



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Кафедра технології будівельних виробів і  
матеріалознавства

**03-09-27**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторних робіт із навчальної дисципліни  
**«Будівельне матеріалознавство»** для здобувачів вищої  
освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю

192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(денна та заочна форми навчання)

Рекомендовано  
науково-методичною  
комісією  
зі спеціальності  
192 «Будівництво та  
цивільна інженерія»  
Протокол № 1 від  
25.10.2018 р.

Рівне – 2018



Методичні вказівки до лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Будівельне матеріалознавство» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форм навчання / Житковський В. В., Ковалик І. В. – Рівне : НУВГП, 2018. - 98 с.

Укладачі: В. В. Житковський, канд. техн. наук, доцент кафедри технології будівельних виробів та матеріалознавства; І. В. Ковалик, канд. техн. наук, ст. викладач кафедри технології будівельних виробів та матеріалознавства.

Відповідальний за випуск – Л. Й. Дворкін, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів та матеріалознавства.

© В. В. Житковський,  
Ковалик І.В., 2018  
© НУВГП, 2018



## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1. Лабораторна робота №1. (3 год)</b> .....	5
<b>2. Лабораторна робота №2. (2 год)</b> .....	9
<b>3. Лабораторна робота №3. (2 год)</b> .....	16
<b>4. Лабораторна робота №4. (2 год)</b> .....	19
<b>5. Лабораторна робота №5. (2 год)</b> .....	25
<b>6. Лабораторна робота №6. (2 год)</b> .....	32
<b>7. Лабораторна робота №7. (2 год)</b> .....	34
<b>8. Лабораторна робота №8. (3 год)</b> .....	43
<b>9. Лабораторна робота №9. (2 год)</b> .....	48
<b>10. Лабораторна робота №10. (2 год)</b> .....	52
<b>ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ</b> .....	55
<b>ДОДАТКИ</b> .....	58
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	98



## ВСТУП

Методичні вказівки до лабораторних робіт із навчальної дисципліни “Будівельне матеріалознавство” для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форм навчання складені згідно з освітньо-професійною програмою навчальної дисципліни “Будівельне матеріалознавство”.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є формування теоретичних знань щодо зв'язків між складом структурою та властивостями будівельних матеріалів, закономірностей їх змінювання під зовнішнім впливом, а також отримання практичних навичок встановлення необхідних властивостей будівельних матеріалів та раціонального вибору їх видів.

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна «Будівельне матеріалознавство» є складовою частиною циклу дисциплін для професійної та практичної підготовки бакалаврів за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія». Вивчення курсу передбачає наявність систематичних та ґрунтовних знань із базових дисциплін – «Вища математика», «Фізика», «Хімія». Знання і навички, отримані при вивченні дисципліни використовуються студентами при вивченні основних професійних дисциплін «Опір матеріалів», «Будівельна механіка», «Будівельні конструкції», «Організація будівництва».

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

### Структурно-фізичні властивості будівельних матеріалів

#### Дослід 1. Визначення густини

#### а/ Визначення середньої густини зразків правильної геометричної форми

**Середня густина** – маса одиниці об'єму матеріалу, включаючи пори і пустоти.

Середню густину визначають на зразках правильної геометричної форми з мінімальним розміром 50 мм. Середню густину визначають не менше ніж на трьох зразках. Зразки очищають від пилу і висушують до постійної маси в електрошафі при температурі  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  і зважують. Об'єм зразків визначають за їх геометричними розмірами. Для визначення кожного лінійного розміру зразок вимірюють в трьох місцях – по ребрах і середині грані. За остаточний результат приймають середнє арифметичне значення трьох вимірів.

Діаметр зразка циліндричної форми обчислюють як середнє арифметичне чотирьох розмірів, що одержані вимірюванням двох взаємно перпендикулярних діаметрів на кожній паралельній площині циліндра. Висоту зразка циліндричної форми обчислюють як середнє арифметичне значення чотирьох вимірів – по два виміри на взаємно перпендикулярних площинах, що перетинають циліндр за його вертикальною віссю.

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

$$\rho_{0,i} = \frac{m}{V} \cdot 1000, \quad (1.1)$$

де  $m$  – маса зразка, висушеного до постійної маси, г;  $V$  – об'єм зразка,  $\text{см}^3$ .



Середню густину зразків ( $\rho_0$ ) визначають як середнє арифметичне результатів визначень середньої густини усіх окремих зразків з точністю до  $10 \text{ кг/м}^3$ .

Вихідні дані і результати визначення середньої густини зразків заносять в журнал випробувань за формою, яка наведена в додатку.

### **б/ Визначення середньої густини зразків неправильної геометричної форми**

Середню густину пористих матеріалів визначають на парафінованих зразках. Зразки висушують до постійної маси в електрошафі при температурі  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  і зважують. Парафінування проводять зануренням зразка в розплавлений при температурі  $80 \pm 5^\circ\text{C}$  парафін. Пухирці або тріщини, які утворюються на парафіновій плівці, видаляють гарячою голкою. Утворена на поверхні зразка плівка парафіну повинна мати товщину близько 1 мм. Парафінований зразок зважують на звичайних лабораторних терезах. Визначають масу і об'єм парафіну на зразку. Далі наливають у мірний циліндр визначену кількість води та занурюють парафінований зразок. Приріст об'єму рідини відповідає об'єму зразка (парафінованого) в  $\text{см}^3$ .

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

$$\rho_{0,i} = \frac{m}{\frac{m_v}{\rho_v} - \frac{m_n - m}{\rho_n}} \cdot 1000, \quad (1.2)$$

де  $m$  – маса зразка, висушеного до постійної маси, г;  $m_v$  – маса води, витісненої зразком, г;  $m_n$  – маса парафінованого зразка, г;  $\rho_n$  – густина парафіну, яку приймають рівною  $0,93 \text{ г/см}^3$ .

Середню густину зразків ( $\rho_0$ ) визначають як середнє



арифметичне результатів визначень середньої густини усіх окремих зразків.

Вихідні дані і результати визначення середньої густини зразків неправильної форми заносять в журнал випробувань за формою, яка наведена в додатку.

### в/ Визначення дійсної густини

Засоби випробування і допоміжні пристрої: електрошафа сушильна, терези, ексікатор, пікнометри місткістю 50...100 мл, ступка фарфорова з товкачиком, сита з сіткою №0,063, баня водяна або піщана, вода дистильована.

**Дійсна (істинна) густина** – маса одиниці об'єму матеріалу в абсолютно щільному стані.

Дійсну густину визначають на пробі, яка відібрана не менше ніж від трьох зразків. Приготовлену порошкоподібну пробу подрібнюють до повного проходження через сито з сіткою № 0,063 і висушують до постійної маси. Визначення проводять паралельно на двох наважках масою близько 10 г. Відібрану наважку висипають в чистий, висушений і попередньо зважений пікнометр. Пікнометр зважують разом з порошком, який випробовується, потім наливають в нього воду в такій кількості, щоб він був заповнений приблизно на 50% об'єму. Для видалення повітря із порошку пікнометр із вмістом кип'ятять протягом 15...20 хв. на водяній або піщаній бані. Після видалення повітря пікнометр заповнюють водою до мітки і зважують. Після зважування пікнометр звільняють від вмісту, промивають, заповнюють водою до мітки і знову зважують.

Дійсну густину наважки ( $\rho_i$ ) в  $\text{г/см}^3$  обчислюють за формулою:



$$\rho_1 = \frac{(m_2 - m_1)\rho_v}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)}, \quad (1.3)$$

де  $m_1$  – маса пікнометра, г;  $m_2$  – маса пікнометра з наважкою, г;  $\rho_v$  – густина води (приймається рівною  $1,0 \text{ г/см}^3$ );  $m_3$  – маса пікнометра з наважкою і водою, г;  $m_4$  – маса пікнометра з водою, г.

Дійсну густину зразків ( $\rho$ ) визначають, як середнє арифметичне значення результатів випробування двох наважок проби з точністю до  $0,01 \text{ г/см}^3$ . Розбіжність між результатами паралельних визначень не повинна бути більшою  $0,02 \text{ г/см}^3$ .

Вихідні дані і результати визначення дійсної густини зразків заносять в журнал випробувань за формою, яка наведена в додатку.

### г/ Визначення насипної густини

Для визначення густини сипучих матеріалів, наприклад, піску чи щебеню, застосовують метод зважування визначеного відомого об'єму сипучого матеріалу. Таку густину називають **насипною**.

При визначенні насипної густини дрібнозернистих матеріалів застосовують мірний циліндр об'ємом 1 л, а для крупнозернистих беруть мірні циліндри об'ємом 5 л та більше, залежно від крупності зерен. Визначення ведуть таким чином: із спеціальної лійки або просто із совка з визначеної висоти насипають матеріал в попередньо зважений циліндр визначеного об'єму таким чином, щоб у ньому був деякий надлишок матеріалу, який знімають металевією лінійкою врівень з краєм циліндру. Потім циліндр, наповнений матеріалом, зважують. Насипну густину визначаємо за формулою:

$$\rho_n = m/V \quad (1.4)$$





Результати заносять в журнал випробувань за формою, яка наведена в додатку.

#### **д/ Визначення пористості, міжзернової пустотності та коефіцієнта щільності**

**Пористість** – ступінь насиченості матеріалу повітряними включеннями (порами).

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

Для визначення пористості та міжзернової пустотності застосовують експериментально-розрахунковий метод, використовуючи попередньо визначенні дослідним шляхом значення густини, які входять у формулу визначення пористості. Міжзернову пустотність визначають для сипучих матеріалів, при цьому середню густину матеріалу беруть у насипному стані.

**Коефіцієнт щільності** характеризує ступінь заповнення об'єму матеріалу твердою речовиною. Розрахункові формули:

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

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2**

### **Гідрофізичні властивості будівельних матеріалів**

#### **Дослід 1. Визначення змочуваності**

Мірою змочуваності є **крайовий кут**  $\theta$ , який утворюється краплею рідини на твердій поверхні (рис. 2.1)

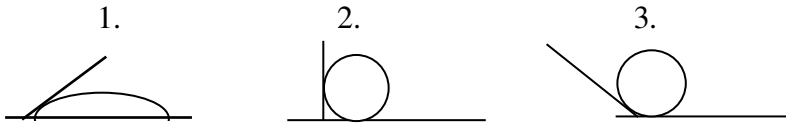


Рис. 2.1. Краєві кути: 1 – змочування ( $\theta < 90^\circ$ ); 2 – перехідний випадок ( $\theta = 90^\circ$ ); 3 – незмочування ( $\theta > 90^\circ$ ).

Властивість матеріалу змочуватись водою називається **гідрофільністю**, не змочуватись – **гідрофобністю**.

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

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

Для в'язучих матеріалів (цементу, вапна і т.п.) змочуваність можна визначити часом наявності краплі на рівній поверхні порошку. Для гідрофобного в'язучого вода повинна залишатися у вигляді краплі не менше 5 хв. Для визначення гідрофобності цементу також застосовують метод професора М.І.Хігеровича.



**1 метод.** У склянку, наповнену водою, поступово насипають тонкий шар (2...3 г) цементу. Гідрофобний цемент повинен утворювати на поверхні води плівку.

**2 метод.** У суху склянку насипають гідрофобний цемент і заливають водою або швидко висипають його у воду. Через 5...10 хв. воду зливають; гідрофобний цемент повинен залишатися сухим та сипучим. Результати записують у робочий журнал.

## ***Дослід 2. Визначення водопоглинання*** **а/ Визначення водопоглинання у воді при температурі $20\pm 5^{\circ}\text{C}$**

Засоби випробування та допоміжні пристрої: посудина з ґратками, електрошафа сушильна з автоматичним регулюванням температури в межах  $40\pm 5^{\circ}\text{C}$  і  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ , терези.

**Водопоглинання** – здатність матеріалу всмоктувати й утримувати вологу при безпосередньому стиканні з водою. Дослідні зразки висушують до постійної маси в електрошафі при температурі  $105\pm 5^{\circ}\text{C}$  і зважують. Зразки на основі або із застосуванням гіпсу висушують до постійної маси при температурі  $40\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

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



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

де  $m_1$  – маса зразка, насиченого водою, г;  $m$  – маса зразка, висушеного до постійної маси, г.

#### **б/ Визначення водопоглинання в киплячій воді**

Зразки укладають в посудину з водою так як у попередньому досліді, нагрівають до температури кипіння води (приблизно протягом 1 год.), кип'ять на протязі 4 год. У процесі кип'ятіння воду доливають так, щоб зразки весь час випробування були покриті водою. Потім зразки залишають у воді на 16...24 год. для охолодження до температури повітря в приміщенні. Далі випробування проводять як у попередньому досліді.

#### **в/ Визначення водопоглинання прискореним способом**

Водопоглинання можна визначити прискореним способом – методом поступового занурення зразків у воду на 1/4; 1/2; 3/4 висоти та на повну висоту + 2 см. Час витримування зразків після кожного занурення складає 5 хв. Зразки після кожного занурення обережно обтирають та зважують. Визначають водопоглинання за масою та за об'ємом за формулами:

$$W_m = \frac{m_n - m_c}{m_c} \cdot 100\% ; W_0 = \frac{m_n - m_c}{V} \cdot 100\% = W_m \cdot \rho_0 , \quad (2.2)$$

де  $m_n$ ,  $m_c$  – відповідно маса матеріалу в насиченому водою стані та сухого матеріалу, г;  $V$  – об'єм матеріалу,  $\text{см}^3$ ;  $\rho_0$  – середня густина,  $\text{г}/\text{см}^3$ .



Результати дослідів записують в робочий журнал, де також будують графік залежності маси води, яку поглинув зразок при кожному зануренні, від часу насичення.

### *Дослід 3. Визначення водостійкості*

**Водостійкість** – здатність матеріалу зберігати фізико-механічні властивості в насиченому водою стані; оцінюється відношенням міцності насиченого водою матеріалу до його міцності в сухому стані і характеризується значеннями, які перевищують 0,8. Критерієм водостійкості є коефіцієнт розм'якшення або водостійкості:

$$K_p = R_n / R_c, \quad (2.3)$$

де  $R_n$  – межа міцності на стиск насиченого водою зразка;  
 $R_c$  – межа міцності на стиск сухого зразка.

Результати дослідів записують у робочий журнал.

### *Дослід 4. Визначення водонепроникності*

**Водонепроникність** – здатність матеріалу не пропускати воду при заданому тиску за встановлений час.

Існує три групи методів визначення водонепроникності, оснований на:

- визначенні тиску води, який витримує зразок на протязі встановленого часу без появи ознак фільтрації;
- визначення часу, необхідного для проходження через зразок визначеної кількості води при визначеному та постійному тиску;
- визначення кількості води, яка просочилася через зразок за певний час при встановленому тиску.

Для зміни гідростатичного тиску використовують прилад, який працює за законом сполучених посудин. Зразок рулонного матеріалу поміщують в об'єм приладу між резиновими прокладками та встановлюють нульовий рівень на шкалі. Після цього в скляну трубку наливають



воду до рівня 0,1 м та витримують на протязі 5 хв., потім збільшують тиск на 0,1 м водяного стовпа через кожні 5 хв. до тих пір, доки на поверхні зразка не з'являться крапельки рідини. Водонепроникність відповідає максимальному тиску, при якому не з'являються ознаки фільтрації води через зразок. Для покрівельного руберойду водонепроникність повинна бути не меншою 0,07 МПа, пергаменту - 0,05 МПа, поліетилену - більшою 0,5 МПа. Результати досліду записують в робочий журнал.

### *Дослід 5. Визначення морозостійкості*

**Морозостійкість** – здатність матеріалів витримувати за конкретних умов певну кількість циклів попереминого заморожування і розмерзання у межах, встановлених нормативними документами.

