6 5 4
5	Дорожній асфальтобетон (ДСТУ 8959:2019)	Мінеральні компоненти (щебінь, пісок, мінеральний порошок) та бітум, модифікований полімерами (мінеральний порошок – представлений портландцементом або продуктами відсіву карбонатних порід)	Середня густина, кг/м <sup>3</sup> . Границя міцності при стиску щільних асфальтобетонів залежно від кліматичного району України не менше, МПа (для всіх типів доріг – за температури 20°С – за температури 50°С, МПа, Границя міцності на розтяг залежно від типу дороги (за температури 0°С), МПа, Залишкова пористість, % Коефіцієнт водостійкості	більше 2300 кг/м <sup>3</sup>  3 ... 4  1,6...2,1  2,5 до 6  2 ... 5  від 0,9 до 0,86  від 0,85 до 0,7

Продовження дод. 9.1

6	Бетон жаростійкий важкий (ДСТУ Б В.2.7-249:2011)	Портландцемент, глиноземистий цемент, рідинне скло, шамот, динас, муліт, муліто-корунд, тонкомелені добавки, вода	Клас за міцністю при стиску Клас бетону за максимально допустимою температурою застосування Марка за термостійкістю (водні тепломіни) Марка за термостійкістю (повітряні тепломіни) Марка за середньою густиною Марка за морозостійкістю Усадка після нагрівання, %	В 1...В 40 ИЗ...И18 Т15...Т140 Т210...Т225 D300...D1800 F15...F75 1...2
7	Бетон радіаційно-захисний (ДБН В.2.2 - 5:2023)	Портландцемент та його різно-види, щебінь (магнетитовий, гематитовий, баритовий, лимонітовий), металевий скрап, чавунний дріб, добавки, вода	Клас за міцністю при стиску Клас за міцністю при розтягу Клас за міцністю при згині Марка за морозостійкістю Марка за водонепроникністю Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	В 7,5...В 30 В <sub>t</sub> 1,2... В <sub>t</sub> 3,2 В <sub>tb</sub> 1,2... В <sub>tb</sub> 4,0 F100...F300 W6...W10 2500...6000
8	Бетон хімічно стійкий (ДСТУ Б В.2.7-288:2011)	Полімерна в'язуча речовина, спеціальні заповнювачі	Марка за міцністю при стиску Марка за міцністю при розтягу Марка за середньою густиною Марка за морозостійкістю Коефіцієнт хімічної стійкості, не менше	M300...M1100 P30...P100 D1500...D2200 F300...F1000 0,5

## Закінчення дод. 9.1

9	Бетон важкий декоративний (ДСТУ Б В.2.7-221:2009)	Портландцемент, пісок кварцовий, щебінь гранітний, мармуровий, кварцитовий, вапняковий, барвники, добавки, вода	Клас за міцністю при стиску Клас за міцністю при згині Марка за морозостійкістю Марка за водонепроникністю	B 5...B 25 B <sub>tb</sub> 1,2... B <sub>tb</sub> 2,8 F100...F200 W2...W8
10	Бетон, здатний до самоущільнення (ДСТУ EN 206:2022)	Портландцемент, пісок кварцовий, щебінь гранітний максимальний розмір 10 мм, суперпластифікатор, вода	Клас за міцністю при стиску Клас за міцністю при розтягу Клас за міцністю при згині Марка за морозостійкістю Марка за водонепроникністю	C25/30...C50/60 B <sub>t</sub> 0,4... B <sub>t</sub> 4,0 B <sub>tb</sub> 0,4... B <sub>tb</sub> 8,0 F50...F1000 W2...W20
11	Фібробетон (ДСТУ-Н Б В.2.6-218:2016)	Портландцемент, пісок кварцовий, щебінь гранітний (фракція 5 – 7 мм), фібра скляна, металева, полімерна, целюлозна, добавки, вода	Клас за міцністю при стиску Клас за міцністю при розтягу Марка за морозостійкістю Марка за водонепроникністю Початковий модуль пружності, МПа 10 <sup>-3</sup>	B20...B60 B <sub>t</sub> 0,8... B <sub>t</sub> 3,20 F50...F500 W2...W12 E <sub>b</sub> 27,5...39,5

