

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 1

## **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»

протокол від \_\_ \_\_\_\_\_ 2023 р.  
№ \_\_

## **ПРАКТИКУМ**

**з навчальної дисципліни  
«Гірниче матеріалознавство»**

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «БАКАЛАВР»  
спеціальності 184 «Гірництво»  
освітньо-професійна програма «Гірництво»  
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва  
кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

Рекомендовано на засіданні кафедри  
гірничих технологій та  
будівництва ім. проф. Бакка М.Т.  
\_\_\_\_\_ 2023 р.,  
протокол № \_\_\_\_

Розробники: к.т.н., доцент кафедри гірничих технологій та будівництва  
ім. проф. Бакка М.Т., ПАВЛОВ Євген  
Асистент кафедри гірничих технологій та будівництва  
ім. проф. Бакка М.Т., ПІСКУН Ігор

Житомир  
2023

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 2

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Програма навчальної дисципліни.....	5
Тема 1. «Основні властивості будівельних матеріалів».....	7
Теоретичні відомості.....	7
Фізичні властивості.....	7
Гідрофізичні властивості.....	9
Теплофізичні властивості.....	11
Механічні властивості.....	12
Приклади розв'язання задач.....	14
Індивідуальні завдання.....	17
Контрольні запитання.....	24
Тема 2. «Керамічні матеріали. В'язучі речовини».....	25
Теоретичні відомості.....	25
Керамічні матеріали.....	25
В'язучі речовини.....	28
Приклади розв'язання задач.....	31
Індивідуальні завдання.....	34
Контрольні запитання.....	38
Тема 3. «Розрахунок та підбір складу звичайного бетону».....	39
Теоретичні відомості.....	39
Склад бетонної суміші.....	39
Міцність бетону.....	40
Приклади розв'язання задач.....	43
Індивідуальні завдання.....	49
Контрольні запитання.....	54
Тема 4. «Метали та металеві вироби».....	55
Теоретичні відомості.....	55
Метали та сплави.....	55
Властивості металів та сплавів.....	55
Приклади розв'язання задач.....	57
Індивідуальні завдання.....	59
Контрольні запитання.....	64
Питання, що виносяться на залік.....	65
Тестові завдання.....	67
Теми рефератів.....	75
Основні терміни.....	76
Рекомендована література.....	80
Додаток А.....	81

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 3

## ВСТУП

**Метою** дисципліни «Гірниче матеріалознавство» є поглиблене засвоєння фундаментальних знань в області властивостей матеріалів, що широко використовуються в практичній роботі фахівця з видобутку корисних копалин.

Основна увага при викладанні дисципліни приділяється створенню системи знань та уявлень, що лежать в основі:

- методики вивчення властивостей матеріалів;
- дослідження впливу природних чинників на стійкість будівельних матеріалів;
- технічних матеріалів з розрахунків і конструювання матеріалів, та виробів на їх основі.

Особлива увага приділяється вивченню фундаментальних принципів обґрунтованого вибору матеріалів для потреб виробництва. Такий напрямок дозволить майбутнім фахівцям створити міцний фундамент, на базі якого будуть розвиватись та поглиблюватись професійно-практичні знання в галузі видобутку корисних копалин.

**Завданням** вивчення дисципліни «Гірниче матеріалознавство» є створення у студентів теоретичної бази з матеріалознавства для засвоєння дисциплін, що вивчаються відповідно до навчального плану спеціальності 184 «Гірництво» та придбання студентами знань, необхідних для рішення практичних питань в їхній майбутній інженерній діяльності.

**Основними аспектами** дисципліни є:

1. Навчити студентів:
  - Методикам, за допомогою яких вивчаються та перевіряються властивості матеріалів;
  - Основним технологічним принципам виготовлення матеріалів, що забезпечують максимальне підвищення їх ефективності та надійності;
  - Визначати основні експлуатаційні характеристики матеріалів, що забезпечують надійність та безпеку їх експлуатації.
2. Розкрити значення і роль матеріалознавства в практичній діяльності фахівця.
3. Сформувати у студентів навички неформального використання знань у професійно-практичній діяльності.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати**:

- класифікацію матеріалів за призначенням;
- переваги, недоліки і галузі використання різних матеріалів;
- методики визначення властивостей матеріалів для різних технологічних умов їх експлуатації;
- методики розрахунків фізико-механічних властивостей матеріалів;
- методики розрахунків складу важких бетонів;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 4

- принципи створення будівельних сумішей;

**ВМІТИ:**

1. Використовуючи знання з дисципліни, зробити обґрунтований вибір:

- складу важких бетонів для бетонування в різних гірських умовах при кріпленні підземних виробок;
- будівельних сумішей при будівництві об'єктів на поверхні, та під землею;
- мастильних матеріалів при змащенні різного обладнання;
- технічної рідини та газів при ремонті та експлуатації гірничого обладнання;
- сумішей для фарбування та фарб залежно від умов використання.

2. Використовуючи науково-технічну літературу, винаходи, раціоналізаторські пропозиції та технічну документацію, розробляти заходи з використання енергозберігаючих матеріалів.

3. Використовуючи технологічні схеми, довідкову літературу, та, спираючись на знання конструкцій, принцип дії, умови роботи та особливості експлуатації технологічного обладнання визначити потрібні мастильні матеріали та експлуатаційні рідини.