Оцінка морозостійкості проводиться за зовнішнім виглядом (ступенем пошкодження) і (або) втратою міцності на стиск, та (або) втратою маси відповідно до вимог діючих нормативних документів на вироби і матеріали конкретних видів. Для визначення морозостійкості відбирають або виготовляють три - п'ять контрольних та стільки ж основних зразків для кожної марки за морозостійкістю, що перевіряється. Контрольні зразки перед випробуванням на міцність, а основні зразки перед заморожуванням насичують водою. Контрольні зразки не пізніше 2 год після виймання із ванни випробовують на стиск. Основні зразки завантажують у морозильну камеру. Початком заморожування вважають момент встановлення у камері температури мінус 16°C. Тривалість одного заморожування зразків при температурі повітря у камері мінус 18±2°C повинна бути не меншою:

- 2 год. – для плит завтовшки до 25 мм;
- 4 год – для плит завтовшки більше 25 мм, порожнистих каменів і цегли усіх видів.



Зразки після заморожування відтають у ванні з водою при температурі  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ . Тривалість одного відтавання повинна бути не меншою половини тривалості заморожування. При проведенні випробувань на морозостійкість зразки оглядають через кожні 5 циклів, якщо вимагається 15 і 25 циклів поперемінного заморожування і відтавання, і через кожні 10 циклів при 35 і більше циклів безпосередньо після їх відтавання. При цьому контролюють стан зразків: руйнування, появу тріщин, відколів, злуцнення поверхні, викришування, розшарування. При появі видимих пошкоджень випробування припиняють і в журналі випробувань роблять запис про те, що зразки не відповідають потрібній марці за морозостійкістю. При оцінці морозостійкості за втратою маси після проведення потрібного числа циклів випробувань зразки із природного каменю і керамічних матеріалів висушують до постійної маси, а зразки з інших матеріалів зважують відразу після відтавання. При оцінці морозостійкості за втратою міцності на стиск основні зразки після проведення потрібного числа циклів випробувань випробовують на стиск. Втрату маси зразка ( $\Delta m$ ) у відсотках обчислюють за формулами:

- для зразків із керамічних матеріалів і природного каменю:

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100\% ; \quad (2.4)$$

- для зразків з інших матеріалів:

$$\Delta m = \frac{m_3 - m_2}{m_2} \cdot 100\% , \quad (2.5)$$

де  $m$  – маса зразка, висушеного до постійної маси, г;  $m_1$  – маса зразка, висушеного до постійної маси, після потрібного числа циклів випробувань, г;  $m_2$  – маса зразка,



насиченого водою, г;  $m_3$  – маса зразка, насиченого водою, після потрібного числа циклів випробувань, г.

Втрату міцності ( $\Delta R$ ) зразків на стиск у відсотках обчислюють за формулою:

$$\Delta R = \frac{R_K - R_C}{R_K} \cdot 100\% , \quad (2.6)$$

де  $R_K$  – середнє арифметичне значення границі міцності на стиск контрольних зразків, МПа;  $R_C$  – середнє арифметичне значення границі міцності на стиск основних зразків після потрібного числа циклів випробувань.

Результати випробувань заносять у робочий журнал.

Для прискореної оцінки морозостійкості матеріалу застосовують циклічні випробування в насиченому розчині сірчанокислого натрію з наступним висушуванням при температурі 100...105°C. Тривалість насичення розчином на протязі першого циклу складає 20 год., наступних – 4 год., тривалість висушування – 4 год. За показник стійкості приймають втрату маси висушених зразків, попередньо промитих гарячою водою для видалення сірчанокислого натрію. Зваживши матеріал після випробування в розчині сірчанокислого натрію і визначивши процент втрат, порівнюють отримані результати з табличними даними та роблять висновок про морозостійкість матеріалу.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

### Визначення якості керамічних виробів

#### *Дослід1. Оцінка якості цегли по зовнішньому огляду і обміру*

Зовнішнім оглядом встановлюють наявність недопалу чи перепалу в контрольній цеглі, для чого порівнюють відібрані зразки з еталоном (нормально випалена цегла). Більш світлий колір цегли за еталоном (“яскраво-червона” цегла) та глухий звук при ударі по





цеглі молотком на наявність недопалення. Перепалена цегла характеризується оплавленням та вспученням, має бурий колір і, як правило, викривлення. Після зовнішнього огляду вимірюють довжину, ширину і товщину цегли, а також визначають скривлення поверхонь і ребер, наявність та довжину тріщин.

Класифікація виробів залежно від середньої густини наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Класифікація стінової кераміки за середньою густиною

Група виробів	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Теплопровідність, Вт/мК
Ефективні		
Цегла	Не більше 1400	Не більше 0,46
Камені	Не більше 1450	
Умовно ефективні		
Цегла	Від 1400 до 1600 включно	Від 0,46 до 0,58 включно
Камені	Від 1450 до 1600 включно	
Звичайна цегла	Більше 1600	Більше 0,58

Класифікація виробів залежно від розмірів наведена в табл. 3.2.

Лицьові вироби повинні мати дві лицьові поверхні – ложкову та поперечникову. За погодженням із споживачем допускається випускати вироби з однією лицьовою поверхнею.

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



Таблиця 3.2.

Класифікація стінової кераміки за розмірами

№ п/п	Тип виробу	Номінальні розміри, мм за			Коефіцієнт перерахунку на умовну цеглу
		Довжиною	шириною	товщиною	
1	Цегла звичайних розмірів (умовна)	250	120	65	1,00
2	Цегла потовщена	250	120	88	1,35
3	Цегла модульних розмірів	288	138	63	1,28
4	Цегла модульних розмірів потовщена	288	138	88	1,79
5	Цегла потовщена з горизонтальним розташуванням пустот	250	120	88	1,35
6	Камінь звичайних розмірів	250	120	138	2,12
7	Камінь модульних розмірів	288	138	138	2,81
8	Камінь модульних розмірів укрупнений	288	288	88	3,74
9	Камінь укрупнений	250	250	138	4,42
10	Камінь укрупнений з горизонтальним розташуванням пустот	250	250	120	3,85

**Примітка.** Визначення середньої густини і теплопровідності проводять на виробих, які висушені до постійної маси.

Колір, рисунок рельєфу і інші показники зовнішнього вигляду лицьової поверхні виробів повинні відповідати



затвердженому в установленому порядку або погодженому із споживачем зразку-еталону.

Загальна кількість рядових виробів з дефектами, що перевищують допустимі (наведені вище), включаючи парний половняк, не повинна бути більше 5%. Парним половняком вважають вироби, що складаються із парних половинок або мають тріщини більше допустимих ДСТУ Б В.2.7-61-97.

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

Відхилення від номінальних розмірів і показників зовнішнього вигляду виробів не повинні перевищувати на одному виробі величин зазначених в ДСТУ Б В.2.7-61-97. Результати дослідів записують в робочий журнал.

### *Дослід 2. Визначення марки цегли*

Марку цегли за міцністю встановлюють за значенням границь міцності на стиск і згин, каменю – тільки на стиск відповідно до таблиці 9.4.

Випробовують по 5 шт. зразків на стиск і на згин. Середнє значення межі міцності визначають як середнє арифметичне. Також записують мінімальний результат випробувань. Результати дослідів порівнюють з вимогами ДСТУ Б В.2.7-61-97.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4**

### **Властивості повітряних в'язучих**

#### *Дослід 1. Визначення тонкості помелу*

**Тонкість помелу** – характеристика дисперсності матеріалу після помелу, яка виражена масовою часткою у



відсотках залишку порошку на одному або кількох контрольних ситах чи величиною питомої поверхні порошку.

Для досліду беруть наважку гіпсу масою 50 г, попередньо висушеного на протязі однієї години при температурі  $50 \pm 5^\circ\text{C}$  і зваженого з точністю до 0,1 г. Наважку висипають на сито № 02 і просівають. Просіювання вважають закінченим, якщо крізь сито на протязі 1 хв. проходить не більше 0,05 г гіпсу.

Після просіювання залишок на ситі зважують і тонкість помелу визначають у відсотках, як відношення маси гіпсу, що залишився на ситі, до маси його початкової наважки. За величину тонкості помелу приймають середнє арифметичне результатів двох визначень. Результати заносяться в журнал випробувань за формою, яка наведена в додатку.

## **Дослід 2. Визначення нормальної густини гіпсового тіста**

**Нормальною густиною (НГ) тіста** умовно називають таку його консинстенцію, при якій тісто має певні пластично-в'язкі властивості, регламентовані стандартом для даного в'язучого. Нормальна густина – величина, що визначає кількість води замішування у відсотках від маси гіпсу або в частках одиниці, яка потрібна для отримання гіпсового тіста стандартної консистенції:

$$НГ = (В/Г) \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

де В – витрата води, г; Г – маса наважки гіпсу, г.

Для визначення нормальної густини тіста використовують віскозиметр Суттарда, який складається із металевого циліндра висотою 100 мм і внутрішнім діаметром 50 мм та скляної пластинки з концентричними колами від 150 мм до 220 мм.

Для досліду беруть наважку будівельного гіпсу масою 300 г, висипають у чашку, де знаходиться 150 г



води (починають працювати з водогіпсового відношення 0,5). Масу перемішують протягом 30 с, починаючи відлік часу від моменту всипання в'язучого у воду. Після закінчення перемішування циліндр, який встановлюють в центрі скла, заповнюють гіпсовим тістом (циліндр і скло попередньо протирають вологою ганчіркою). Надлишок тіста в циліндрі зрізують. Через 45 с після моменту всипання в'язучого у воду циліндр швидко піднімають вертикально на висоту 15...20 см і відводять в бік. Діаметр розпливу тіста вимірюють відразу після підняття циліндра, в двох перпендикулярних напрямках з похибкою не більше 5 мм і визначають, як середнє арифметичне. Якщо діаметр розпливу не дорівнює  $180 \pm 5$  мм, то випробування повторюють з іншою кількістю води до одержання необхідної консистенції тіста. Результати випробувань заносять у журнал за формою, яка наведена в додатку.

### **Дослід 3. Визначення строків тужавлення гіпсового тіста**

Для випробувань використовують прилад Віка. При визначенні строків тужавлення кільце і пластинку приладу попередньо змащують машинним маслом.

Для дослідів беруть наважку гіпсу масою 200 г, готують тісто нормальної густини, відмічаючи момент всипання в'язучого у воду. Тісто заливають у кільце приладу. Для видалення бульбашок повітря з тіста кільце з пластинкою струшують 4...5 разів, далі зрізають надлишок тіста і ставлять кільце з тістом під голку приладу. За допомогою рухомого стержня голку опускають до зіткнення з поверхнею тіста в центрі кільця. Закріплюють стержень і через кожні 30 с вимірюють глибину занурення голки в тісто. Голку кожного разу опускають так, щоб вона потрапляла в інше місце.

**Початок тужавлення** – це час від початку замішування в'язучого водою до моменту, коли вільно



опущена голка перший раз не доходить до дна на 1...2 мм.

**Кінець тужавлення** – це час від початку замішування в'язучого водою до моменту, коли вільно опущена голка зануриться в тісто на глибину не більшу 1 мм.

Час початку і кінця тужавлення виражають у хвилинах. Результати випробувань заносяться у журнал за формою, яка наведена в додатку.

#### ***Дослід 4. Визначення марки будівельного гіпсу***

Для виконання дослідів формують 3 зразки-балочки розміром 40×40×160 мм з тіста нормальної густини. Витрата гіпсу на одну форму (три зразки) становить 1,1 кг. Готують тісто нормальної густини, виливають його у форму, попередньо змащену машинним маслом, комірки форми заповнюють одночасно. Для видалення бульбашок повітря форму з тістом струшують. Залишки гіпсового тіста знімають лінійкою або ножем. Через 15±5 хв після закінчення тужавлення зразки виймають з форми і зберігають до випробувань. Через 2 год. після виготовлення за допомогою приладу "МІІІ-100" визначають межу міцності трьох балочок на згин, а одержані шість половинок використовують для визначення межі міцності на стиск на гідравлічному електричному пресі.

Межа міцності на стиск (МПа) дорівнює  $R_{cm} = 0,1P/F$ , де P – руйнівна сила, кгс; F – площа пластинки, F=25см<sup>2</sup>.

Результати випробувань заносять у журнал за формою, яка наведена в додатку. За результатами випробувань роблять висновки про марку гіпсу.



## Дослід 5. Визначення сумарного вмісту активних CaO і MgO у вапні

Визначення сумарного вмісту активних CaO + MgO виконують титруванням наважки вапна соляною кислотою HCl до тих пір, поки всі активні частинки лугів CaO + MgO не будуть нейтралізовані кислотою. Для цього негашене грудкове вапно в кількості 4...5 г попередньо розтирають на протязі 5 хв. у ступці. Розтерте вапно в кількості 1 г засипають у конічну колбу ємкістю 250 мл, наливають 150 мл дистильованої води, додають 3...5 кусочків скляних палочок (довжиною 5...7 мм), закривають склянню воронкою і нагрівають вміст колби на протязі 5...7 хв., не доводячи до кипіння. Після охолодження до 20...30°C в розчин додають 2...3 краплі однопроцентного спиртного розчину фенолфталеїну і титрують при постійному збовтуванні розчином 1N HCl до повного обезбарвлення вмісту. Титрування вважають закінченим, якщо через 8 хв. не змінюється колір забарвлення вмісту колби. Титрування проводять повільно, додаючи кислоту краплями.

Вміст активних CaO + MgO (A) обчислюють за формулою:

$$A = \frac{V \cdot T_{CaO} \cdot 100}{m_b}, \quad (4.2)$$

де V – об'єм розчину 1N соляної кислоти, використаний на титрування, мл;  $T_{CaO}$  – титр 1N розчину соляної кислоти, виражений в грамах CaO;  $m_b$  – маса наважки вапна, г.

Вміст активних оксидів кальцію і магнію в повітряному негашеному вапні повинен бути не менший 90% для вапна першого сорту, не менший 80% для вапна другого сорту, не менший 70% для вапна третього сорту.

Результати випробувань заносять в журнал за формою, яка наведена в додатку.



### ***Дослід 6. Визначення температури і часу гасіння вапна***

Для визначення температури і часу гасіння вапна використовують прилад, який працює за принципом побутового термоса, ємкістю 500 мл і термометр на 100°C, встановлений у корок термосу. Масу наважки вапна розраховують за формулою:

$$m = 1000/A, \quad (4.3)$$

де А – вміст активних СаО + MgO у вапні, %.

З навчальною метою масу наважки беруть 10...20 г, наважку розміщують в посудині Дюара, вливають 20...40 мл води і швидко все перемішують. Посудину закривають корком з встановленим термометром на 100°C і залишають у спокої. Ртутна кулька термометра повина бути повністю занурена в реагуючу суміш. Відрахунок температури реагуючої суміші ведуть через кожну хвилину, починаючи з моменту вливання води. Визначення рахується закінченим, якщо на протязі 4 хв. температура не піднімається на 1°C. За час гасіння приймають час з моменту вливання води до початку періоду, коли ріст температури не перевищує 0,25°C за хвилину.

По часу гасіння розрізняють вапно, яке гаситься швидко (час гасіння до 8 хв.), вапно, яке гаситься середньо (від 8 хв. до 25 хв.), вапно, яке гаситься повільно (більше 25 хв.).

Результати випробувань заносять в журнал за формою, яка наведена в додатку.

### ***Дослід 7. Визначення вмісту непогашених зерен***

Вміст непогашених зерен визначають за прискореним методом. Вапняне тісто, отримане при визначенні часу гасіння вапна (дослід 6), розбавляють холодною водою до консинстенції вапняного молока і промивають на ситі з сіткою № 063. Залишок на ситі





висушують при температурі 140...150°C до постійної маси ( $m_i$ ). Вміст непогашених зерен (Н.З.) вираховують за формулою:

$$Н.З. = (m_i/m) \cdot 100\%, \quad (4.4)$$

де  $m$  – маса негашеного вапна.