## Додатки до лабораторної роботи 11

### Додаток 11.1

#### Фізико-технічні показники бітумної мастики за типами

Назва показника	Значення показника мастики для типу				
	П	К	Г	Пі	У
Міцність зчеплення мастики з основою, МПа, не менше: - із бетону - зі сталі	0,1	0,1	0,1 0,1	0,1	0,1 0,1
Міцність зчеплення між шарами, МПа, не менше	-	0,1	-	-	0,1
Міцність на зсув клейового з'єднання, кН/м, не менше	-	0,1	-	-	0,1
Водонепроникність при тиску не менше 0,001 МПа протягом не менше 72 год	На поверхні зразка не повинно бути ознак води		-		На поверхні зразка не повинно бути ознак води
Водонепроникність при тиску не менше 0,03 МПа протягом не менше 10 хв	-		На поверхні зразка не повинно бути ознак води	На поверхні зразка не повинно бути ознак води	
Паропроникність, $1 \cdot 10^{-12}$ кг/(м-с-Па)	-	-	-	0,03 – 0,05	0,03 – 0,05
Кольоростійкість, год, не менше	2	-	-	-	2
Особливості використання бітумних мастик	гідроізоляція фундаментів, підвальних приміщень, стін і інших об'єктів, що мають контакт з ґрунтом; виступає як ізоляція та пароізоляція при обмазці трубопроводів; в ізоляційних роботах при влаштуванні покрівлі.				
<p><i>Примітка.</i> П – покрівельні; К – клеючі; Г – гідроізоляційні; Пі – пароізоляційні; У – універсальні/ Кольоростійкість визначають лише для кольорових мастик.</p>					

### Додаток 11.2

#### Фізико-технічні показники бітумно-полімерної мастики за типами

Назва показника	Значення показника мастики для типу				
		К	Г	Пі	У
Умовна міцність при розриві, МПа, не менше	0,2	-	0,2	0,5	0,5
Відносне подовження при розриві, %, не менше	100	-	100	100	100
Міцність зчеплення мастики з основою, МПа, не менше: - із бетону - зі сталі	0,1	0,1	0,1 0,1	0,1	0,1 0,1

## Закінчення дод. 11.2

Міцність зчеплення між шарами, Мпа, не менше	-	0,1	-	-	0,1
Міцність на зсув клейового з'єднання, кН/м, не менше	-	0,1	-	-	0,1
Водопоглинання протягом 24 год, % за масою, не більше	2	-	2	2	2
Гнучкість на брусі з закругленням радіусом (5,0 ±0,2) мм за температури не вище мінус 15 °С	Не повинно бути тріщин на поверхні зразка				
Водонепроникність при тиску не менше 0,001 Мпа протягом не менше 72 год	На поверхні зразка не повинно бути		-		На поверхні зразка не повинно бути
Водонепроникність при тиску не менше 0,03 Мпа протягом не менше 10 хв	-		На поверхні зразка не повинно бути		На поверхні зразка не повинно бути
Паропроникність, $1 \cdot 10^{-12}$ кг/(м-с-Па)	-	-	-	0,03 – 0,3	0,03 – 0,3
Кольоростійкість, год, не менше	2	-	-	-	2
Особливості використання бітумно-полімерних мастик	улаштування зовнішньої гідроізоляції, нових покрівель; ремонт старих покрівель (із застосуванням армуючого шару зі скловолокна або склосітки); приклеювання бітумних рулонних матеріалів, пінополістиролу, покрівельної мінеральної вати, гнучкої черепиці; універсальний антикорозійний захист металевих поверхонь.				
<p><i>Примітка.</i> П – покрівельні; К – клеючі; Г – гідроізоляційні; Пі – пароізоляційні; У – універсальні/ Кольоростійкість визначають лише для кольорових мастик.</p>					

## Додаток 11.3

## Фізико-технічні показники бітумно-гумової мастики за типами

Назва показника	Значення показника мастики для типу				
		К	Г	Пі	У
Умовна міцність при розриві, МПа, не менше	0,5	-	0,5	0,5	0,5
Відносне подовження при розриві, %, не менше	100	-	100	100	100
Міцність зчеплення мастики з основою, Мпа, не менше:					
- із бетону	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
- зі сталі			0,1		0,1
Міцність зчеплення між шарами, МПа, не менше	-	0,1	-	-	0,1
Міцність на зсув клейового з'єднання, кН/м, не менше	-	0,1	-	-	0,1