4. Використовуючи технологічні схеми, довідкову літературу, та, спираючись на знання проявів гірничого тиску обирати матеріали, що забезпечують необхідну стійкість підземних виробок.

Практичні роботи виконуються під час навчальних занять протягом семестру. За індивідуальним завданням необхідно виконати розв'язання задач, оформити і подати до захисту на папері формату А4 до наступного заняття. Практична робота має містити титульний лист відповідного зразка (додаток А).

Оцінка за роботу враховує правильність вирішення завдань, своєчасність здачі та рівень захисту.

В практикумі викладено теоретичні основи по темам практичних занять дисципліни, наведені приклади розв'язання задач, індивідуальні завдання, дані контрольні питання з практичних і питання, що виносяться на іспит. Наведена основна термінологія і рекомендована література.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 5

## ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### *Змістовий модуль 1. Матеріали та їх властивості.*

**Тема 1. Основні властивості матеріалів.** 1. Фізичні властивості матеріалів. 2. Механічні властивості матеріалів. 3. Хімічні властивості матеріалів.

**Тема 2. Природні кам'яні матеріали.** 1. Класифікація природних кам'яних матеріалів та їх властивості. 2. Вироби із природних кам'яних матеріалів та галузі їх застосування.

**Тема 3. Керамічні матеріали.** 1. Класифікація керамічних матеріалів та їх властивості. 2. Керамічні матеріали для будівельних робіт. 3. Основи виробництва керамічних матеріалів.

**Тема 4. Метали. Основи отримання чавуну та сталі.** 1. Класифікація металів та їх властивості. 2. Чорні метали. Основи отримання чавуну та сталі. 3. Кольорові метали. Їх властивості та галузі використання. 4. Сталеві та чавунні вироби. Їх властивості та галузі використання.

**Тема 5. Деревина. Матеріали з деревини.** 1. Деревина та її властивості. 2. Вироби та матеріали із деревини. Галузі використання.

**Тема 6. Мінеральні в'язучі речовини.** 1. Класифікація мінеральних в'язучих речовин та їх властивості. 2. Повітряні в'язучі. Повітряне вапно, гіпсові в'язучі, магнезіальні в'язучі їх властивості та галузі використання. 3. Гідравлічні в'язучі, їх властивості. Гідравлічне вапно.

**Тема 7. Бетони та їх властивості.** 1. Класифікація бетонів та їх властивості. Галузі використання бетонів різного складу. 2. Створення рецептури важких бетонів для будівельних робіт.

### *Змістовий модуль 2. Матеріали загального і спеціального призначення.*

**Тема 8. Будівельні розчини.** 1. Класифікація будівельних розчинів та їх властивості. 2. Склад будівельних розчинів для різних умов використання.

**Тема 9. Органічні в'язучі речовини.** 1. Класифікація органічних в'язучих речовин. Природні та нафтові бітуми, їх властивості. Дьогтьові в'язучі та їх властивості. 2. Вироби на основі органічних в'язучих. Їх властивості та галузі використання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВКЗ.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 6

**Тема 10. Технічні рідини та гази.** 1. Класифікація технічних рідин та газів. Їх властивості. 2. Класифікація мастильних матеріалів. Рідкі та консистентні мастила. Їх властивості та галузі використання. 3. Технічні рідини. Охолоджувальні та мастило-охолоджувальні рідини та їх властивості.

**Тема 11. Полімерні матеріали.** 1. Класифікація полімерних матеріалів. Їх властивості та галузі використання. 2. Основні компоненти полімерних матеріалів. Їх властивості. 3. Вироби з полімерних матеріалів. Штучні кам'яні та полімерні матеріали.

**Тема 12. Залізобетон та залізобетонні вироби.** 1. Класифікація залізобетону. Монолітний та збірний залізобетон. Їх властивості та галузі використання. 2. Залізобетонні вироби із збірного залізобетону. Основи їх виробництва.

**Тема 13. Теплоізоляційні матеріали.** 1. Класифікація теплоізоляційних матеріалів. Їх властивості та галузі використання. 2. Теплоізоляційні матеріали на основі розплавів гірських порід. Їх властивості, галузі використання та основи отримання. 3. Теплоізоляційні матеріали на основі кераміки. Керамзит та аглопорит. Їх властивості та галузі використання. 4. Теплоізоляційні бетони. Їх властивості та галузі використання.

**Тема 14. Використання відходів виробництва у будівельній галузі.** 1. Класифікація відходів виробництва, придатних для використання у будівельній галузі. Вимоги до їх властивостей.

**Тема 15. Закладочні матеріали.** 1. Класифікація закладочних матеріалів. Їх властивості.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 7

## ТЕМА 1

### «ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ»

#### Теоретичні відомості

**Властивість** — характеристика матеріалу, що проявляється в процесі його обробки, застосуванні або експлуатації.

**Якість** — сукупність властивостей матеріалу, що зумовлюють його здатність задовольняти певним вимогам відповідно до його призначення.

Властивості будівельних матеріалів та виробів класифікують на чотири основні групи: фізичні, механічні, хімічні, технологічні та ін.

До **хімічних** відносять здатність матеріалів чинити опір дії хімічно агресивного середовища, що викликають у них обмінні реакції, що призводять до руйнування матеріалів, зміни своїх початкових властивостей: розчинність, корозійна стійкість, стійкість проти гниття, твердіння.