Вміст непогашених зерен для негашеного вапна першого сорту повинен бути не більшим 7%, другого – 11%, третього – 14%.

Результати випробувань заносять в журнал за формою, яка наведена в додатку.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

### Властивості портландцементу

#### *Дослід 1. Визначення тонкості помелу цементу ситовим методом*

Основним показником тонкості помелу цементу є залишок на ситі №008 (з розміром комірки 0,08×0,08 мм). Цемент із залишком на ситі №008 більшим 15% рахують браком, оскільки грубі частинки розміром більше 80...100 мкм взаємодіють з водою дуже повільно і знижують міцності показники в'язучого.

В роботі використовуються сита №008 і №02. Наважку висушеного цементу в кількості 50 г (точність зважування 0,01 г) переносять на сито №02, розміщене на ситі №008, а під нього підставляють піддон, набір сит накривають кришкою. Цемент розсіюють, використовуючи механічний струшувач або вручну. На ситах і піддоні залишаються фракції 200 мкм, 80...200 мкм і < 80 мкм. Через 5...7 хв. після початку струшування зважують залишок на ситі №02. Просіювання можна закінчити, коли на протязі 1 хв. при ручному струшуванні на кальку (без піддона) через сито №008 проходить не більше 0,05 г цементу. Тонкість помелу цементу  $T_{008}$  (%) визначається з



точністю до 0,1% як відношення залишку на ситі №008 до початкової маси проби:

$$T_{008} = \frac{m_{008} \cdot 100}{m_0} \quad (5.1)$$

де  $m_{008}$  – залишок на ситі №008, г;  $m_0$  – маса вихідної наважки цементу, г.

### ***Дослід 2. Визначення нормальної густини цементного тіста***

Нормальна густина цементного тіста визначається за допомогою приладу Віка, при цьому в нижню частину стержня приладу вставляють металевий товкачик  $\varnothing 10 \pm 0,1$  мм.

**Нормальною густиною** цементного тіста рахують таку консистенцію його, при якій товкачик приладу Віка, занурений в кільце, заповнене тістом, не доходить на 5...7 мм до пластинки, на якій розміщене кільце.

Нормальну густина цементного тіста характеризують кількістю води замішування, вираженою у відсотках від маси цементу. Цей показник для портландцементу коливається в межах 24...30%.

Для приготування цементного тіста відважують 300 г цементу, засипають в чашу, попередньо протерту вологою тканиною. Потім у цементі роблять заглиблення, в яке вливають за один прийом воду в кількості, приблизно необхідній для отримання цементного тіста нормальної густини. Заглиблення засипають цементом і через 30 секунд після додавання води спочатку обережно перемішують, а потім енергійно розтирають тісто лопаткою.

Тривалість перемішування і розтирання складає 5 хв. з моменту додавання води.

Перед початком випробувань перевіряють, чи вільно опускається стержень приладу Віка, а також записують



нульовий показник приладу при дотиканні товкачика до пластинки, на якій розміщене кільце. Кільце і пластинку перед початком випробовувань змащують тонким шаром машинного масла.

Приготоване цементне тісто вкладають у кільце за один прийом і 5...6 разів струшують, постукуючи по твердій основі. Поверхню тіста вирівнюють з краями кільця, зрізуючи надлишок його ножем, протертим вологою тканиною. Негайно після цього приводять товкачик приладу в дотик з поверхнею тіста в центрі кільця і закріплюють стержень стопорним пристроєм.

Потім звільняють стержень і дають можливість товкачику вільно занурюватись у цементне тісто на протязі 30 секунд, після цього проводять відлік глибини занурення по шкалі. Кільце з тістом під час відліку не повинне піддаватись поштовхам.

Дослід повторюють до тих пір, доки не буде досягнута така глибина занурення товкачика, яка відповідає нормальній густині. При цьому кожен раз готують нову порцію цементного тіста. Результати випробувань заносять у журнал.

### ***Дослід 3. Визначення строків тужавлення***

Дослід проводять за допомогою приладу Віка, в якому товкачик замінюють голкою  $\varnothing 1,1 \pm 0,04$  мм, Голка повинна бути виготовлена із сталюого нержавіючого дроту. Перед початком випробувань перевіряють, чи вільно опускається голка приладу Віка, а також записують нульовий показник приладу при дотиканні голки до пластинки, на якій розміщене кільце.

За результатами попереднього дослідю виготовляють тісто нормальної густини, заповнюють ним кільце, яке розміщують під голкою приладу. Голку приводять в дотик з тістом, закріплюють стержень стопором, потім звільняють його, даючи можливість голці вільно занурюватись у тісто



на протязі 30 секунд, потім роблять відлік за шкалою. Занурення проводять через кожні 10 хв., пересуваючи кільце кожен раз так, щоб голка не потрапляла на попереднє місце. Після кожного занурення голку витирають. Результати випробувань заносять в журнал.

**Початком тужавлення** цементного тіста рахують час, який пройшов від початку замішування (моменту додавання води) до того моменту, коли голка приладу Віка не доходить до пластинки на 2...4 мм.

**Кінцем тужавлення** цементного тіста рахують час від початку замішування до моменту, коли голка занурюється в тісто не більше ніж на 1...2 мм.

На строки тужавлення цементного тіста впливають різноманітні добавки, які використовують при виготовленні цементу або бетонної суміші (наприклад, прискорювачі тужавлення – солі-електроліти: хлорид кальцію, сульфати натрію і алюмінію, поташ, селітра).

Початок тужавлення всіх типів цементу марок 300, 400 і 500 повинен наставати не раніше 60 хв., марок 550 і 600 – не раніше 45 хв., а кінець – не пізніше 10 год. від початку замішування.

#### ***Дослід 4. Виготовлення зразків для визначення марки цементу***

Марка цементу визначається в результаті випробувань зразків-балочок у віці 28 діб розміром 40×40×160 мм на згин і утворених при цьому їх половинок на стиск.

Зразки виготовляють із цементно-піщаного розчину складу 1:3 (одна частина цементу і три частини нормального піску Привольського родовища згідно ГОСТ 61139-78 за масою).

Розчин повинен мати нормальну консистенцію.



Для визначення консистенції цементного розчину зважують 1500 г піску і 500 г цементу, висипають їх в попередньо протерту мокрою тканиною сферичну чашу, перемішують цемент з піском лопаткою на протязі 1 хв. Потім в центрі сухої суміші роблять ямку, вливають туди воду в кількості 200 г ( $V/C = 0,4$ ), дають воді всмоктатись на протязі 0,5 хв. і перемішують суміш ще на протязі 1 хв.

Розчин переносять в попередньо протерту вологою тканиною чашу механічної мішалки і перемішують в ній на протязі 2,5 хв. (20 обертів чаші). На струшуючий столик ставлять форму-конус. Диск столика і внутрішню поверхню форми-конуса попередньо протирають вологою тканиною. По закінченні перемішування розчину ним заповнюють форму-конус на половину висоти і ущільнюють 15-ма штикуваннями металевої штиковки. Потім заповнюють конус з надлишком і штикують ще 10 разів. Після ущільнення надлишок розчину зрізають ножом врівень з верхом конуса, потім вертикально знімають конус.

Розчин струшують на столику 30 раз на протязі  $30 \pm 5$  с. Після цього штангенциркулем вимірюють діаметр конуса по нижній площині в двох взаємоперпендикулярних напрямках і знаходять середнє значення. Для тіста нормальної консистенції розплив конуса повинен бути в межах 106...115 мм. Якщо він виявиться меншим 105 мм, кількість води збільшують до отримання розпливу конуса 106...108 мм, якщо більшим 115 мм - кількість води зменшують до отримання розпливу конуса 113...115 мм.

Водоцементне відношення, отримане при розпливі конуса 106...115 мм, приймають для проведення подальших випробувань.

Для визначення марки цементу виготовляють 3 зразки в стандартній формі-трійці. Внутрішню поверхню



стінок і піддона форми змащують машинним маслом. На зібрану форму ставлять насадку. Зразки-балочки виготовляють із цементного розчину нормальної консистенції. Для ущільнення розчину форму з насадкою закріплюють на вібромайданчику, потім заповнюють розчином по висоті приблизно на 1 см і включають вібромайданчик. На протязі перших 2-х хвилин вібрації всі три комірки форми рівномірно невеликими порціями заповнюють розчином. Через 3 хв. після початку вібрування майданчик виключають. Форму знімають, зрізують ножем, змоченим водою, надлишок розчину, загладжують поверхню зразків врівень з краями форми і маркують кожний зразок.

Після виготовлення зразки в формах зберігають  $24 \pm 2$  год. у ванні з гідравлічним затвором. Потім зразки обережно виймають із форми і розміщують у ванні з питною водою так, щоб вони не торкались один до одного. Вода повинна покривати зразки не менше ніж на 2 см і її потрібно міняти кожні 14 діб. Температура води повинна бути  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Загальний строк зберігання - 28 діб, після чого зразки випробовують.

У робочому журналі роблять запис із зазначенням кількості води, при якій досягається необхідний розплив конуса; величини В/Ц і розпливу конуса; дату виготовлення зразків.

### *Дослід 5. Визначення марки цементу*

**Визначення межі міцності на згин.** Випробування проводять на приладі МІІІ-100 або аналогічному. Зразки встановлюють на дві опори і завантажують посередині. Опорні і передаючі навантаження елементи повинні мати циліндричну форму і розміщуватись строго паралельно. Зразок розміщують на опорних елементах приладу так, щоб його горизонтальні при виготовленні грані



знаходились у вертикальному положенні. Випробовування зразків проводять відповідно до інструкції, яка додається до приладу і згідно вказівок викладача чи лаборанта.

Межу міцності на згин вираховують як середнє арифметичне значення з двох найбільших результатів випробувань трьох зразків. Результати дослідів заносять у журнал.

**Визначення межі міцності на стиск.** На стиск випробовують шість половинок балочок, отриманих після випробування на згин. Для передачі навантаження на половинки використовують дві пластинки розмірами 40×62,5 мм, виготовлені з нержавіючої сталі. Половинку балочки розміщують між двома пластинками так, щоб бокові грані, які при виготовленні прилягали до стінок форми, знаходились на площинах пластинок, а упори пластинок щільно прилягали до торцевої гладкої поверхні зразків. У такому випадку площа опирання зразків на пластини складає 0,0025 м<sup>2</sup>.

Для визначення межі міцності на стиск використовують прес з граничним навантаженням 200...500 кН. Середня швидкість росту навантаження при випробуванні повинна бути  $2 \pm 0,5$  МПа. Зразок разом з пластинками розміщують на опорній плиті пресу, потім доводять його до руйнування, визначають руйнуюче навантаження за шкалою преса.

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

$$R_{CT} = 0,001 \frac{F}{A}, \quad (5.2)$$

де  $F$  – руйнуюче навантаження, кН,  $A$  – площа стиску, м<sup>2</sup>.

Середнє значення міцності на стиск обчислюють як середнє арифметичне чотирьох найбільших результатів шести випробуваних напівбалочок. Результати дослідів



записують у робочий журнал. На підставі даних випробувань роблять висновок про марку цементу, порівнюючи отримані результати з нормативними показниками ДСТУ Б Д.2.7-46-96.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

### Якість заповнювачів для важкого бетону

#### *Дослід 1. Визначення крупності піску і її впливу на пластичність розчину.*

Дослід проводять у наступній послідовності:

- з проби пісків різних кар'єрів, просіяних крізь сито з отворами діаметром 5 мм, відбирають наважки ( $m$ ) по 1000 г і просіюють крізь сита з отворами таких розмірів: 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм;
- визначають часткові залишки ( $m_i$ ) у грамах на кожному ситі, потім часткові залишки ( $a_i$ ) у % і повні залишки ( $A_i$ ) у %;
- визначають модуль крупності пісків і роблять висновок про крупність піску кожного кар'єру;
- придатність пісків за зерновим складом для бетонів визначають побудовою кривих просіювання, які повинні знаходитися в області, встановленій стандартом. Криві просіювання будують за результатами дослідів, відкладаючи у масштабі по осі абсцис розміри отворів контрольних сит у мм, а по осі ординат – повні залишки на контрольних ситах у %;
- для кожної проби піску виготовляють цементно-піщані розчини складу Ц:П=1:3 (за масою) при постійному В/Ц. Вимірюють розплив конуса з цементно-піщаним розчином на струшуючому столику після 30 струшувань протягом 30 с. роблять висновок про вплив крупності піску на пластичність розчину;
- результати дослідів записують у робочий журнал.





## **Дослід 2. Визначення наявності у піску шкідливих домішок і їх впливу на пластичність розчину**

Дослід проводять у наступній послідовності:

- у пробах піску різних кар'єрів визначають по викладеній вище методиці наявність шкідливих домішок (органічних і відмулених).
- виготовляють цементно-піщані розчини складу Ц:П = 1:3 при  $V/C = \text{const}$  (задає викладач);
- визначають на струшуючому столику пластичність розчину за розпливом конуса;
- результати дослідів записують у робочий журнал.

## **Дослід 3. Вибір оптимального співвідношення фракцій щебеню**

Дослід проводять у наступній послідовності:

- з проб щебеню різних кар'єрів відбирають навіски ( $m$ ) по 5000 г і просіюють крізь сита з отворами 70; 40; 20; 10; 5 мм;
- визначають часткові залишки ( $m_i$ ) у г, потім часткові залишки ( $a_i$ ) у % і повні залишки ( $A_i$ ) у %.
- за результатами просіювання визначають найбільшу ( $D_{\text{найб}}$ ) і найменшу крупність ( $D_{\text{найм.}}$ ) щебеню різних кар'єрів (згідно таблиці 2) будують криві просіювання щебеню та область, встановлену стандартом;
- оптимальне співвідношення між фракціями щебеню встановлюють шляхом порівняння їх сумішей, з яких вибирають ті, які мають найбільшу насипну густину і найменшу порожнистість.

При двох фракціях щебеню вказане визначення виконують так: складають три суміші (за масою): 1-а суміш – 40% дрібної і 60% крупної фракції; 2-а суміш – 50% дрібної і 50% крупної фракції; 3-я суміш – 60% дрібної і 40% крупної фракції.



Складені суміші фракцій щебеню старанно перемішують і визначають насипну густину суміші у пухконасипаному (стандартному) стані, використовуючи методику, описану у досліді № 1г лабораторної роботи № 1. За основу приймають суміш з найбільшою насипною густиною. Якщо насипні густини сумішей виявляться близькими між собою і дрібна фракція дефіцитна, то застосовують суміш з меншим вмістом дрібної фракції.

Результати дослідів записують у робочий журнал.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### Проектування складу важкого бетону

Проектування складу має на меті встановити таку витрату матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетонної суміші, при якій найбільш економічно забезпечується отримання даної легкоукладальності суміші, міцності та інших властивостей бетону.

Існує два способи вираження складу бетону:

- у вигляді витрати цементу, води, піску та щебеню (гравію) на  $1 \text{ м}^3$  бетонної суміші.
- у вигляді співвідношення цемент : пісок : щебінь = I : X : Y при В/Ц = Z.

Проектування складу важкого бетону складається з розрахунку складу і його коригування. Розрахунок складу проводиться з урахуванням вихідних даних про складові бетону одним з методів:

- розрахунково – експериментальним за формулами і таблицями, коли є дані про активність цементу і якість заповнювачів;

- номографічним або з використанням математичних моделей – коли є докладні дані про якість матеріалів - складових бетону.