Закінчення дод. 11.3

Водопоглинання протягом 24 год, % за масою, не більше	-	-	1	1	1
Гнучкість на брусі з закругленням радіусом (5,0 ± 0,2) мм за температури не вище мінус 5 °С	Не повинно бути тріщин на поверхні зразка				
Водонепроникність при тиску не менше 0,001 Мпа протягом не менше 72 год	На поверхні зразка не повинно бути		-		На поверхні зразка не повинно бути
Водонепроникність при тиску не менше 0,03 Мпа протягом не менше 10 хв	-		На поверхні зразка не повинно бути		На поверхні зразка не повинно бути
Паропроникність, $1 \cdot 10^{-12}$ кг/(м-с-Па)	-	-	-	0,03 – 0,3	0,03 – 0,3
Кольоростійкість, год, не менше	2	-	-	-	2
Особливості використання бітумно-гумових мастик	гідро - і пароізоляції перекриттів, стін, підлог, кам'яних і цегляних конструкцій, санвузлів, басейнів, резервуарів; влаштування м'якої покрівлі; герметизація стиків і неглибоких тріщин асфальту і бетону; захист рулонних покрівель від негативного впливу атмосферних явищ, хімічних речовин; універсальний антикорозійний захист металу (звукоізоляція кузовів автомобілів).				
<p><i>Примітка.</i> П – покрівельні; К – клеючі; Г – гідроізоляційні; Пі – пароізоляційні; У – універсальні</p> <p>Кольоростійкість визначають лише для кольорових мастик.</p>					

## Додатки до лабораторної роботи 12

### Додаток 12.1

Визначення марки виробу із пінополістиролу (EPS) за ДСТУ Б EN 13163:2012

Маркування виробів	Міцність при стиску при 10% лінійної деформації, кПа	Орієнтовна середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт теплопровідності Вт/(м К)	Міцність при згині , кПа
EPS S	-	до 10	0,047	50
EPS 30	30	10 – 11	0,044	50
EPS 50	50	11 – 12	0,042	75
EPS 60	60	13 – 14	0,040	100
EPS 60 Black	60	13 – 14	0,032	100
EPS 70	70	14 – 15	0,037	115
EPS 80	80	15 – 16	0,036	125
EPS 120	120	20 – 23	0,034	170
EPS 150	150	23 – 25	0,032	200

**Додатки до лабораторної роботи 13**

*Додаток 13.1*

**Основні технічні властивості виробів на основі деревини**

№	Найменування виробу з деревини	Основні технічні властивості	
		найменування	показники
1	ОСП-плита (OSB) (ДСТУ EN 300-2008)	Міцність при згині, Н/мм <sup>2</sup> Модуль пружності при згині, Н/мм <sup>2</sup> Міцність на розтяг, Н/мм <sup>2</sup> Середня густина, кг/м <sup>3</sup> Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	18 (товщина від >10 до <18мм) 2500 (товщина від >10 до <18мм) 0,28 (товщина від >10 до <18мм) 600 – 700 0,13
2	Фанера облицювальна загальної призначення	Середня густина, кг/м <sup>3</sup> Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	480 – 520 0,8
3	МДФ-плита (ДСТУ EN 323)	Середня густина (EN 323), кг/м <sup>3</sup> Допустиме відхилення за товщиною (EN 324-1), мм Допустиме відхилення по довжині та ширині (EN 324-1), мм Границя міцності при згині (EN 310), Н/мм <sup>2</sup> Розбухання за 24 год. (EN 317), % Вогнетривкість (EN 13501), клас Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	760 ± 0,2 ± 2,0 мм/м, макс. ± 5 мм 22 15 D-s2, d0 0,1 – 0,13
4	ДСП ламінована (ДСТУ EN 323)	Середня густина (ДСТУ EN 323), кг/м <sup>3</sup> Граничний відхил густини у середині плити (ДСТУ EN 323), % Границя міцності при згині (ДСТУ EN 310), Н/мм <sup>2</sup> Модуль пружності при згині (ДСТУ EN 310), Н/мм <sup>2</sup> Поперечна міцність на розтяг (ДСТУ EN 319), Н/мм <sup>2</sup> Міцність поверхні (ДСТУ EN 311), Н/мм <sup>2</sup> Вологість (ДСТУ EN 322), % Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	600 – 720 ±10 8,5 – 11 1200 – 1800 0,20 – 0,40 0,8 > 5 - < 13 0,10 – 0,15
5	ДВП	Коефіцієнт теплопровідності,	0,046 – 0,093