**Фізичні властивості:** середня, насипна, істинна і відносна щільність; пористість, вологість, вологовіддача, теплопровідність.

**Механічні властивості:** межі міцності при стисканні, розтягуванні, згинанні, зсуві, пружність, пластичність, жорсткість, твердість.

**Технологічні властивості:** зручноукладальність, теплостійкість, плавлення, швидкість затвердіння та висихання.

#### Фізичні властивості

**Щільність** — фізична величина, що визначається масою речовини (або матеріалу) в одиниці обсягу. Залежно від ступеня ущільнення частинок матеріалу розрізняють:

**Істинна щільність**  $\rho$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) — маса одиниці об'єму матеріалу, коли до розрахунку береться лише об'єм твердої речовини  $V_a$  ( $\text{м}^3$ ):

$$\rho = \frac{m}{V_a}, \text{ г}/\text{см}^3, \quad (1)$$

де  $\rho$  – істинна щільність,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;

$m$  – маса матеріалу в абсолютно ущільненому стані, г;

$V_a$  – об'єм матеріалу у абсолютно щільному стані:

$$V_a = V_{np} - V_n \quad (2)$$

$V_{np}$  – об'єм матеріалу в природному стані;

$V_n$  – об'єм пір, укладених у матеріалі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 8

**Середня щільність** — маса одиниці об'єму матеріалу в природному стані (з порами і дефектами):

$$\rho_{сер} = \frac{m}{V_{np}}, \text{ г/см}^3, \quad (3)$$

де  $\rho_{сер}$  – середня щільність, г/см<sup>3</sup>;

$m$  – маса матеріалу в природному стані, г.

**Насипна щільність** (для сипучих матеріалів) — маса одиниці об'єму пухко насипаних зернистих або волокнистих матеріалів.

$$\rho_n = m_n / V_n, \text{ г/см}^3, \quad (4)$$

де  $\rho_n$  – насипна щільність, г/см<sup>3</sup>;

$m_n$  – насипна маса матеріалу, г;

$V_n$  – насипний об'єм, см<sup>3</sup>.

**Відносна щільність** — це безрозмірна величина, що дорівнює відношенню середньої щільності матеріалу до щільності води при 4°C, що дорівнює – 1 г/см<sup>3</sup>:

$$d = \rho_{сер} / \rho_v, \quad (5)$$

де  $d$  – відносна щільність;

$\rho_{сер}$  – середня щільність, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_v$  – щільність води при 4°C, 1 г/см<sup>3</sup>.

**Пористість  $\Pi$**  — ступінь заповнення матеріалу порами:

$$\Pi = V_n / V_{np}, \quad (6)$$

де  $V_n$  – об'єм пір;

$V_{np}$  – об'єм матеріалу в природному стані.

$$\Pi = [(V_{np} - V_a) / V_{np}] \cdot 100 \%. \quad (7)$$

$$\Pi = (1 - \frac{\rho_{сер}}{\rho}) \cdot 100\%. \quad (8)$$

Пористість буває відкрита та закрита.

**Відкрита пористість  $\Pi_v$**  — пори сполучаються з навколишнім середовищем і між собою, заповнюються водою за звичайних умов насичення (занурення у ванну з водою). Відкриті пори збільшують проникність і водопоглинання матеріалу, знижують морозостійкість.

**Закрита пористість  $\Pi_z = \Pi - \Pi_v$** . Збільшення закритої пористості підвищує довговічність матеріалу, знижує звукопоглинання.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВКЗ.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 9

Пористий матеріал містить і відкриті, і закриті пори.  
Залежність між щільністю та пористістю показана в таблиці 1.

Таблиця 1 – Справжня і середня щільності і пористість деяких будівельних матеріалів

Матеріал	Щільність, кг/м <sup>3</sup>		Пористість, %
	істинна	середня	
Граніт	2700-2800	2600-2700	0,5-1
Важкий бетон	2600-2700	2200-2500	8-12
Цегла	2500-2600	1400-1800	25-45
Деревина	1500-1550	400-800	45-70
Пінопласт	950-1200	20-100	90-98

### Гідрофізичні властивості

**Вологість** — вміст вологи в матеріалі, віднесений до одиниці маси матеріалу в сухому стані:

$$W_m = \left( \frac{m_1 - m_2}{m_2} \right) \cdot 100\% \quad (9)$$

$m_1$  – маса матеріалу у природно вологому стані, г;

$m_2$  – маса матеріалу, висушеного до постійної маси, г.

**Водопоглинання** — здатність матеріалу поглинати вологу та утримувати її у своїх порах.

Водопоглинання пористих матеріалів визначають за стандартною методикою, витримуючи зразки у воді при температурі  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . При цьому вода не проникає в закриті пори, тобто водопоглинання характеризує тільки відкриту пористість. При вилученні зразків з ванни вода частково витікає з великих пір, тому водопоглинання завжди менше пористості.

Водопоглинання за об'ємом  $W_o$  (%) — ступінь заповнення об'єму матеріалу водою:

$$W_o = \left( \frac{m_g - m_c}{V_{ем}} \right) \cdot 100\%, \quad (10)$$

де  $m_g$  – маса зразка матеріалу, насиченого водою;

$m_c$  – маса зразка в сухому стані.