Ці методи дозволяють розв'язати задачу розрахунку номінального (лабораторного) складу бетону для пробних замісів на сухих матеріалах. Підібрані (розрахункові) склади бетону потрібно коригувати на дослідних замісах по рухливості бетонної суміші і оптимальній кількості піску в суміші заповнювачів з наступною перевіркою бетону на міцність та інші властивості у відповідності із завданням.

Виробничі склади бетону потрібно розраховувати з урахуванням фактичної вологості заповнювачів, які застосовуються при виготовленні бетону шляхом коригування кількості води замішування та витрати вологих заповнювачів.

***Вправа 1. Розрахунково - експериментальний метод визначення складу важкого бетону нормального твердіння***

Для розрахунку складу важкого бетону необхідно мати наступні дані: задану середню міцність бетону на стиск (марку бетону)  $R_b$ , необхідну легкоукладальність бетонної суміші, яку характеризують осадкою конуса (ОК, см), або жорсткістю (Ж, с), а також характеристику вихідних матеріалів: вид і активність цементу  $R_c$ , насипну густину складових  $\rho_{nc}$ ,  $\rho_{np}$ ,  $\rho_{nш}$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) та їх дійсну густину  $\rho_c$ ,  $\rho_p$ ,  $\rho_{ш}$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ), пустотність щебеню або гравію  $V_{п.щ.}$ , найбільшу крупність їх зерен та вологість заповнювачів  $W_p$ ,  $W_{ш}$  (%).

Склад бетону для пробних замісів розраховують у такій послідовності: обчислюють водоцементне відношення, витрату води, витрату цементу, після чого визначають витрату крупного та дрібного заповнювачів на  $1 \text{ м}^3$  бетонної суміші.

Водоцементне відношення (В/Ц) обчислюють, виходячи з вимог до міцності бетону і з урахуванням



активності цементу, виду та якості складових за наступними формулами:

- для бетонів з водоцементним відношенням  $B/C > 0,4$

$$R_b = A R_c (C/B - 0,5); \quad (7.1)$$

- для бетонів з водоцементним відношенням  $B/C \leq 0,4$ :

$$R_b = A_1 R_c (C/B + 0,5), \quad (7.2)$$

де  $R_b$  – марка бетону, МПа;  $R_c$  – активність цементу, МПа;  $A$ ,  $A_1$  – коефіцієнти, які враховують якість матеріалів (табл.7.1)

Таблиця 7.1

Коефіцієнти, які враховують якість матеріалів для бетону

Якість заповнювачів і цементу	A	A <sub>1</sub>
Висока	0,65	0,43
Рядова	0,6	0,4
Понижена	0,55	0,37

До високоякісних матеріалів відносять щебінь зі щільних гірських порід високої міцності, пісок оптимальної крупності і портландцемент високої активності без добавок або з мінімальною кількістю гідравлічної добавки в його складі, заповнювачі повинні бути чисті і фракційні. До рядових матеріалів відносять заповнювачі середньої якості, у тому числі гравій, портландцемент середньої активності, або високомарочний шлакопортландцемент.

До матеріалів пониженої якості відносять крупні заповнювачі низької міцності і дрібні піски, цементи низької активності.

Після розв'язання відносно  $B/C$  наведені вище формули (7.1 та 7.2) матимуть вигляд:

$$B / C = \frac{AR_c}{R_b + 0,5AR_c} > 0,4 \quad (7.3)$$



$$B / Ц = \frac{A_1 R_u}{R_{\sigma} + 0,5 A_1 R_u} \leq 0,4. \quad (7.4)$$

Для гідротехнічного бетону водоцементне відношення визначають не тільки з умови міцності, а й з умови забезпечення необхідної довговічності (табл. 7.2).

Витрату води (водопотребу бетонної суміші), л/м<sup>3</sup>, орієнтовно визначають, виходячи з даної легкоукладальності бетонної суміші за табл. 7.3 яка складена з урахуванням виду та крупності зерен заповнювача.

Витрату цементу на 1м<sup>3</sup> бетонної суміші обчислюють за вже відомими водоцементним відношенням та витратою води:

$$Ц = B : (B/Ц) \quad (7.5)$$

Таблиця 7.2  
Максимально допустимі значення В/Ц для  
гідротехнічного бетону

Умова служби	Немасивні залізобетонні конструкції		Зовнішня зона масивних конструкцій	
	Вода			
	морська	прісна	морська	прісна
Надводний бетон, який епізодично омивається водою	0,55	0,6	0,65	0,65
Підводний бетон:	0,55	0,58	0,56	0,58
- в напірних спорудах	0,5	0,62	0,62	0,62
- в безнапірних спорудах				
Бетони зони змінного рівня води	0,42	0,47	0,45	0,48
- в особливо суворих кліматичних умовах	0,45	0,5	0,47	0,52
- в суворих умовах	0,5	0,55	0,55	0,53
- в помірних умовах				



Таблиця 7.3

Орієнтовна витрата води на  $1\text{ м}^3$  бетонної суміші<sup>1</sup>

Марка суміші	Жорсткість за ГОСТ 1 0181.1-81, с	Рухливість, см	Витрата води, л <sup>3</sup> /м при крупності, мм							
			Гравію				Щебеню			
			10	20	40	70	10	20	40	70
Ж <sub>0</sub>	≥31	-	150	135	125	120	120	160	150	135
Ж <sub>1</sub>	30...21	-	160	145	130	125	170	165	160	140
Ж <sub>2</sub>	20...11	-	165	150	135	130	175	165	150	155
Ж <sub>3</sub>	10...5	-	175	160	145	140	185	175	160	155
П <sub>1</sub>	-	1...4	190	175	160	155	200	190	175	170
П <sub>2</sub>	-	5...9	200	185	170	165	210	200	185	180
П <sub>3</sub>	-	10...15	215	205	190	180	225	215	200	190
П <sub>4</sub>	-	12...16	225	220	205	195	235	230	215	205

**Примітка.** 1 – суміші на цементі з нормальною густиною тіста 26...28% та піску з  $M_{кр}=2$ . При зміні нормальної густини цементного тіста на кожний відсоток в меншу сторону витрату води треба зменшувати на  $3...5\text{ л/м}^3$ , у більшу – збільшувати на те ж значення. У випадку зміни модуля крупності піску у меншу сторону на кожні 0,5 його значення необхідно збільшувати, а в більшу сторону – зменшувати витрату води на  $3...5\text{ л/м}^3$ . У випадку застосування при отриманні бетону пластифікуючих добавок витрата води, встановлена за таблицею 6 коригується з урахуванням значення коефіцієнта  $K_{п}$ , встановленого за табл.7.4.

Таблиця 7.4

Значення поправочного коефіцієнта  $K_{п}$  до водовмісту бетонних сумішей при застосуванні пластифікуючих добавок

Рухомість бет. суміші, см	Цементно-водне відношення			
	1,4	1,8	2,2	2,6
1...4	0,95/0,90	0,93/0,87	0,91/0,85	0,90/0,83
5...9	0,94/0,89	0,92/0,86	0,90/0,84	0,88/0,82
10...15	0,92/0,87	0,90/0,80	0,88/0,81	0,87/0,79
12...16	0,91/0,85	0,89/0,81	0,87/0,79	0,85/0,78

**Примітка.** У чисельнику наведенні значення  $K_{п}$  при використанні добавки ЛСТ 0,25% від витрати цементу, а в знаменнику – добавки С-3 у кількості 0,7%.



Витрату заповнювачів (піску, щебеню або гравію),  $\text{кг}/\text{м}^3$  бетону обчислюють, виходячи з двох умов:

1. Сума абсолютних об'ємів всіх компонентів ущільненої бетонної суміші дорівнює  $1 \text{ м}^3$ :

$$Ц / \rho_{ц} + В / \rho_{в} + П / \rho_{п} + Щ(Г) / \rho_{щ(г)} = 1, \quad (7.6)$$

де Ц, В, П, Щ(Г) – витрата цементу, води, піску і щебеню (гравію),  $\text{кг}/\text{м}^3$ ,  $\rho_{ц}, \rho_{в}, \rho_{п}, \rho_{щ(г)}$  – дійсна густина цих матеріалів,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $Ц / \rho_{ц}, В / \rho_{в}, П / \rho_{п}, Щ(Г) / \rho_{щ(г)}$  – абсолютні об'єми матеріалів,  $\text{м}^3$ .

2. Цементно-піщаний розчин заповнює порожнечу у крупному заповнювачі з деяким розсуванням зерен, тобто

$$Ц / \rho_{ц} + В / \rho_{в} + П / \rho_{п} = \alpha V_{п.щ(г)} Щ(Г) / \rho_{щ(г)}, \quad (7.7)$$

де  $V_{п.щ(г)}$  – порожнечу щебеню (гравію) у пухконасипаному стані, виражена в долях одиниці;  $\alpha$  – коефіцієнт розсуву зерен щебеню (гравію), який приймається за табл.7.5.

Таблиця 7.5

Значення коефіцієнта  $\alpha$  для пластичних бетонних сумішей

Витрата цементу, $\text{кг}/\text{м}^3$	Коефіцієнт $\alpha$ при В/Ц, рівному				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	-	-	1,26	1,32	1,38
300	-	1,3	1,36	1,42	-
350	1,32	1,38	1,44	-	-
400	1,4	1,46	-	-	-

**Примітка.** При інших значеннях Ц і В/Ц коефіцієнт  $\alpha$  знаходять інтерполяцією. Значення коефіцієнта  $\alpha$  наведені при водопотребі піску 7%. Якщо водопотреба використаного дрібного піску більша 7%, коефіцієнт  $\alpha$  зменшують на 0,03 на кожний відсоток збільшення водопотребі піску; якщо водопотреба крупного піску менша 7%, коефіцієнт  $\alpha$



збільшують на 0,03 на кожний відсоток зменшення водопотреби піску

Розв'язавши спільно ці дві рівності, отримаємо вираз для визначення витрати щебеню (гравію), у кг на 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші:

$$\text{Щ}(\Gamma) = \frac{I}{\alpha V_{\text{ПЩ}(\Gamma)} / \rho_{\text{Щ}(\Gamma)} + I / \rho_{\text{Щ}(\Gamma)}}. \quad (7.8)$$

Після визначення витрати щебеню (гравію) розраховують витрату піску, кг/м<sup>3</sup>, як різницю між проєктним об'ємом бетонної суміші та сумою абсолютних об'ємів цементу, води та крупного заповнювача:

$$\text{П} = [1 - (\text{Ц} / \rho_{\text{ц}} + \text{В} / \rho_{\text{в}} + \text{Щ}(\Gamma) / \rho_{\text{Щ}(\Gamma)})] \rho_{\text{н}}. \quad (7.9)$$

Визначивши витрату компонентів Ц, В, П, Щ(Г) на 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші, обчислюють її розрахункову густину  $\rho_{\text{см}} = \text{Ц} + \text{В} + \text{П} + \text{Щ}(\Gamma)$ , кг/м<sup>3</sup>, та коефіцієнт виходу бетону діленням об'єму бетонної суміші в ущільненому стані (1 м<sup>3</sup>) на суму об'ємів сухих складових, витрачених на її виготовлення:

$$\beta = \frac{I}{V_{\text{ц}} + V_{\text{н}} + V_{\text{Щ}(\Gamma)}} = \frac{I}{\text{Ц} / \rho_{\text{Щ}(\Gamma)} + \text{П} / \rho_{\text{н}} + \text{Щ}(\Gamma) / \rho_{\text{Щ}(\Gamma)}}. \quad (7.10)$$

де  $V_{\text{ц}} + V_{\text{н}} + V_{\text{Щ}(\Gamma)}$  – об'єм сухих складових, витрачених на виготовлення 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші, м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{Щ}(\Gamma)}$ ,  $\rho_{\text{н}}$ ,  $\rho_{\text{Щ}(\Gamma)}$  – насипна густина сухих матеріалів, кг/м<sup>3</sup>. Для важких бетонів значення коефіцієнта виходу як правило знаходиться у проміжку 0,6...0,75.

При визначенні виробничого складу враховують вологість заповнювачів і коригують їх витрату, а також витрату води на 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші. При вологості піску





$W_n$  і щебеню  $W_{щ}$ (%) відкориговані витрати заповнювачів  $P_B$ ,  $\Pi_B$  і води  $V_B$  (кг/м<sup>3</sup>) дорівнюватимуть:

$$\left. \begin{aligned} P_B &= P (1 + W_n / 100), \quad \Pi_B = \Pi (1 + W_{щ} / 100), \\ V_B &= B - P W_n / 100 - \Pi W_{щ} / 100. \end{aligned} \right\} (7.11)$$

Дозування складових бетонної суміші (кг) на один заміс бетонозмішувача з корисним об'ємом барабана  $V_{б.сум.}$ (л) виконують з урахуванням коефіцієнта виходу бетону за формулами:

$$\left. \begin{aligned} C_D &= \beta C V_{б.сум.} / 1000; B_D = \beta B V_{б.сум.} / 1000; \\ P_D &= \beta P V_{б.сум.} / 1000; \Pi_D = \frac{\Pi (1) V_{б.сум.}}{1000}. \end{aligned} \right\} (7.12)$$

**Приклад 1.** Підібрати склад важкого бетону класу B20 ( $R_b=30$  МПа для бетонування монолітних балок та колон середнього перерізу (рухомість бетонної суміші ОК = 2..4 см) і розрахувати витрату матеріалів на заміс в бетонозмішувачі з корисним об'ємом барабана 1200 л.

Характеристика вихідних матеріалів: портландцемент активністю  $R_c = 46$  МПа, насипна густина сухих складових  $\rho_{nc}=1200$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{np}=1500$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{nщ}=1600$  кг/м<sup>3</sup>; їх дійсна густина  $\rho_c = 3100$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_p=2600$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{щ}=2700$  кг/м<sup>3</sup>; пористість гранітного фракційованого щебеню  $V_{п.щ}=0,41$ ; найбільша крупність зерен щебеню 40 мм; вологість крупного кварцевого піску  $W_n=4\%$ ; вологість щебеню  $W_{щ}=1\%$ .

Водоцементне відношення обчислюємо за формулою (7.3):

$$B / C = \frac{AR_c}{R_b + 0,5AR_c} = \frac{0,65 \cdot 46}{30 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 46} = 0,67$$



Значення коефіцієнта  $A=0,65$  виbrane за табл.7.1 як для високоякісних матеріалів.

Витрату води на  $1 \text{ м}^3$  бетонної суміші визначають за табл. 6, враховуючи задану осадку конуса бетонної суміші  $OK=2...4 \text{ см}$ . Для отримання такої рухливості бетонної суміші з використанням в якості крупного заповнювача щебеню з найбільшою крупністю зерен  $40 \text{ мм}$  витрата води повинна складати  $175 \text{ л/м}^3$ .

Витрату цементу за формулою (7.5):  
 $Ц=V/(V/Ц)=175/0,67=261 \text{ кг/м}^3$ .

Витрата щебеню в сухому стані за формулою (7.8):

$$Щ = 1 / (1,3 \cdot 0,41 / 1600 + 1 / 2700) = 1422 \text{ кг/м}^3.$$

Значення коефіцієнта розсуву зерен  $\alpha=1,3$  виbrane за табл.7.5.

Витрата піску в сухому стані за формулою (7.9):

$$П = [1 - (260 / 3100 + 175 / 1000 + 1422 / 2700)] \cdot 2600 = 556 \text{ кг/м}^3.$$

В результаті виконаних розрахунків отримали наступний номінальний (лабораторний) склад бетону,  $\text{кг/м}^3$ :

Цемент. . . . . 261  
Вода. . . . . 175  
Пісок . . . . . 556  
Щебінь. . . . . 1422  
Всього: . . . . 2414

Отримана сума витрат компонентів є розрахунковою щільністю (густиною) бетонної суміші, тобто  $\rho_{б.см.}=2414 \text{ кг/м}^3$ .