(ДСТУ EN 622-1, 622-2)	Вт/м•К Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	900 – 950 4 – 10
------------------------	--	---------------------

*Закінчення дод. 13.1*

		Допустима вологість при експлуатації, % Міцність при згині, Н/мм <sup>2</sup> Міцність на розтяг, Н/мм <sup>2</sup> Розбухання по товщині за 24 год., %	30 – 33 0,5 – 0,7 28 – 37
6	ХДФ	Середня густина, кг/м <sup>3</sup> Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м <sup>2</sup> К)	800 – 1000 0,9
7	Дерев'яний брус	Вологість, % Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м•К) Мінімальна усадка, % Електропровідність, Ом Границя міцності при розтягу, МПа Міцність під час статичного згинання, МПа Міцність під час сколювання, МПа	10 – 12 0,1 – 0,35 1 1013 – 1015 100 – 200 50 – 100 3 – 13
8	Пробкове покриття	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м•К) Індекс звукоізоляції, дБ/2мм Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	0,035 16 90 – 110
9	Термомодифікована деревина	Середня густина, кг/м <sup>3</sup> Міцність на згин, МПа Модуль еластичності, МПа Твердість за Бринелем Паропроникність, % Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м•К)	510 – 560 90 – 105 1400 – 14500 1,6 – 1,7 5 – 7 0,9 – 0,11
10	Ламінат	Середня густина, не менше, кг/м <sup>3</sup> Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м•К)	850 0,15
11	Арболіт	Теплоємність, кДж/кг °С Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м•°С) Середня густина, кг/м <sup>3</sup> Паропроникність, мг/(м год Па)	2,3 0,08 – 0,17 400 – 850 0,24
12	Фіброліт	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м•К) Коефіцієнт шумопоглинання Водопоглинання, % Середня густина, кг/м <sup>3</sup> Модуль пружності, МПа	0,06 – 0,17 0,8 40 – 50 250 – 1400 2000 12

	Міцність при згині, МПа Міцність при стиску, МПа	15
--	---	----

## Додатки до лабораторної роботи 14

### Додаток 14.1

#### Характеристика покрівельних матеріалів для скатних покрівель

Найменування виробу	Основні компоненти	Характеристики покрівельного виробу:		
		руйнівне навантаження при згині, МПа	маса 1 м <sup>2</sup> виробу, кг	термін експлуатації, роки
Керамічна черепиця	легкоплавкі глини	≤15	35..50	понад 50 р.
Цементно-піщана черепиця	портландцемент, кварцовий пісок	≤12	40..60	понад 35 р.
Металочерепиця	листи оцинкованої сталі	≤35	3..20	понад 20 р.
Профнастил	листи оцинкованої сталі	≤20	2,5..15	понад 20 р.
Полікарбонатний лист	полікарбонат	≤40		5..10 р.
Фіброцементна черепиця	портландцемент, фібра органічного неорганічного походження	≤25	40..60	понад 35 р.
Бітумно-полімерний лист (єврошифер)	Бітум, полімерні матеріали	≤8	3..10	5..10 р.
Бітумна черепиця	бітум	≤5	8..15	5..10 р.
Полімер-піщана черепиця	полімерні матеріали, кварцовий пісок	12..25	8..35	5..15 р.

Навчально-методичне видання

# **БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

Методичні рекомендації  
до виконання лабораторних робіт  
для здобувачів (першого бакалаврського рівня вищої освіти),  
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія», D1 «Облік і  
оподаткування», C1 «Економіка», D3 «Менеджмент», G1 «Хімічні  
технології та інженерія», D7 «Торівля»  
денної та заочної форм навчання

Укладачі: **Пушкарьова Катерина Костянтинівна,**  
**Кочевих Марина Олександрівна,**  
**Гончар Ольга Андріївна,**  
**Бондаренко Ольга Петрівна,**  
**Анопко Дмитро Віталійович,**  
**Цапко Олексій Юрійович,**  
**Каверин Костянтин Олександрович**

Випусковий редактор *Л. С. Тавлуй*  
Комп'ютерне верстання *К. А. Маєроді*

Підписано до друку 06.10.2025. Формат 60 x 84<sub>1/16</sub>  
Ум. друк. арк. 11,16. Обл.-вид. арк. 12,0.  
Електронний документ. Вид. № 59/III-25

Видавець і виготовлювач:  
Київський національний університет будівництва і архітектури

Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002