Водопоглинання за масою  $W_m$  (%) визначають по відношенню до маси сухого матеріалу:

$$W_m = \left( \frac{m_g - m_c}{m_c} \right) \cdot 100\%, \quad (11)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 10

$$W_o = W_m \cdot \gamma, \quad (12)$$

де  $\gamma$  – об'ємна маса сухого матеріалу, виражена по відношенню до щільності води (безрозмірна величина).

Водопоглинання використовують з оцінки структури матеріалу з допомогою коефіцієнта насичення:

$$k_n = W_o / \Pi. \quad (13)$$

Він може змінюватися від 0 (всі пори у матеріалі замкнуті) до 1 (всі пори відкриті). Зменшення  $k_n$  говорить про підвищення морозостійкості.

**Водопроникність** — це властивість матеріалу пропускати воду під тиском.

Коефіцієнт фільтрації  $k_\phi$  (м/год - розмірність швидкості) характеризує водопроникність:

$$k_\phi = V_e \cdot \frac{a}{S \cdot (p_1 - p_2) \cdot t}, \quad (14)$$

де  $V_e$  – кількість води (м<sup>3</sup>), що проходить через стінку площею 1 м<sup>2</sup>, товщиною 1 м, за 1 годину при різниці гідростатичного тиску на межах стінки 1 м вод. ст.

**Водонепроникність** матеріалу характеризується маркою W2; W4; W8; W10; W12, що позначає односторонній гідростатичний тиск кгс/см<sup>2</sup>, при якому бетонний зразок-циліндр не пропускає воду в умовах стандартного випробування. Чим нижче  $k_\phi$ , тим вище марка водонепроникності.

**Водостійкість** характеризується коефіцієнтом розм'якшення:

$$k_p = R_e / R_c, \quad (15)$$

де  $R_e$  – міцність матеріалу насиченого водою,

$R_c$  – міцність сухого матеріалу.

Коефіцієнт розм'якшення характеризує водостійкість матеріалу, він змінюється від 0 (розмокла глина) до 1 (метали). Якщо коефіцієнт розм'якшення менше 0,8, то матеріали не застосовують у будівельних конструкціях, що знаходяться у воді.

**Гігроскопічність** — властивість капілярно-пористого матеріалу поглинати водяну пару з повітря. Процес поглинання вологи з повітря називається **сорбцією**, він обумовлений полімолекулярною адсорбцією водяної пари на внутрішній поверхні пор і капілярною конденсацією. З підвищенням тиску водяної пари (тобто збільшенням відносної вологості повітря при постійній температурі) зростає сорбційна вологість матеріалу.

Капілярне всмоктування характеризується висотою підняття води у матеріалі, кількістю поглиненої води та інтенсивністю всмоктування.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 11

Зменшення цих показників відображає поліпшення структури матеріалу та підвищення його морозостійкості.

**Вологісні деформації.** Пористі матеріали при зміні вологості змінюють свій обсяг та розміри.

**Усадка** — зменшення розмірів матеріалу при його висиханні.

**Набухання** відбувається при насиченні матеріалу водою.

### Теплофізичні властивості

**Теплопровідність** — властивість матеріалу передавати тепло від однієї поверхні до іншої.

Теплопровідність можна визначити за емпіричною формулою В.П. Некрасова:

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

де  $d$  – відносна щільність:

$$d = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}} \quad (17)$$

Таблиця 2 – Середня щільність, пористість та теплопровідність деяких будівельних матеріалів

Матеріал	$\rho_{сер}, \text{кг/м}^3$	$P, \%$	$\lambda, \text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$
Граніт	2600-2800	1-0,5	Біля 3
Важкий бетон	2200-2400	12-8	1,1-1,3
Цегла звичайна	1600-1800	33-28	0,7-0,8
Пінополістирол	10-50	98-95	0,035-0,03

**Теплоємність** з [ $\text{ккал}/(\text{кг} \cdot \text{С})$ ] — кількість тепла, яке потрібно надати матеріалу для зміни його температури на  $1^\circ\text{С}$ . Для кам'яних матеріалів теплоємність змінюється від 0,75 до 0,92  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{С})$ . З підвищенням вологості зростає теплоємність матеріалів.

**Вогнетривкість** — властивість матеріалу витримувати тривалу дію високої температури (від  $1580^\circ\text{С}$  і вище), не розм'якшуючись та не деформуючись. Вогнетривкі матеріали застосовують для внутрішнього футерування промислових печей. Тугоплавкі матеріали розм'якшуються при температурі вище  $1350^\circ\text{С}$ .

**Вогнестійкість** — здатність матеріалу витримувати без руйнування вплив вогню та води в умовах пожежі. Руйнування матеріалу в таких умовах може статися через те, що він згорить, розтріскається, повністю втратить міцність. За ступенем вогнестійкості розрізняють вогнетривкі, важкоспалювані і горючі матеріали:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 12

- **Вогнетривкі** під дією вогню або високої температури не піддаються загорянню і не обвуглюються. До таких матеріалів відносяться бетон, цегла та ін. Однак деякі вогнетривкі матеріали (скло, азбестоцемент, мармур) при різкому нагріванні руйнуються, а інші конструкції при сильному нагріванні втрачають міцність і деформуються.
- **Важкоспалювані** матеріали під дією вогню повільно спалахують і після припинення його дії їх горіння і тління припиняються. До цих матеріалів відносяться фіброліт, просочена антипіренами деревина, асфальтобетон.
- **Горючі** під дією вогню або високої температури горять і продовжують горіти після припинення дії вогню.