Коефіцієнт виходу бетону обчислюють за формулою (7.10):

$$\beta = 1 / (261 / 1200 + 556 / 1500 + 1422 / 1600) = 0,67.$$



Перейдемо до виробничого складу бетону з урахуванням фактичної вологості заповнювачів. Витрата цементу залишиться незмінною, а витрату інших компонентів відкоригуємо за формулами (7.11):

$$P_B = 556(1+4/100)=578 \text{ кг/м}^3;$$

$$\text{Щ}_B = 1422(1+1/100)=1436 \text{ кг/м}^3;$$

$$B_B = 175-556\cdot4/100-1422\cdot1/100=139 \text{ л/м}^3.$$

Остаточний виробничий склад бетону, кг/м<sup>3</sup>:

Цемент. . . . . 261

Вода. . . . . 139

Пісок. . . . . 578

Щебінь. . . . . 1436

Всього: . . . 2414

Дозування компонентів на заміс бетонозмішувача виконаємо за формулами (7.12):

$$C_D = 0,67\cdot261\cdot1200/1000 = 210 \text{ кг};$$

$$B_D = 0,67\cdot139\cdot1200/1000 = 112 \text{ кг};$$

$$P_D = 0,67\cdot578\cdot1200/1000 = 465 \text{ кг};$$

$$\text{Щ}_D = 0,67\cdot1436\cdot1200/1000 = 1155 \text{ кг}.$$

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

### Властивості бетонної суміші. Міцність бетону

#### *Дослід 1. Приготування бетонної суміші*

Для дослідного замісу зважують матеріали з розрахунку отримання 7 л бетонної суміші. Зважену кількість піску розмішують, добавляють необхідну кількість цементу та перемішують до отримання однорідної суміші. Потім добавляють крупний заповнювач і всю суху суміш старанно перемішують, після чого вливають воду за два рази при енергійному перелопачуванні бетонної суміші до досягнення однорідності. Тривалість перемішування від моменту затворення водою повинна складати 4...5 хв. Бетонну



суміш можна також виготовити в лабораторному бетонозмішувачі.

### ***Дослід 2. Визначення рухливості бетонної суміші***

Рухомість бетонної суміші характеризується величиною осадки конуса (в см), сформованого з бетонної суміші. Рухомість визначають з допомогою стандартного конуса висотою 300 мм з внутрішнім діаметром нижньої основи 200 мм і верхньої 100 мм, встановленого на рівній поверхні. Внутрішню поверхню конуса до випробування змочують водою. Укладання бетонної суміші виконують за три прийоми шарами однакової висоти, ущільнюючи суміш кожний раз штикуванням 25 разів штиковою діаметром 16 мм і довжиною 600 мм. Під час штикування форму притискають до поверхні. Після заповнення конус обережно піднімають на протязі 3...5 с. строго вертикально і встановлюють поряд з відформованою сумішшю. Осадку конуса бетонної суміші визначають, поклавши металеву лінійку ребром поверх форми і вимірюючи з точністю до 0,5 см відстань від нижньої грані лінійки до вершу бетонної суміші.

Якщо рухомість бетонної суміші буде меншою за необхідну, то заміс коригують, додаючи по 5...10% води і цементу. Коли рухомість більша заданої, то добавляють по 5...10% піску та щебеню (гравію). Після чого суміш знову перемішують на протязі 5 хв., і заново визначають її рухомість. Склад бетону коригують до отримання заданої рухливості.

### ***Дослід 3. Визначення жорсткості бетонної суміші***

Жорсткість бетонної суміші характеризується часом вібрування в секундах, необхідним для вирівнювання та ущільнення попереднього сформованого конуса бетонної суміші в приладі для визначення рухливості. Визначення



жорсткості бетонної суміші можна виконати також спрощеним методом за Б.Г.Скрамтаєвим.

На вібромайданчику встановлюють і закріплюють форму розміром 200×200×200 мм. У форму вставляють конус і заповнюють його бетонною сумішшю, як вказано у досліді 2. Потім конус знімають і вмикають вібромайданчик, одночасно вмикаючи секундомір. Вібрування проводять до тих пір, доки бетонна суміш не заповнить всі кутки форми, а поверхня її не стане горизонтальною. Час (в секундах), необхідний для вирівнювання поверхні бетонної суміші в формі, помножений на 1,5 характеризує жорсткість бетонної суміші. Показник жорсткості обчислюють з точністю до 5 сек. Коригування жорсткості проводять аналогічно коригуванню рухливості.

#### ***Дослід 4. Визначення густини бетонної суміші***

Густину бетонної суміші, яка характеризується масою одиниці об'єму бетонної суміші, визначають в циліндричному мірному посуді об'ємом 5 або 15 л (в залежності від максимальної крупності заповнювача відповідно 40 та 70 мм).

При ущільненні ручним способом – штикуванням – мірний посуд заповнюють бетонною сумішшю приблизно рівними порціями в три шари. Кожний шар штикують рівномірно по всій площі стальним стержнем, причому кількість штикування на один шар для посуду 5 та 15 л відповідно дорівнює 16 та 35. Нижній шар бетонної суміші штикують на всю товщину шару, при штикуванні наступних шарів стержень повинен проникнути у лежачий нижче шар на глибину не більше 2...3 см. При ущільненні механічним способом – вібруванням – посуд заповнюють бетонною сумішшю, встановлюють та закріплюють на лабораторному вібромайданчику, після чого вібрують до моменту появи на поверхні бетонної суміші цементного



молока. Протягом вібрування в циліндр невеликими порціями додають бетонну суміш. По закінченні ущільнення вібромайданчик вимикають, надлишок бетонної суміші зрізають сталлюю лінійкою і поверхню вирівнюють рівень з краями мірного посуду.

Посуд з бетонною сумішшю зважують з точністю до 1 г і густину  $\rho_{б.см.}$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) обчислюють за формулою:

$$\rho_{б.см.} = (m - m_1) / V, \quad (8.1)$$

де  $m$  – маса мірного посуду з бетонною сумішшю, г;  $m_1$  – маса мірного посуду без суміші, г;  $V$  – об'єм мірного посуду,  $\text{дм}^3$ .

Густину бетонної суміші визначають двічі для кожної проби бетонної суміші і обчислюють з округленням до 10  $\text{кг}/\text{м}^3$  як середнє арифметичне значення результатів двох визначень густини суміші з однієї проби, які відрізняються між собою не більше, ніж на 5% меншого значення. При більшому розходженні результатів визначення повторюють на новій пробі бетонної суміші.

### **Дослід 5. Виготовлення зразків-кубів**

З відкоригованого замісу бетонної суміші виготовляють серію зразків, яка складається з трьох кубів. Розміри зразків залежать від найбільшої крупності заповнювача (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Залежність розміру бетонних кубів від крупності щебеню

Д <sub>найб.</sub> , мм	20	40	70
Найменший розмір ребра зразка, мм	100	150	200

Форми для зразків перед укладкою суміші повинні бути вичищені, міцно скріплені гвинтами, а їх внутрішні поверхні змащені. Форму, заповнену бетонною сумішшю з деяким надлишком встановлюють на вібромайданчик,



закріплюють затискачами і вібрують до закінчення осідання суміші, вирівнювання поверхні і появи на ній цементного молока. Час вібрування повинен бути не менший за показник жорсткості, збільшений на 30 сек. Зразки після ущільнення зберігають першу добу у формах під вологою тканиною, а решту 27 діб після розопалубки - в спеціальній камері, де створюють вологість  $W > 90\%$  і температуру  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . При відсутності такої камери зразки після розопалубки 27 діб можна зберігати у вологій тирсі або у вологому піску.

#### ***Дослід 6. Визначення межі міцності бетону на стиск***

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

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

Для кожного зразка визначають:

1. Робочу площу перерізу зразка ( $F$ )  $\text{см}^2$  як середнє арифметичне площ обох опорних граней зразка з округленням до  $0,1 \text{ см}^2$ .
2. Висоту зразка в см, як середнє арифметичне з двох вимірювань по протилежних гранях у робочому положенні зразка з округленням до 1 мм.



3. Об'єм зразка в  $\text{см}^3$ , обчислений як добуток робочої площі перерізу на висоту зразка з округленням до 1  $\text{см}^3$ .
4. Масу зразка в грамах з точністю до 10 г.
5. Середню густину зразка з округленням до 0,01  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Зразки встановлюють на нижню опорну плиту, центруючи по осі преса і прикладають навантаження, швидкість росту якого  $0,6 \pm 0,2$  МПа. Зразки доводять до повного руйнування. Межу міцності бетону на стиск ( $R_{\text{ст}}$  в МПа) кожного зразка обчислюють як кратне від ділення величини руйнівного навантаження ( $P_{\text{max}}$ ) на робочу площу перерізу зразка. Отриманий результат приводять до міцності зразка стандартного розміру  $200 \times 200 \times 200$  мм для гідротехнічного бетону і  $150 \times 150 \times 150$  мм для звичайного важкого бетону, множачи на відповідний коефіцієнт. Для зразків розміром  $100 \times 100 \times 100$  мм перевідний коефіцієнт  $K=0,85$  для гідротехнічного бетону і  $K=0,91$  для важкого бетону.

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

$$R_{28} = R_n \lg 28 / \lg n, \quad (8.2)$$

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

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9**

### **Визначення якості органічних в'язучих та матеріалів та їх основи**

Для визначення якості бітуму необхідно визначити наступні його властивості: деформативність (дуктильність), теплостійкість і в'язкість (твердість, penetрація).





### ***Дослід 1. Визначення якості (марки) бітуму. Визначення деформативності***

Деформативність бітумів визначають на приладі дуктилометрі, який являє собою металеву ємність. По всій довжині ящика проходить черв'ячний гвинт з насадженими на нього двох полозок, які пересуваються по направляючому гвинту із швидкістю 5 см/хв. Ємність споряджена шкалою, по якій ковзає покажчик, закріплений на полозках.

Розтоплений бітум наливають в латунні збірні форми, в яких бітум після охолодження набуває форму видовженої цифри вісім.

Після витримування зразків бітуму на протязі 1-1,5 години в воді при температурі 25 °С їх переносять в дуктилометр, закріплюють, видаляють бокові частини форми і розтягують. Вода в ванні дуктилометра на протязі всього часу випробування повинна мати температуру 25 °С і цілком покривати зразок. Зразки поступово витягуються в нитку, а потім рвуться. В момент розриву відмічають видовження зразка на шкалі в см.

Випробуванню піддаються три зразки і за остаточний результат приймають середнє із трьох значень.

### ***Дослід 2. Визначення температури розм'якшення***

Температуру розм'якшення визначають на приладі "Кільце та куля", який складається з трьох металічних дисків, закріплених на визначеній відстані один від одного металевими стержнями, які проходять через них. В середньому диску є два отвори, в кожний з яких вставляють латунні кільця з внутрішнім діаметром 15,88 мм, висотою 6,25 мм і товщиною стінок 2,38 мм. Посередині верхнього диску є отвір, в який вставляють термометр.



Прилад з кільцями, які заповнені бітумом, ставлять в стакан, наповнений дистильованою водою з температурою 25 °С. Через 15 хвилин прилад виймають, на кожне кільце в центрі поверхні бітуму встановлюють сталю кулю діаметром 9,5 мм і масою 3,45...3,55 г, після чого встановлюють на нагрівальний прилад і нагрівають зі швидкістю 5 °С/хв. При нагріванні бітум розм'якшується і сталю куля разом з бітумом проходить крізь отвір в кільці. Температуру, при якій деформований бітум під дією маси кулі торкнеться нижнього диску приладу, приймають за температуру розм'якшення; спостереження ведуть одночасно за двома кільцями.

За розрахункову температуру розм'якшення приймають середнє арифметичне з двох значень, якщо різниця між ними не перевищує 1 °С. В протилежному випадку випробування необхідно повторити.

### ***Дослід 3. Визначення в'язкості***

Для характеристики в'язкості бітумів (в'язких і твердих) використовують умовний показник твердості – глибину проникнення голки у випробовуваний матеріал. Глибину проникнення визначають на спеціальному приладі – пенетрометрі.

Кожен градус на циферблаті пенетрометра відповідає 0,1 мм. Чашку з бітумом ставлять на столик пенетрометра. Збільшивши стержень підводять голку до поверхні бітуму. Відзначивши початкове положення стрілки на циферблаті, одночасно пускають секундомір і натискають кнопку, даючи можливість голці вільно занурюватися в зразок. Через п'ять секунд кнопку відпускають і відзначають нове положення стрілки. Різниця між другим і першим показниками стрілки дає глибину проникнення голки в бітум в градусах. Голку занурюють не менше трьох разів в різних точках поверхні.



За результатами визначення трьох характеристик – деформативності, температури розм'якшення та в'язкості, роблять висновок про марку бітуму згідно табл. 9.1 та результати записують у журнал.

Таблиця 9.1

Фізико-механічні властивості нафтових бітумів

Марка бітуму	Глибина проник. голки при 25 °С, 0,1 мм	Розтягуваність при 25 °С, см не менше	Температура	
			Розм'якшення, °С не менше	Спалаху, °С не нижче
Будівельні бітуми				
БН-50/50	41-60	40	50	220
БН-70/30	21-40	3	70	230
БН-90/10	5-20	1	90	240
Покрівельні бітуми				
БНК-45/180	140-220	не нормується	40-50	240
БНК-90/40	35-45		85-95	240
БНК-90/30	25-35		85-95	240
Дорожні бітуми				
БНД-200/300	201-300	—	35	200
БНД-130/200	131-200	65	39	220
БНД-90/130	91-131	60	43	220
БНД-60/90	61-90	50	47	220
БНД-40/60	40-60	40	51	220



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

### *Властивості деревини*

#### *Дослід 1. Визначення вологості деревини*

Вологість деревини визначають у відсотках по відношенню до маси абсолютно сухого зразка. З цією метою беруть зразок розміром  $20 \times 20 \times 30$  мм, зважують, а потім висушують в сушильній шафі до постійної маси при температурі  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  і знову зважують. Вологість деревини можна визначити також вологомірами типу ЭВА-2, ЭВП-4, ИВД-1, ЦНИИМОД-1 та інші.

У тому випадку, коли деревина знаходилась довгий час при постійній температурі і відносній вологості повітря і не зволожувалась атмосферними опадами, її вологість (рівноважну вологість) можна визначити за діаграмою М.П. Чулицького.

#### *Дослід 2. Визначення середньої густини*

Середню густину деревини визначають на зразках у вигляді прямокутної призми перерізом  $20 \times 20$  мм і висотою вздовж волокон 30 мм. Розміри поперечного перерізу і висоту вимірюють штангенциркулем з точністю до 0.1 мм по осям симетрії зразків. Об'єм зразка ( $V_w$ ) обчислюють з точністю до 0.01  $\text{см}^3$ . Після вимірювання зразок зважують з точністю до 0.01 г і обчислюють середню густину за формулою:

$$\rho_{ow} = \frac{m_w}{V_w}; \quad (10.1)$$

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

$$\rho_{012} = \rho_{ow} [1 + 0,01(1 - K_0)(12 - W)]; \quad (10.2)$$

де  $K_0$  – коефіцієнт об'ємного всихання, %;  $W$  – вологість зразка, %.



### **Дослід 3. Визначення границі міцності деревини на стиск вздовж волокон**

Цей дослід проводять на тих самих зразках, що й визначення середньої густини на гідравлічному пресі, доводячи зразок до руйнування.

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

$$R_w = \frac{F_{\max}}{ab}; \quad (10.3)$$

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

- для зразків з вологістю, яка менша межі гігроскопічності

$$R_{12} = R_w [1 + \alpha (W - 12)]; \quad (10.4)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, який приймається рівним 0,04 на 1% вологості,  $W$  – вологість зразка в момент випробування, %.

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

$$R_{12} = \frac{R_w}{K_{12}^{30}}; \quad (10.5)$$

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

### **Дослід 4. Визначення межі міцності при статичному згині**

Для визначення межі міцності при статичному згині виготовляють зразки у формі бруска перерізом 20×20 мм і довжиною вздовж волокон 300 мм. При випробуванні зразок кладуть на дві нерухомі опори з відстанню між їх



центрами 240 мм. Навантаження передається в одній або двох точках.

Зразок випробовують на згин таким чином, щоб згинаюча сила була направлена по дотичній до річних шарів тангенціального згину. Одночасно визначають вологість зразка. Межу міцності при статичному згині  $R_w$  при даній вологості визначають з точністю до 1 МПа за формулами:

$$\text{- при навантаженні в двох точках } R_w = \frac{F_{max}l}{bh^2}; \quad (10.6)$$

$$\text{- при навантаженні в одній точці } R_w = \frac{3F_{max}l}{2bh^2}. \quad (10.7)$$

Межу міцності зразків перераховують на вологість 12%.

#### **Дослід 5. Визначення межі міцності при сколюванні вздовж волокон**

Для визначення межі міцності при сколюванні вздовж волокон зразки вирізають таким чином, щоб річні шари на торцях були паралельні площині сколювання при тангенціальному і перпендикулярні при радикальному сколюванні. Утворені річні шари повинні бути паралельні довгим ребрам зразка. Перед випробуванням штангенциркулем вимірюють по очікуваній площині сколювання ширину зразка  $b$  і довжину сколювання  $l$ .

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

$$R_w = \frac{F_{max}}{bl}. \quad (10.8)$$

Межа міцності при сколюванні також повинна бути перерахована до стандартної вологості деревини 12%.



## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Вказати основні групи властивостей будівельних матеріалів.
2. Дати визначення, формули та розмірності таких фізичних властивостей: густини (середньої, дійсної, насипної), пористості, гігроскопічності, гідрофобності, водонепроникності, водостійкості, водопоглинання, морозостійкості.
3. Назвати методи та намалювати схеми дослідів визначення таких основних властивостей: дійсної густини, середньої та насипної густини, змочуваності, водопоглинання, водонепроникності, водостійкості, морозостійкості.
4. Дати визначення будівельного гіпсу, будівельного вапна і перерахувати основні види сировини для їх одержання.
5. Написати реакції одержання будівельного гіпсу та вапна.
6. Намалювати схеми дослідів і описати методики визначення основних якісних властивостей будівельного гіпсу та вапна.
7. Який речовинний склад портландцементу і шлакопортландцементу?
8. Перерахувати основні фізико-механічні властивості цементу.
9. Які вимоги стандартів до тонкості помелу цементів?
10. Що таке тужавлення цементу? Які вимоги до строків тужавлення?
11. Що таке нормальна кругість цементного тіста?
12. Як визначається марка цементу? Які бувають марки?
13. Що таке активність цементу? Назвіть фактори, які впливають на активність цементу.



14. Дати стисле означення піску, щебеню, гравію, вказавши крупність зерен у мм.
15. Навести класифікацію піску за утворенням, за умовами залягання і крупністю зерен.
16. Вказати відмінність між щебенем і гравієм і дати порівняльний аналіз їх впливу на властивості бетону і бетонної суміші.
17. Написати та розшифрувати формули для оцінки зернового складу заповнювачів.
18. Що є критерієм крупності піску?
19. Як визначають придатність заповнювача за зерновим складом?
20. За якими даними і для чого будується крива просіювання?
21. Дати визначення бетону і бетонної суміші.
22. Навести класифікацію важких та гідротехнічних бетонів.
23. Перерахувати вихідні дані для проектування складу бетону.
24. Привести рекомендовані марки цементів для бетонів різної міцності.
25. Навести формулу Болomeя-Скрамтаєва та значення коефіцієнтів  $A$  і  $A_1$ .
26. Назвати необхідні умови для визначення витрати заповнювачів.
27. Вказати головні відмінності номінального складу бетону від виробничого.
28. Викласти методику визначення та коригування легкоукладальності бетонної суміші.
29. Навести формули для розрахунку виробничого складу бетонної суміші.
30. Навести формули коефіцієнта виходу бетону, витрати матеріалів на заміс.





31. Викласти методику випробування зразків бетону на стиск.
32. Навести залежність міцності бетону від часу.
33. Вказати марки звичайного та гідротехнічного бетону за морозостійкістю, водонепроникністю, міцністю на стиск та розтяг.
34. Перерахувати основні фактори та вказати характер їх впливу на легкоукладальність бетонної суміші та міцність бетону.
35. Види, сфера застосування та приклади органічних в'язучих.
36. Перелічити основні будівельні властивості органічних в'язучих. Навести методику їх визначення.
37. Як пов'язані між собою теплостійкість, в'язкість та деформативність бітумів.
38. Описати склад і структуру деревини різних порід.
39. Перерахувати позитивні властивості і недоліки деревини як будівельного матеріалу.
40. Назвати основні породи деревини, їх особливості, використання.
41. Вологість деревини і вплив її на фізико-механічні властивості деревини.
42. Викласти методику визначення рівноважної вологості, міцносних характеристик деревини.
43. Намалювати схеми дослідів визначення досліджуваних міцносних характеристик, привести розрахункові формули і формули перерахунку всіх властивостей до стандартної вологості.



## ДОДАТКИ ФОРМИ ЖУРНАЛІВ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

### Лабораторна робота №1

#### Структурно-фізичні властивості будівельних матеріалів

##### Дослід № 1. Визначення дійсної густини речовини

**Обладнання і матеріали:** сушильна шафа, сита із діаметром 0,2 і 5 мм, терези з різноважками, піщана баня, вакуум-насос, шпатель, пікнометр, промивалка із дистильованою водою, фільтрувальний папір, кварцовий пісок або кераміка, ступка, дистильована вода, термометр.

**Метод:** пікнометрії.

**Робоча формула:** 
$$\rho_i = \frac{(m_2 - m_1) \cdot \rho_p}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)} \quad [\text{г/см}^3]$$

**Схема дослідів:**

#### Результати досліджень

№ п/п	Показник	№ дослідів	
		1	2
1	Маса сухого пікнометра $m_1$ , г		
2	Маса пікнометра з наважкою $m_2$ , г		
3	Маса пікнометра з наважкою і рідиною $m_3$ , г		
4	Маса пікнометра з рідиною $m_4$ , г		
5	Густина інертної рідини (для води $\rho_p=1,0 \text{ г/см}^3$ )		
6	Густина речовини, $\text{г/см}^3$		

**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## Дослід № 2. Визначення середньої густини будівельних матеріалів

**Дослід 2.1.** Визначення середньої густини зразків правильної форми

**Обладнання і матеріали:** сушильна шафа, терези із різноважками, штангенциркуль, набір зразків кубиків по 3 шт. (крейда, гіпсовий камінь, кераміка, деревина, бетон).

**Метод:** прямих вимірювань.

**Робоча формула:**  $\rho_0 = \frac{m}{V} \cdot 1000$  [кг/м<sup>3</sup>]

**Схема досліджу:**



### Результати досліджень

№ п/п	Показник	Матеріал				
1	Маса висушеного зразка, м, г					
2	Об'єм, V, см <sup>3</sup>					
3	Середня густина, $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>					

**Висновок:** \_\_\_\_\_

**Дослід 2.2.** Визначення середньої густини зразків неправильної геометричної форми.



**Обладнання і матеріали:** сушильна шафа, терези із різноважками, хімічний мірний циліндр, електроплитка, тигель із парафіном, пензлик, щетинь, дистильована вода.

**Метод:** парафінування.

**Робоча формула:**

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0 - \frac{m_n - m}{\rho_n}} \cdot 1000 \text{ [кг/м}^3\text{]}$$

**Схема досліджу:**

**Результати досліджень** (Густина парафіну  $\rho_n = 0,93 \text{ г/см}^3$ )

№ п/п	Показник	Розрахункова формула	№ досліджу		
			1	2	3
1	Маса сухого зразка, г	m			
2	Маса парафінованого зразка, г	m <sub>п</sub>			
3	Маса парафіну, г	m <sub>п</sub> -m			
4	Об'єм парафіну, см <sup>3</sup>	V <sub>п</sub> =(m <sub>п</sub> - m)/ρ <sub>п</sub>			
5	Початковий об'єм води в циліндрі, см <sup>3</sup>	V <sub>1</sub>			
6	Об'єм води із зануреним зразком, см <sup>3</sup>	V <sub>2</sub>			
7	Об'єм парафінованого зразка, см <sup>3</sup>	V <sub>0</sub> =V <sub>2</sub> -V <sub>1</sub>			
8	Об'єм зразка, см <sup>3</sup>	V = V <sub>0</sub> -V <sub>п</sub>			
9	Середня густина зразка, кг/м <sup>3</sup>	ρ <sub>0,i</sub> =m·1000/V			
10	Середня густина матеріалу, кг/м <sup>3</sup>	ρ <sub>0</sub>			



**Висновок:**

---

---

---

**Дослід № 3. Визначення насипної густини сипких матеріалів**

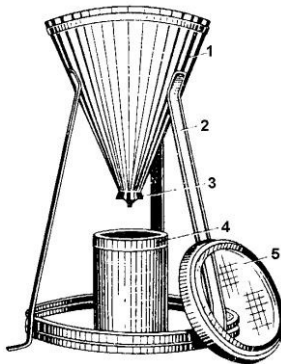
**Обладнання і матеріали:** сушильна шафа, терези із різноважками, лійка типу ЛОВ, совок, шпатель, металева лінійка, стандартні циліндри об'ємом 1л і 5л, пісок, щєбінь.

**Метод:** зважування зразків певного об'єму, одержаних в стандартних умовах.

**Робоча формула:**

$$\rho_n = \frac{m_2 - m_1}{V} \cdot 1000, [\text{кг/м}^3]$$

**Схема досліду:**



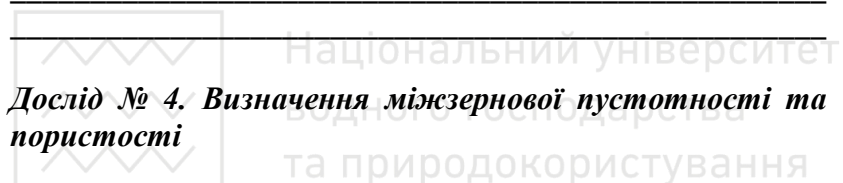
Прилад для визначення насипної густини дрібнозернистого матеріалу:  
1 – воронка; 2 – підставка;  
3 – засувка; 4 – мірний циліндр; 5 – сито.



## Результати досліджень

№ п/п	Показник	Матеріал	
1	Маса циліндру, $m_1$ , кг		
2	Маса циліндру з матеріалом, $m_2$ , кг		
3	Маса матеріалу, $m_2 - m_1$ , кг		
4	Об'єм циліндру, $V$ , л		
5	Насипна густина окремої проби, $\rho_{н,i}$ , кг/л		

**Висновок:** \_\_\_\_\_



### **Дослід № 4. Визначення міжзернової пористості та пористості**

**Обладнання і матеріали:** пісок кварцовий, щебінь гранітний.

**Метод:** експериментально-розрахунковий.

**Робоча формула:**

$$\text{Пустотність: } V_{\text{м.п.}} = \frac{V_{\text{пуст.}}}{V} \cdot 100\% = \frac{\rho - \rho_n}{\rho} \cdot 100\%$$

$$\text{Пористість: } \Pi = \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \cdot 100\%$$

$$\text{Коефіцієнт щільності: } K_{щ} = \frac{\rho_0}{\rho}$$



## Результати обчислень:

**Висновок:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Лабораторна робота №2

#### Гідрофізичні властивості будівельних матеріалів

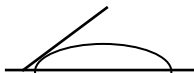
##### Дослід № 1. Визначення змочуваності

**Обладнання та матеріали:** горизонтальний проектор, досліджувані матеріали у вигляді пластинок з чистою гладкою поверхнею, порошкоподібні матеріали (цемент, гіпс, вапно та ін), транспортер, секундомір, хімічний стакан, дистильована вода, піпетка.

**Метод:** проектування краплі, нанесеної на поверхню матеріалу.

**Результати дослідів:**

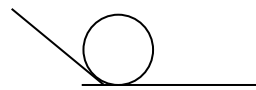
1.



2.



3.



Крайові кути  $\theta$ :

1 – змочування ( $\theta < 90^\circ$ ); 2 – перехідний випадок ( $\theta = 90^\circ$ ); 3 – незмочування ( $\theta > 90^\circ$ ).

**Метод:** проф. М.І. Хігеровича.



## Результати досліді:

**Висновок:** \_\_\_\_\_

### *Дослід № 2. Визначення водопоглинання*

**Обладнання та матеріали:** сушильна шафа, терези з різноважками, хімічний стакан або кювета з водою, годинник, штангенциркуль або лінійка, зразки будівельної кераміки, дистильована вода, термометр.

**Метод:** поступового занурення зразка у воду.

**Робоча формула:**

Водопоглинання за масою: 
$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100\%$$

Водопоглинання за об'ємом:

$$W_o = \frac{m_2 - m_1}{V \cdot \rho_v} \cdot 100\% = W_m \cdot \frac{\rho_o}{\rho_v}$$

**Схема досліді:**



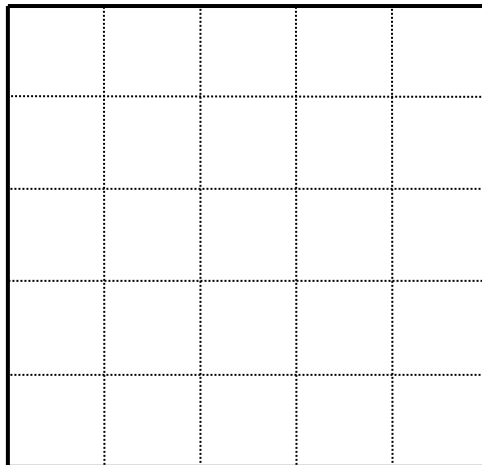


### Результати досліджень

№ п/п	Показники	Глибина занурення			
		1/4	1/2	3/4	Повна + 2 см
1	Час витримування зразка у воді $\tau$ , хв				
2	Маса сухого зразка, $m_1$ , г				
3	Маса насиченого водою зразка, $m_2$ , г				
4	Маса води, яку поглинув зразок, $m_2 - m_1$ , г				
5	Об'єм зразка, $V$ , $\text{см}^3$				
6	Водопоглинання за масою, $W_m$ , %				
7	Водопоглинання за об'ємом, $W_0$ , %				
8	Середня густина, $\rho_0$ , $\text{г}/\text{см}^3$				

Графік залежності маси води, поглинутої зразком, при  
кожному зануренні, від часу насичення

$m$ , г



$\tau$ , хв



**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Дослід № 3. Визначення водостійкості (коефіцієнту розм'якшення)*

**Обладнання і матеріали:** гідравлічний прес, зразки цементно-піщаного розчину, гіпсу в сухому та водонасиченому стані.

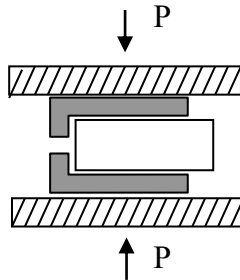
**Метод:** руйнівний

**Робоча формула:**

$$K_p = \frac{R_n}{R_c}, \text{ де}$$

$R_n$  і  $R_c$  – границя міцності при стиску зразків в насиченому водою і сухому стані.