**Теплове розширення** — властивість матеріалу розширюватися при нагріванні та стискатися при охолодженні – характеризується температурними коефіцієнтами об'ємного (КОТР) та лінійного (КЛТР) розширення.

**Морозостійкість** — властивість насиченого водою матеріалу витримувати поперемінне заморожування та розморожування. Кількісно морозостійкість оцінюється маркою. За марку приймається найбільше число циклів поперемінного заморожування до  $-20^{\circ}\text{C}$  і відтавання при температурі  $12-20^{\circ}\text{C}$ , яке витримують зразки матеріалу без зниження міцності на стиск понад 15%; після випробування зразки не повинні мати видимих ушкоджень - тріщин, фарбування (втрати маси не більше 5%).

### Механічні властивості

**Пружність** — властивість матеріалу мимовільно відновлювати первісну форму і розміри після припинення дії зовнішніх сил.

**Пластичність** — властивості матеріалу змінювати форму чи розміри під дією зовнішніх сил, не руйнуючи, причому після припинення дії сили матеріал не може мимовільно відновити розміри і форму.

**Залишкова деформація** — пластична деформація.

**Відносна деформація** — відношення абсолютної деформації до початкового лінійного розміру:

$$\varepsilon = \Delta l / l. \quad (18)$$

**Модуль пружності** — відношення напруги до відносної деформації:

$$E = \sigma / \varepsilon. \quad (19)$$

**Міцність** — властивість матеріалу чинити опір руйнуванню під дією внутрішніх напружень, викликаних зовнішніми силами:

$$\sigma = F / A. \quad (20)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 13

Міцність оцінюють межею міцності — **тимчасовим опором**  $R$ , визначеному при даному виді деформації.

Залежно від міцності матеріали поділяються на марки та класи. Марки записуються в  $кгс/см^2$ , а класи – в  $МПа$ . Клас характеризує гарантовану міцність. Клас за міцністю (В) називається тимчасовим опором стиску стандартних зразків (бетонних кубів з розміром ребра 150 мм), випробуваних у віці 28 діб зберігання при температурі  $20 \pm 2^\circ C$  з урахуванням статичної мінливості міцності.

**Коефіцієнт конструктивної якості** — відношення міцності (тимчасового опору  $R$ ) матеріалу до його щільності ( $\rho$ ):

$$R_y = \frac{R}{\rho}, \quad (21)$$

Для 3-ї сталі  $R_y = 51 МПа$ , для міцної сталі  $R_y = 127 МПа$ , важкого бетону  $R_y = 12,6 МПа$ , деревини  $R_y = 200 МПа$ .

**Твердість** — здатність твердішого матеріалу проникати в м'якший матеріал під певним тиском. Існує два способи визначення твердості:

- **за системою Моосу**: випробування твердості матеріалу проводиться методом нанесення подряпин мінералами, підібраними в певній наростаючій послідовності по твердості:

- 1) тальк,
- 2) гіпс,
- 3) вапняний шпат,
- 4) плавиковий шпат,
- 5) апатит,
- 6) польовий шпат,
- 7) кварц,
- 8) топаз,
- 9) корунд,
- 10) діамант.

- **за методом Брінелля** застосовується гідравлічний прес Брінелля, дія якого заснована на вдавлюванні сталеві кульки в поверхневий шар випробуваного матеріалу під певним навантаженням (від 10 до 30 секунд). По діаметру відбитка розраховують число твердості  $HB$  (за Брінеллем) або  $HR$  (за Роквеллом).

**Стирання** — втрата первісної маси зразка при проходженні цим зразком певного шляху абразивної поверхні. Стирання:

$$C = \frac{(m_1 - m_2)}{A}, \quad (22)$$

де  $A$  – площа поверхні, що стирається.

**Знос** — властивість матеріалу чинити опір одночасно впливу стираючих і ударних навантажень. Знос визначають у барабані зі сталевими кулями або без них.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 14

## Приклади розв'язання задач

### Приклад 1

Зразок щільного (пористість дорівнює 0%) каменю має масу 35,9 г. При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою 22,6 г. Обчислити середню щільність цього каменю.

#### Розв'язок:

Середня щільність визначається з виразу (3):

$$\rho_m = \frac{m}{V_{np}}$$

Пористість дорівнює нулю, отже  $m_{нас. вод} = m$ .

Відповідно до методу гідростатичного зважування:

$$V_{np} = \frac{m_{нас} - m_{вод}}{\rho_{H_2O}}$$

$$\rho_{H_2O} = 1 \text{ г/см}^3,$$

$$V_{np} = \frac{35,9 - 22,6}{1} = 13,3 \text{ см}^3,$$

$$\rho_m = \frac{35,9}{13,3} = 2,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

### Приклад 2

Розрахувати пористість цегли, якщо її середня щільність 1700 кг/м<sup>3</sup>. Справжню щільність взяти з табл.1:

#### Розв'язок:

Пористість визначається з виразу (8):

$$P = \left(1 - \frac{\rho_{сер}}{\rho}\right) \cdot 100\%,$$

$$P = \left(1 - \frac{1700}{2500}\right) \cdot 100\% = 32\%.$$

### Приклад 3

Зразок цегли, взятий зі стіни, мав масу 240 г. Після висушування в термошафі при 105°C до постійної маси маса цього зразка стала 210 г. Яка

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВКЗ.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 15

вологість цегли в стіні?