**Схема досліді:**

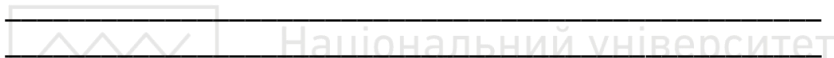




## Результати досліджень

№ п/п	Показники	Стан зразка			
		Насичений		Сухий	
		1	2	1	2
1	Площа поперечного перерізу зразка, $A$ , $\text{см}^2$				
2	Руйнівне навантаження, $P$ , кгс				
3	Границя міцності на стиск, $R$ , МПа				
4	Коефіцієнт розм'якшення, $K_r$				

**Висновок:** \_\_\_\_\_



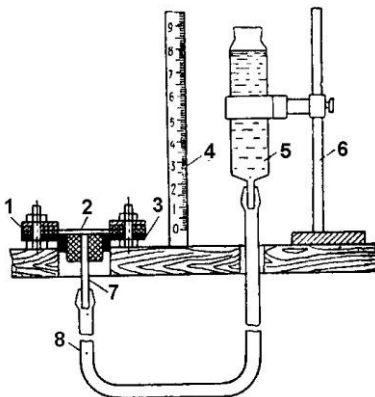
### Дослід № 4. Визначення водонепроникності

**Обладнання та матеріали:** прилад для дослідження водонепроникності, зразки рулонних покрівельних або гідроізоляційних матеріалів хімічний стакан із дистильованою водою, лінійка.

**Матеріал:** пергамін

**Метод:** визначення тиску при визначеному часі

**Схема досліду:**



Прилад для визначення водонепроникності рулонних матеріалів:

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



### Результати досліджень

Тиск, м. водяного стовпа						
Відсутність ”-” або наявність ”+” краплі на поверхні зразка.						

**Висновок:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Лабораторна робота №3

### Визначення якості керамічних виробів

*Дослід №1. Оцінка якості цегли за зовнішнім оглядом та обміром розмірів зразка.*

**Обладнання та матеріали:** еталонний та досліджуваний зразки цегли; металева лінійка та косинець, тангенциркуль, крапельниця із водним розчином соляної кислоти.

**Метод:** прямих вимірювань.

**Схема досліду:**



## Результати досліджень

№ п/п	Показники якості цегли	Вимоги ДСТУ Б В.2.7- 61-97	Результат огляду		
			1	2	3-5
1	Розміри, мм: Довжина Ширина Висота	250 ± 5 120 ± 4 65 ± 3			
2	Викривлення граней та ребер, мм По постелі По ложку	≤ 3 ≤ 4			
3	Відбитості і затуплення ребер та кутів, розміром по довжині ребра	1 5 мм ≤ 2 шт			
4	Наскрізні тріщини по ложкових гранях на всю товщину цегли протяжністю по її ширині	До 30 мм ≤ 1 шт			
5	Недопал або перепал	Не допускається			
6	Вапнякові включення ("дутики")	Не допускається			

**Висновок:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### *Дослід №2. Визначення марки цегли*

**Обладнання та матеріали:** прес, установка для



визначення границі міцності при згині та стиску, 5 шт. цегли, гумові прокладки, сушильна шафа.

**Метод:** руйнівний.

**Робоча формула:**

$$\text{Границя міцності при згині: } R_{зг} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \text{ МПа}$$

(обчислюється з точністю 0,05 МПа)

$P$  – руйнуюче навантаження, кгс або кН;  $l$  – відстань між осями опор, ( $l = 200$  мм);

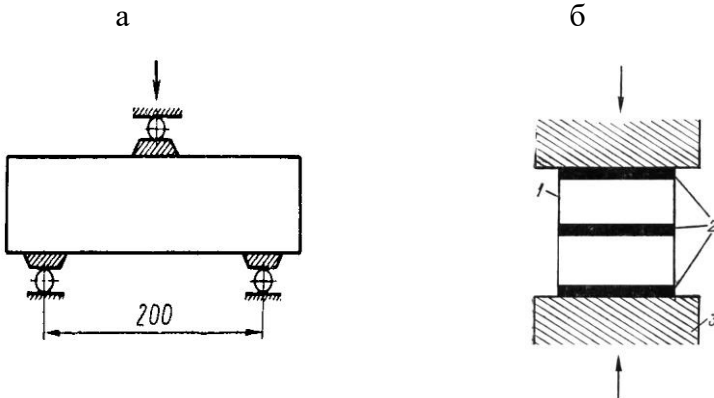
$b$  – ширина зразка, мм;  $h$  – висота зразка, мм

*Границя міцності на стиск:*  $R_{см} = P/S$ , МПа (обчислюється з точністю 0,1 МПа)

$P$  – руйнуюче навантаження, кгс або кН;

$S$  – площа поперечного перерізу, що вираховується як середнє арифметичне площі верхньої і нижньої поверхні зразка, м<sup>2</sup>.

### Схема установки зразка



Визначення межі міцності цегли на згин (а) та стиск (б):

1 – цеглина (половинка цеглини); 2 – прокладки; 3 – пластини преса



### Результати дослідження

№ п/п	Показники	№ зразків				
		1	2	3	4	5
1	Розміри цегли, см: b (ширина) h (висота) l (довжина)					
2	Руйнівне навантаження, Р, Н (кгс)					
3	Границя міцності при згині $R_{zg}$ , МПа					
4	Середнє арифметичне значення міцності, МПа					

№ п/п	Показники	№ зразків				
		1	2	3	4	5
1	Розміри цегли, см: b (ширина) h (висота) l (довжина)					
2	Площа зразка, S, см <sup>2</sup>					
3	Руйнівне навантаження, Р, Н (кгс)					
4	Границя міцності на стиск $R_{ст}$ , МПа					
5	Середнє арифметичне значення міцності, МПа					

**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## Лабораторна робота №4 Властивості повітряних в'язучих

### *Дослід №1. Визначення нормальної густоти гіпсового тіста*

**Обладнання та матеріали:** віскозиметр Суттарда, лінійка, чаша, мірний циліндр, мішалка, гіпс будівельний

#### Схема дослідів



#### Результати досліджень

№ проби	Маса наважки, г	Час перемішування, с	Маса води, г	В/Г	Діаметр розпливу, D, мм	Н.Г., %
1						
2						
3						

**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



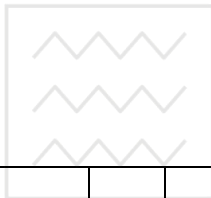


## ***Дослід №2. Визначення строків тужавлення гіпсового тіста***

**Обладнання та матеріали:** прилад Віка з голкою, чаша, мірний циліндр, секундомір, мішалка.

**Метод:** за допомогою приладу Віка

**Схема дослідю**



### **Результати дослідження**

№ проби	Н.Г., %	Час			Строки тужавлення	
		Замішування	Поч. туж.	Кін. туж.	початок	кінець

**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ***Дослід №3. Визначення марки будівельного гіпсу***

**Обладнання та матеріали:** прилад для випробування

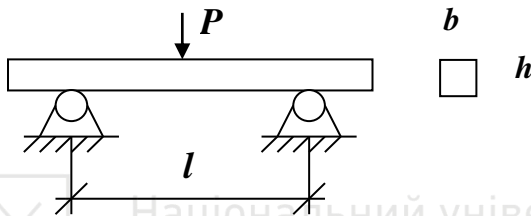


балочок на згин МІІІ-100, гідравлічний прес, форма для виготовлення зразків-балочок, чаша, мірний циліндр, терези, мішалка.

**Метод:** руйнівний

**Дослід № 3.1.** Визначення межі міцності на згин

### Схема установки зразка



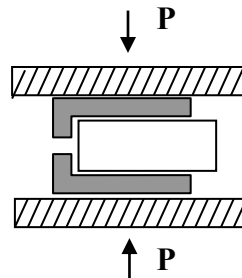
### Результати дослідження

№ зразка	$R_{зг}$ , МПа
1	
2	
3	
Сер. значення	

**Дослід 3.2.** Визначення межі міцності на стиск

**Робоча формула:**  $R_{ст} = P/S$

### Схема установки зразка





## Результати дослідження

№ зразка	S, см <sup>2</sup>	P, кгс	R <sub>ст</sub> , МПа
1			
2			
3			
4			
5			
6			
Середнє значення			

**Висновок:** \_\_\_\_\_



### Лабораторна робота №5

#### Властивості портландцементу

#### *Дослід №1. Визначення нормальної консистенції цементно-піщаного розчину*

**Обладнання та матеріали:** сферична чаша з лопаткою з нержавіючої сталі, струшуючий столик, форма-конус, штиковка, мірний циліндр, портландцемент, пісок Вольський.

**Схема досліді**



## Результати досліджень

№ проби	Цемент, г	Пісок, г	Вода, мл	В/Ц	Розплив конусу, мм

**Висновок:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

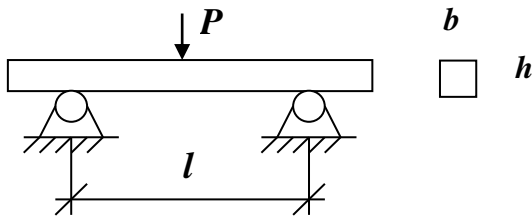
### Дослід №2. Визначення марки портландцементу

**Обладнання та матеріали:** металева форма, вібраційний майданчик, камера нормального твердіння, ванна із водою, годинник, цементно-піщаний розчин нормальної консистенції, лінійка, термометр, прилад МІІ-100, прес гідравлічний ПСУ-10, металеві пластини, зразки-балочки з цементно-піщаного розчину нормальної консистенції.

**Метод:** руйнівний

**Дослід 2.1.** Визначення межі міцності на згин

**Схема установки зразка**





## Результати дослідження

№ зразка	$R_{зг}$ , МПа
1	
2	
3	
Сер. значення	

### Дослід 2.2. Визначення межі міцності на стиск

Робоча формула:  $R_{cm} = P/S$

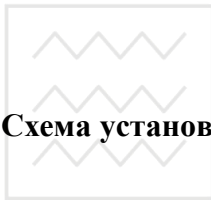
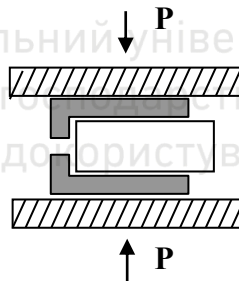


Схема установки зразка



## Результати дослідження

№ зразка	$S$ , $\text{cm}^2$	$P$ , кгс	$R_{ст}$ , МПа
1			
2			
3			
4			
5			
6			
Середнє значення			



**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Лабораторна робота №6**  
**Властивості портландцементу**  
**Дослід №1. Визначення зернового (гранулометричного)**  
**складу піску**

**Обладнання та матеріали:** стандартний набір сит із розмірами отворів 5,0; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм, вага, совок, пісок.

**Метод:** ситовий аналіз, експериментально-розрахунково-графічний метод.

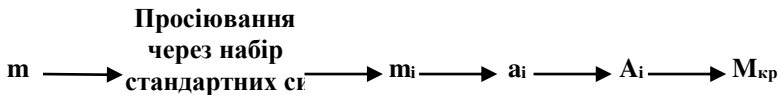
**Робоча формула:**

*Модуль крупності піску:*

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

Часткові залишки на ситах:  $a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100$

**Схема дослідів:**



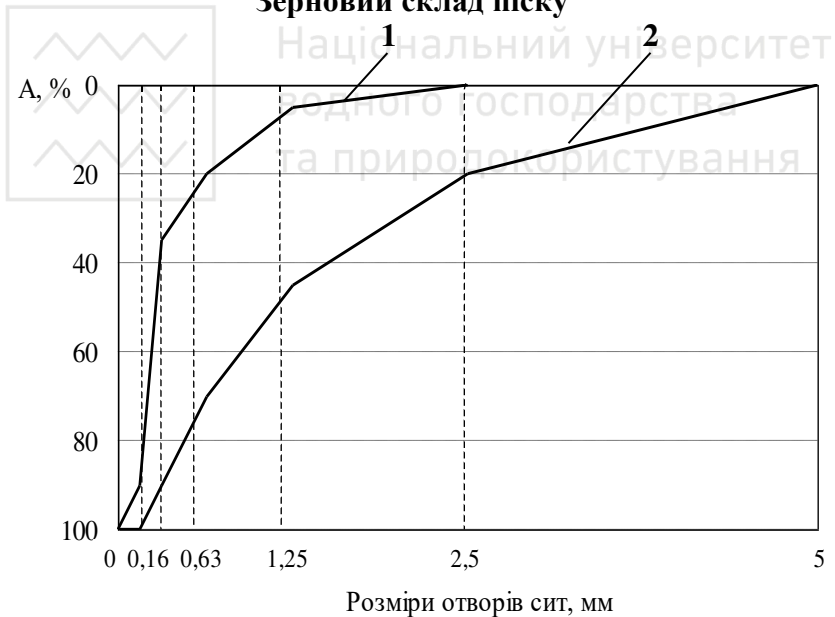


## Результати досліджень

Маса проби піску:  $m = \underline{\hspace{2cm}}$  г

Розмір отворів сит, мм	$m_i$ , г	$a_i$ , %	$A_i$ , %
5,0			
2,5			
1,25			
0,63			
0,315			
0,16			
<0,16			

### Зерновий склад піску



- 1 – нижня межа допустимого зернового складу ( $M_k=1,5$ );  
2 – верхня межа допустимого зернового складу ( $M_k=3,15$ ).



**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Дослід №2. Визначення наявності у піску  
шкідливих домішок*

**Метод:** відмулювання

**Метод:** забарвлення

**Схема досліду** по визначенню відмулених домішок та органічних домішок



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Наважка піску  $m =$  \_\_\_\_\_ г

**Висновок:** \_\_\_\_\_

Вага піску після промивання і висушування

$m_1 =$  \_\_\_\_\_ г

Наявність відмулених домішок: ВД = \_\_\_\_\_

**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





### Дослід №3. Визначення зернового складу щебеню

**Обладнання та матеріали:** стандартний набір сит із розмірами отворів  $d$ ;  $0,5(d+D)$ ;  $D$ ;  $1,25D$  мм, вага, совок, щепіль з розміром зерен від  $d$  до  $D$  мм.

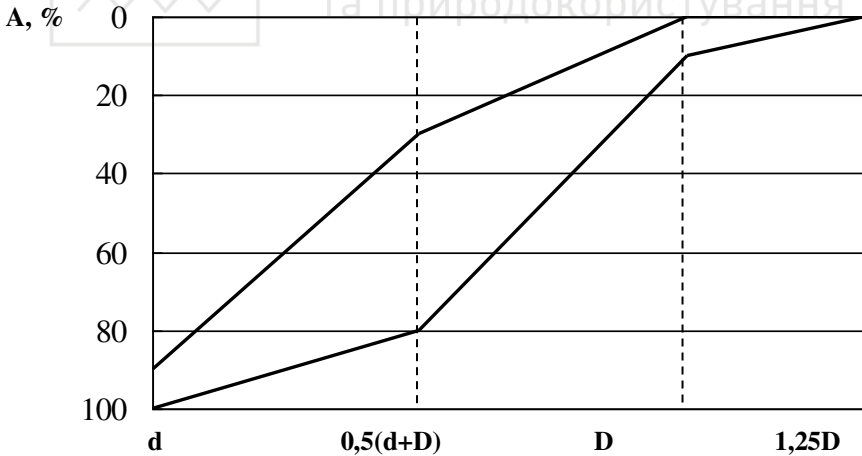
**Метод:** ситовий аналіз, експериментально-розрахунково-графічний метод.