**Розв'язок:**

Вологість визначається за формулою (9):

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

де  $m_1$  – маса матеріалу у природно вологому стані, г;  
 $m_2$  – маса матеріалу, висушеної до постійної маси, г.

$$W_m = \left( \frac{240 - 210}{210} \right) \cdot 100\% = 14\%.$$

**Приклад 4**

Зразок-куб 10x10x10 см виготовлений з керамзитобетону, при випробуванні на стиск зруйнувався при навантаженні 150 кН. Яка межа міцності при стисканні даного зразка керамзитобетону?

**Розв'язок:**

Межу міцності визначимо з виразу:

$$R_{сж} = \frac{P_p}{A},$$

где  $P_p$  – руйнівне навантаження, МН;  
 $A$  – площа дії навантаження, м<sup>2</sup>.

$$A = 0,1 \times 0,1 = 0,01 \text{ м}^2;$$

$$R_{сж} = \frac{0,15}{0,01} = 15 \text{ МПа}.$$

**Приклад 5**

Визначити теплопровідність каменю, якщо його маса  $m = 35$  кг, розміри 400x200x200 мм.

**Розв'язок:**

Теплопровідність можна визначити за емпіричною формулою В. П. Некрасова (15):

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

де  $d$  – відносна щільність:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 16

$$d = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$$

Визначимо об'єм каменю:

$$V = 0,4 \cdot 0,2 \cdot 0,2 = 0,016 \text{ м}^3.$$

Тоді середня щільність каменю складе:

$$\rho_{сер} = \frac{m}{V_{np}} = \frac{35}{0,016} = 2188 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Відносна щільність (з урахуванням того, що  $\rho_{H_2O} = 1000 \text{ кг/м}^3$ ):

$$d = \frac{2188}{1000} = 2,188$$

Тоді теплопровідність каменю складе:

$$\lambda = 1,16\sqrt{0,0196 + 0,22 \cdot 2,188^2} - 0,16 = 1,04 \text{ Вт/м} \cdot \text{С}$$

### **Приклад 6**

Природний камінь, що є шматками неправильної форми, має середню щільність у шматку  $850 \text{ кг/м}^3$ . Розрахуйте пористість цієї породи, якщо відомо, що щільність речовини, з якої вона складається,  $2600 \text{ кг/м}^3$ .

#### **Розв'язок:**

Пористість визначається з виразу (8):

$$П = \left(1 - \frac{\rho_{сер}}{\rho}\right) \cdot 100\%,$$

$$П = \left(1 - \frac{850}{2600}\right) \cdot 100\% = 67,4\%.$$

### **Приклад 7**

Зразок вапняку кубічної форми з довжиною ребра  $L=13 \text{ см}$  у сухому стані при випробуванні на опір стиску зруйнувався під навантаженням  $P=65720 \text{ кг}$ . Визначити межу міцності вапняку при стисканні у водонасиченому стані, якщо відомий коефіцієнт розм'якшення  $k_p=0,75$ .

#### **Розв'язок:**

Визначаємо межу міцності вапняку в сухому стані:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 17

$$R_c = \frac{P}{A},$$

де  $A$  - площа зразка,  $A = L^2 = 0,13^2 = 0,0169 \text{ м}^2$ ;

$$R_c = \frac{657200}{0.0169} = 38887573 \text{ Па} = 38,9 \text{ МПа}.$$

Визначаємо межу міцності вапняку у водонасиченому стані з виразу (15):

$$R_g = R_c \cdot k_p;$$

$$R_g = 38,9 \cdot 0,75 = 29,1 \text{ МПа}.$$

### Індивідуальні завдання

#### Варіант 1

**Задача 1.** Зразок щільного (пористість дорівнює 0%) каменю має масу 37,8 г. При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою 24,3 г. Обчислити середню щільність цього каменю.

**Задача 2.** Розрахувати пористість цегли, якщо її середня щільність 1800 кг/м<sup>3</sup>. Істинна щільність  $\rho = 2600 \text{ кг/м}^3$ .

#### Варіант 2

**Задача 1.** Зразок цегли, взятий зі стіни, мав масу 250 г. Після висушування в термошафі при 105°C до постійної маси маса цього зразка стала 215 г. Якою є вологість цегли в стіні?

**Задача 2.** Зразок-куб 10x10x10 см, виготовлений з керамзитобетону, при випробуванні на стиск зруйнувався при навантаженні 170 кН. Яка межа міцності при стисканні даного зразка керамзитобетону?

**Задача 3.** Розрахувати пористість цегли, якщо її середня щільність з урахуванням вологості, що дорівнює 8%, становить 1800 кг/м<sup>3</sup>. Істинна щільність  $\rho = 2600 \text{ кг/м}^3$ .

#### Варіант 3

**Задача 1.** Природний камінь, що є шматками неправильної форми, має середню щільність у шматку 800 кг/м<sup>3</sup>. Розрахуйте пористість цієї породи, якщо відомо, що щільність речовини, з якої вона складається, 2700 кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 2.** Визначити пористість каменю із середньою щільністю 1295 кг/м<sup>3</sup>, що має масу 40,2 г, якщо при зважуванні його у воді методом гідростатичного зважування він урівноважується гирями масою 27,7 г.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВКЗ.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 18

### **Варіант 4**

**Задача 1.** Визначити теплопровідність каменю, якщо маса  $m = 40$  кг, розміри  $400 \times 200 \times 200$  мм.

**Задача 2.** Зразок вапняку кубічної форми з довжиною ребра  $L=15$  см у сухому стані при випробуванні на опір стиску зруйнувався під навантаженням  $P=75000$  кг. Визначити межу міцності вапняку при стисканні у водонасиченому стані, якщо відомий коефіцієнт розм'якшення  $k_p=0,8$ .

**Задача 3.** Визначити пористість каменю із середньою щільністю  $1420$  кг/м<sup>3</sup>, що має масу  $39,2$  г, якщо при зважуванні його у воді методом гідростатичного зважування він урівноважується гирями масою  $22,7$  г.

### **Варіант 5**

**Задача 1.** Зразок щільного (пористість дорівнює 0%) каменю має масу  $37,8$  г. При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він урівноважується гирями масою  $24,3$  г. Обчислити середню щільність цього каменю.

**Задача 2.** Зразок-куб  $10 \times 10 \times 10$  см, виготовлений з керамзитобетону, при випробуванні на стиск зруйнувався при навантаженні  $170$  кН. Яка межа міцності при стисканні даного зразка керамзитобетону?

**Задача 3.** Визначити вологість цегли, якщо її середня щільність у вологому стані становить  $1900$  кг/м<sup>3</sup>, істинна щільність  $2550$  кг/м<sup>3</sup>, а пористість дорівнює 45%.

### **Варіант 6**

**Задача 1.** Зразок цегли, взятий зі стіни, мав масу  $260$  г. Після висушуванні зразка в термошафі при  $105^\circ\text{C}$  до постійної маси його маса стала  $218$  г. Яка вологість цегли в стіні?

**Задача 2.** Розрахувати пористість цегли, якщо її середня щільність  $1650$  кг/м<sup>3</sup>. Істинна щільність  $\rho = 2550$  кг/м<sup>3</sup>.

### **Варіант 7**

**Задача 1.** Визначити теплопровідність каменю, якщо його маса  $m = 40$  кг, розміри  $400 \times 200 \times 200$  мм.

**Задача 2.** Природний камінь, що є шматками неправильної форми, має середню щільність у шматку  $850$  кг/м<sup>3</sup>. Розрахуйте пористість цієї породи, якщо відомо, що щільність речовини, з якої вона складається,  $2800$  кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 3.** Зразок каменю з пористістю 3% має масу  $37,8$  г. При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він урівноважується гирями масою  $24,3$  г. Обчислити середню щільність цього каменю.

### **Варіант 8**

**Задача 1.** Зразок вапняку кубічної форми з довжиною ребра  $L=10$  см у сухому стані при випробуванні на опір стиску зруйнувався під навантаженням  $P=35000$  кг. Визначити межу міцності вапняку при стисканні у водонасиченому стані, якщо відомий коефіцієнт розм'якшення  $k_p=0,85$ .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 19

**Задача 2.** Визначити пористість каменю із середньою щільністю  $1300 \text{ кг/м}^3$ , що має масу  $31,2 \text{ г}$ , якщо при зважуванні його у воді методом гідростатичного зважування він урівноважується гирями масою  $24,3 \text{ г}$ .

### Варіант 9

**Задача 1.** Зразок цегли, взятий зі стіни, мав масу  $245 \text{ г}$ . Після висушування в термошафі при  $105^\circ\text{C}$  до постійної маси маса цього зразка стала  $213 \text{ г}$ . Якою є вологість цегли в стіні?

**Задача 2.** Розрахувати пористість цегли, якщо її середня щільність  $1730 \text{ кг/м}^3$ . Істинна щільність  $\rho = 2350 \text{ кг/м}^3$ .

**Задача 3.** Визначити пористість каменю із середньою щільністю  $1300 \text{ кг/м}^3$ , що має масу  $39,2 \text{ г}$ , якщо при зважуванні його у воді методом гідростатичного зважування він урівноважується гирями масою  $24,3 \text{ г}$ .

### Варіант 10

**Задача 1.** Зразок щільного (пористість дорівнює  $0\%$ ) каменю має масу  $33,5 \text{ г}$ . При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою  $20,3 \text{ г}$ . Обчислити середню щільність цього каменю.

**Задача 2.** Зразок-куб  $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$ , виготовлений з керамзитобетону, при випробуванні на стиск зруйнувався при навантаженні  $165 \text{ кН}$ . Яка межа міцності при стисканні даного зразка керамзитобетону?

**Задача 3.** Розрахувати істинну щільність цегли, якщо її середня щільність в абсолютно сухому стані становить  $1800 \text{ кг/м}^3$ , а вологість у насиченому водою стані становить  $18\%$ .

### Варіант 11

**Задача 1.** Зразок вапняку кубічної форми з довжиною ребра  $L=13 \text{ см}$  у сухому стані при випробуванні на опір стиску зруйнувався під навантаженням  $P=70000 \text{ кг}$ . Визначити межу міцності вапняку при стисканні у водонасиченому стані, якщо відомий коефіцієнт розм'якшення  $k_p=0,7$ .

**Задача 2.** Зразок каменю з пористістю  $6\%$  має масу  $39,2 \text{ г}$ . При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою  $24,3 \text{ г}$ . Обчислити середню щільність цього каменю.