#### Результати випробувань

Маса проби щебеню  $m =$  \_\_\_\_\_ г

Розмір отворів сит, мм	$m_i$ , г	$a_i$ , %	$A_i$ , %
1,25D			
D			
0,5(d+D)			
d			
<d			

#### Зерновий склад щебеню



**Висновок:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



### Дослід №4. Визначення межі міцності бетону на стиск (марки та класу бетону)

**Обладнання та матеріали:** форми-куби, лабораторний вібромайданчик, гідравлічний прес, лінійка, вага, зразки-куби

**Метод:** експериментально-руйнівний.

**Робоча формула:**

$$R_{\sigma} = 10 \cdot k \frac{F}{S} \qquad R_{28} = R_{\sigma}^n \cdot \frac{\lg 28}{\lg n} \qquad B = 0,778 R_{28}$$

k – коефіцієнт, що враховує розмір зразка (перевідний коефіцієнт), k=0,95;

F – руйнівне навантаження, кН; S – площа поперечного перерізу зразка, см<sup>2</sup>;

R<sub>n</sub> – міцність бетону у віці n діб, МПа; R<sub>28</sub> – міцність бетону у віці 28 діб, МПа;

n – кількість діб твердіння бетону (n > 3 діб); B – клас бетону.

**Схема дослідів**

### Результати досліджень

№ зразка	n, діб	Площа S, см <sup>2</sup>	Об'єм зразка V, см <sup>3</sup>	Маса зразка m, г	Середня густина ρ <sub>0</sub> , кг/м <sup>3</sup>	k	F, кН	R <sub>σ</sub> <sup>n</sup> , МПа	R <sub>28</sub> , МПа	Клас бетону
1						0,95				
2						0,95				
3						0,95				
Сер. знач.						0,95				

**Висновок:** \_\_\_\_\_

---



## Лабораторна робота №7 Проектування складу важкого бетону

**Обладнання та матеріали:** конус, штиковка, металева лінійка, кельма, завантажувальна воронка, гладкий металевий лист розміром не менше 700×700 мм

**Метод:** розрахунково-експериментальний метод.

### Методика проектування складу важкого бетону



### Експериментальна перевірка запроектованого складу важкого бетону

**Висновок:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## Лабораторна робота №8

### Властивості бетонної суміші. Міцність бетону

#### Дослід № 1. Визначення рухливості бетонної суміші

**Обладнання та матеріали:** конус, штиковка, металева лінійка, кельма, завантажувальна воронка, гладкий металевий лист розміром не менше 700×700 мм

**Схема досліджу:**

#### Результати досліджень

№ проби	Витрата компонентів, кг/м <sup>3</sup> / кг на заміс				В/Ц	ОК, см
	Ц	В	П	Щ		
1						
2						
3						

**Висновок:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### Дослід №2. Визначення межі міцності бетону на стиск (марки та класу бетону)

**Обладнання та матеріали:** форми-куби, лабораторний вібромайданчик, гідравлічний прес, лінійка, вага, зразки-куби

**Метод:** експериментально-руйнівний.



### Робоча формула:

$$R_{\bar{\sigma}} = 10 \cdot k \frac{F}{S}$$

$$R_{28} = R_{\bar{\sigma}}^n \cdot \frac{\lg 28}{\lg n}$$

$$B = 0,778 R_{28}$$

k – коефіцієнт, що враховує розмір зразка (перевідний коефіцієнт), k=0,95; F – руйнівне навантаження, кН; S – площа поперечного перерізу зразка, см<sup>2</sup>; R<sub>n</sub> – міцність бетону у віці n діб, МПа; R<sub>28</sub> – міцність бетону у віці 28 діб, МПа; n – кількість діб твердіння бетону (n > 3 діб); B – клас бетону.

### Схема дослідю



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

### Результати досліджень

№ зразка	n, діб	Площа S, см <sup>2</sup>	Об'єм зразка V, см <sup>3</sup>	Маса зразка m, г	Середня густина ρ <sub>0</sub> , кг/м <sup>3</sup>	k	F, кН	R <sub>σ</sub> <sup>n</sup> , МПа	R <sub>28</sub> , МПа	Клас бетону
1						0,95				
2						0,95				
3						0,95				
Сер. знач.						0,95				

**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



### Дослід №3. Визначення міцності бетону еталонним молотком конструкції К.П. Кашкарова

**Обладнання і матеріали:** еталонний молоток Кашкарова, шаблон - кутовий масштаб або штангенциркуль, еталонні сталеві стержні, тарувальна крива залежності міцності бетону від значень  $d_6$   $d_e$ , зразки-куби бетону.

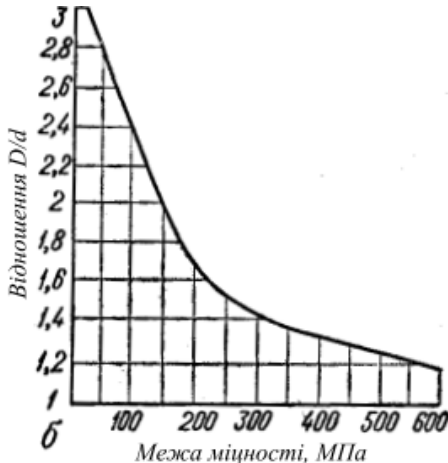
**Метод експериментальний** (неруйнівний).

**Робоча формула:**

Непряма характеристика міцності бетону: 
$$H = \frac{\sum d_6}{\sum d_e}$$

$\sum d_6$  – сума діаметрів відбитків на бетоні, мм;  
 $\sum d_e$  – сума діаметрів відбитків на еталонному стержні, мм.

Тарувальна крива





## Результати досліджень

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma$
$d_{\delta}$ , см											
$d_{ст}$ , мм											

№ зразка	Діаметр відбитка, мм		Міцність (неруйнівним) методом, МПа	Площа, $S$ , см <sup>2</sup>	Руйнівне навантаження, МПа	Міцність (руйнівним методом), МПа
	на бетоні	на еталоні				

**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Лабораторна робота №9 Визначення якості органічних в'язучих та матеріалів на їх основі

### *Дослід №1. Визначення деформативності бітуму*

**Обладнання та матеріали:** дуктилометр, розбірна форма для виготовлення зразків, електрична плитка, тигель, хімічний стакан, термометр, бітум, дистильована вода.



### Схема приладу:

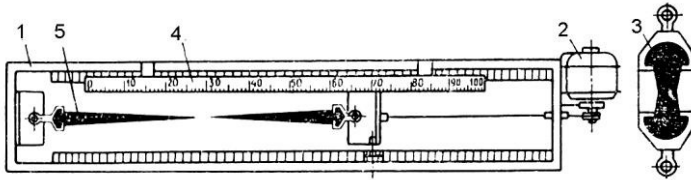


Рис. 1. Дуктилометр:

1 – ємність; 2 – електродвигун; 3 – форма, заповнена бітумом;  
4 – лінійка; 5 – нитка бітумного зразка в момент розриву

### Результати досліджень

№ зразка	1	2	3	середнє
l, см				

Висновок: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### *Дослід №2. Визначення температури розм'якшення бітуму*

**Обладнання та матеріали:** прилад “Кільце і куля” зі сталевими кульками (2 шт.) діаметром 9,5 мм і масою 3,45...3,55 г, електрична плітка, хімічний стакан, термометр, бітум, дистильована вода.





### Схема приладу:

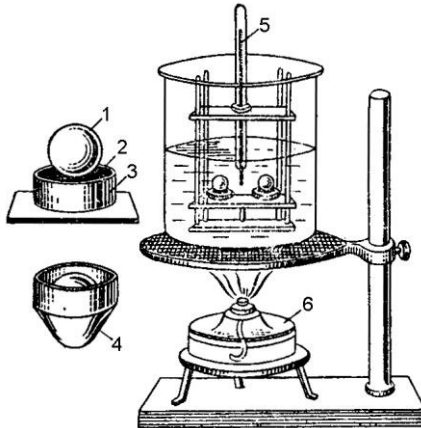


Рис. 2. Прилад  
«кільце та куля»:  
1 – куля;  
2 – бітум;  
3 – кільце;  
4 – бітум,  
видавлений з кільця;  
5 – термометр;  
6 – спиртівка.

### Результати досліджень

№ зразка	1	2	сер
$t, ^\circ\text{C}$			

**Висновок:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### *Дослід №3. Визначення в'язкості бітуму*

**Обладнання та матеріали:** пенетрометр, секундомір, посудина із бітумом, хімічний стакан, термометр, дистильована вода



### Схема приладу:

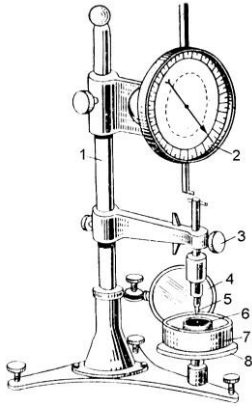


Рис. 3. Пенетромтр:

- 1 – штатив;
- 2 – диск з циферблатом;
- 3 – затискний пристрій;
- 4 – дзеркало;
- 5 – голка;
- 6 – бітум, що досліджується;
- 7 – посуд з водою;
- 8 – столик.

### Результати досліджень

№	Початковий показ	Кінцевий показ	Пенетрометрія
Сер.			

**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Загальний висновок:** \_\_\_\_\_



## Лабораторна робота №10 Властивості деревини

### *Дослід № 1. Визначення вологості деревини*

**Обладнання та матеріали:** сушильна шафа, термометр, терези із різноважками, психрометр Августа, зразки деревини розміром 20×20×30мм, штангенциркуль.

**Метод:** експериментальний та номографічний.

**Робоча формула:**

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100\%$$

### Результати досліджень

№ пп	Показники	№ зразка		
		1	2	3
1	Маса зразка $m_1$ , г			
2	Маса абсолютно сухого зразка $m$ , г			
3	Вологість зразка, $W$ %			
4	Середня вологість зразків, %			

**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### *Дослід №2. Визначення середньої густини деревини*

**Обладнання та матеріали:** терези із різноважками, сушильна шафа, термометр, штангенциркуль, зразки



деревини розміром 20×20×30мм.

**Метод:** експериментально-розрахунковий.

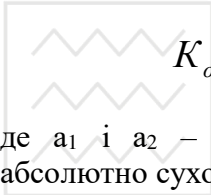
**Робоча формула:**

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

де  $m_w$  і  $V_w$  – середні значення маси і об'єму досліджуваних зразків деревини.

$$\rho_{012} = \rho_w [1 + 0,01(l - K_o)(12 - W)],$$

де  $\rho_{012}$  – середня густина деревини, перерахована на стандартну вологість 12%;  $K_o$  – коефіцієнт об'ємного всихання; виражає об'ємну усушку деревини на 1% вологості:



$$K_o = \frac{Y_o}{W}, \quad Y_o = \frac{a_2 - a_1}{a_2} \cdot 100\%$$

де  $a_1$  і  $a_2$  – лінійні розміри або об'єм відповідно в абсолютно сухому стані реальному вигляді.

### Результати досліджень

№ п/п	Показники	№ зразка		
		1	2	3
1	Маса зразка, , г			
2	Геометричні розміри зразка, см: - довжина - ширина - висота			
3	Об'єм зразка, $V$ , см <sup>3</sup>			
4	Густина зразка, $\rho_{0,1}$ , кг/см <sup>3</sup>			
5	Середня густина зразків, $\rho_0$ , кг/см <sup>3</sup>			



**Висновок:**

---

---

---

**Дослід №3. Визначення границі міцності при стиску  
вздовж волокон деревини**

**Обладнання та матеріали:** гідравлічний прес, штангенциркуль, зразки деревини розміром 20×20×30 мм.

**Метод:** руйнівний та розрахунковий.

**Робоча формула:**

1) границя міцності на стиск деревини вздовж волокон при даній вологості:  $R_w = \frac{F_{\max}}{ab}$

де  $F$  – руйнівне навантаження, кгс;  $a = b = 2$  см.

2) межа міцності на стиск деревини вздовж волокон в перерахунку на стандартну вологість 12%:

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

де  $\alpha$  – коефіцієнт рівний 0,04 на 1% вологості (для дуба, ялини та ін.) і 0,05 (для берези, сосни, кедра та ін.);  $W$  – вологість зразка в момент випробовування.

3) межа міцності на стиск для зразків із вологістю рівній границі гігроскопічності (30%) або більшій за неї:

$$R_{12} = \frac{R_w}{K_{12}^{30}}$$

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



### Схема досліджу:

### Результати досліджень

№ пп	Показники	№ зразка		
		1	2	3
1	Геометричні розміри зразка, см: - довжина - ширина - висота			
2	Руйнуюче навантаження, Р, кгс			
3	Межа міцності на стиск, $R_w$ кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			
4	Межа міцності на стиск, $R_{12}$ кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			
5	Середнє значення межі міцності, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			

**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



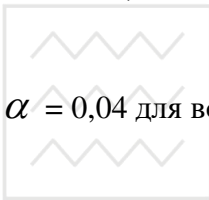
## **Дослід №4. Визначення границі міцності при статичному згині**

**Обладнання та матеріали:** прес із оснасткою, лінійка, зразки деревини розміром 20×20×30 мм.

**Метод:** руйнівний (при навантаженні на зразок у двох точках).

**Робоча формула:** 
$$R_w = \frac{F \cdot l}{b \cdot h^2},$$

F – руйнівна сила, кгс; l – відстань між нижніми опорами, см (24 см); b – ширина зразка, см; h – висота зразка, см



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

$\alpha = 0,04$  для всіх порід деревини.

**Схема дослід:**



## Результати досліджень

№ пп	Показники	№ зразка		
		1	2	3
1	Геометричні розміри зразка, см: - довжина - ширина - висота			
2	Руйнуюче навантаження, Р, кгс			
3	Межа міцності на згин, $R_w$ кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			
4	Межа міцності на згин, $R_{12}$ кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			
5	Середнє значення межі міцності, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			

**Висновок:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### *Дослід №5. Визначення границі міцності при сколюванні вздовж волокон*

**Обладнання та матеріали:** гідравлічний прес із оснасткою, штангенциркуль, зразки деревини певної конфігурації і розмірів (зазначено у схемі досліді).

**Робоча формула:** 
$$R_w = \frac{F_{\max}}{bl},$$

де F – руйнівна сила, кгс; b – ширина зразка по площі сколювання, см (b=1,8 см); l – довжина сколювання, см (l=3,0 см).

Границя міцності при сколюванні в тангенціальному





або радіальному напрямку потрібно перерахувати до стандартної вологості деревини 12% за формулами, які використовувались у досліді 4. Коефіцієнт перерахунку  $K_{12}^{30}$  дорівнює: для дуба і в'яза – 1,39; для берези – 1,88; для бука, сосни, ялини і модрина – 1,65; для осики і тополі – 1,76; для клена, липи, вільхи, ялиці і ясеня – 1,53.

### Схема досліду:

#### Результати досліджень

№ пп	Показники	№ зразка		
		1	2	3
1	Ширина зразка, h, см			
2	Довжина сколювання, l, см			
2	Руйнуюче навантаження, P, кгс			
3	Межа міцності на згин, $R_w$ кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			
4	Межа міцності на згин, $R_{12}$ кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			
5	Середнє значення межі міцності, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			

**Висновок:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



## ЛІТЕРАТУРА

1. Дворкін Л.Й., Лаповська С.Д. Будівельне матеріалознавство: навч. пос. Рівне: НУВГП, 2016. 448 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/4741/>.
2. Будівельне матеріалознавство: підручник / Л.Й. Дворкін, та ін.. Рівне: УДУВГП, 2002. 366 с.
3. Будівельне матеріалознавство: підручник./ [П.В. Кривенко, К.К. Пушкарева, В.Б. Барановский та ін.] .К.: "Лира–К".2012. 624 с.
4. Дворкін Л.Й., Бордюженко О.М. Будівельне матеріалознавство/ Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне: НУВГП, 2006. 178 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/1820/>
5. Дворкін Л.Й. Будівельне матеріалознавство: підруч. Рівне: НУВГП, 2009. 308 с.
6. Дворкін Л.Й. Будівельне матеріалознавство: навч. пос. Рівне: РДТУ, 1999. 478 с.