### Варіант 12

**Задача 1.** Визначити теплопровідність каменю, якщо маса  $m = 28 \text{ кг}$ , розміри  $400 \times 150 \times 150 \text{ мм}$ .

**Задача 2.** Природний камінь, що є шматками неправильної форми, має середню щільність у шматку  $900 \text{ кг/м}^3$ . Розрахуйте пористість цієї породи, якщо відомо, що щільність речовини, з якої вона складається,  $2800 \text{ кг/м}^3$ .

**Задача 3.** Визначити пористість каменю із середньою щільністю  $1240 \text{ кг/м}^3$ , що має масу  $39,2 \text{ г}$ , якщо при зважуванні його у воді методом гідростатичного зважування він урівноважується гирями масою  $24,3 \text{ г}$ .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 20

### **Варіант 13**

**Задача 1.** Зразок щільного (пористість дорівнює 0%) каменю має масу 40,5 г. При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою 26,3 г. Обчислити середню щільність цього каменю.

**Задача 2.** Розрахувати пористість цегли, якщо її середня щільність 1900 кг/м<sup>3</sup>. Істинна щільність  $\rho = 2700$  кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 3.** Розрахувати істинну щільність цегли, якщо її середня щільність в абсолютно сухому стані становить 1860 кг/м<sup>3</sup>, а вологість у насиченому водою стані становить 13%.

### **Варіант 14**

**Задача 1.** Зразок цегли, взятий зі стіни, мав масу 255 г. Після висушування в термошафі при 105°C до постійної маси маса цього зразка стала 200 г. Якою є вологість цегли в стіні?

**Задача 2.** Зразок-куб 10x10x10 см, виготовлений з керамзитобетону, при випробуванні на стиск зруйнувався при навантаженні 175 кН. Яка межа міцності при стисканні даного зразка керамзитобетону?

**Задача 3.** Визначити об'єм каменю з пористістю 15%, що має масу 39,2 г, якщо при зважуванні його у воді за методом гідростатичного зважування він врівноважується гирями масою 24,3 г.

### **Варіант 15**

**Задача 1.** Природний камінь, що є шматками неправильної форми, має середню щільність у шматку 830 кг/м<sup>3</sup>. Розрахуйте пористість цієї породи, якщо відомо, що щільність речовини, з якої вона складається, 2650 кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 2.** Визначити об'єм каменю з пористістю 12%, що має масу 39,2 г, якщо при зважуванні його у воді за методом гідростатичного зважування він врівноважується гирями масою 23,8 г.

### **Варіант 16**

**Задача 1.** Визначити теплопровідність каменю, якщо маса  $m = 43$  кг, розміри 400×200×200 мм.

**Задача 2.** Зразок вапняку кубічної форми з довжиною ребра  $L=12$  см у сухому стані при випробуванні на опір стиску зруйнувався під навантаженням  $P=65000$  кг. Визначити межу міцності вапняку при стисканні у водонасиченому стані, якщо відомий коефіцієнт розм'якшення  $k_p=0,65$ .

**Задача 3.** Визначити об'єм каменю з пористістю 10%, що має масу 36,4 г, якщо при зважуванні його у воді за методом гідростатичного зважування він врівноважується гирями масою 24,3 г.

### **Варіант 17**

**Задача 1.** Зразок щільного (пористість дорівнює 0%) каменю має масу 35,8 г. При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою 27,6 г. Обчислити середню щільність цього

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 21

каменю.

**Задача 2.** Зразок-куб 10x10x10 см, виготовлений з керамзитобетону, при випробуванні на стиск зруйнувався при навантаженні 210 кН. Яка межа міцності при стисканні даного зразка керамзитобетону?

### Варіант 18

**Задача 1.** Зразок цегли, взятий зі стіни, мав масу 285 г. Після висушування в термошафі при 105°C до постійної маси маса цього зразка стала 225 г. Якою є вологість цегли в стіні?

**Задача 2.** Розрахувати пористість цегли, якщо її середня щільність 1600 кг/м<sup>3</sup>. Істинна щільність  $\rho = 2500$  кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 3.** Визначити об'єм каменю з пористістю 20%, що має масу 49,1 г, якщо при зважуванні його у воді за методом гідростатичного зважування він врівноважується гирями масою 29,6 г.

### Варіант 19

**Задача 1.** Визначити теплопровідність каменю, якщо маса  $m = 37$  кг, розміри 400×210×210 мм.

**Задача 2.** Природний камінь, що є шматками неправильної форми, має середню щільність у шматку 750 кг/м<sup>3</sup>. Розрахуйте пористість цієї породи, якщо відомо, що щільність речовини, з якої вона складається, 2600 кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 3.** Зразок каменю з пористістю 12% має масу 50,4 г. При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою 24,3 г. Обчислити середню щільність цього каменю.

### Варіант 20

**Задача 1.** Зразок вапняку кубічної форми з довжиною ребра  $L=11$  см у сухому стані при випробуванні на опір стиску зруйнувався під навантаженням  $P=43000$  кг. Визначити межу міцності вапняку при стисканні у водонасиченому стані, якщо відомий коефіцієнт розм'якшення  $k_p=0,7$ .

**Задача 2.** Визначити об'єм каменю з пористістю 13%, що має масу 37,2 г, якщо при зважуванні його у воді за методом гідростатичного зважування він врівноважується гирями масою 20,3 г.

### Варіант 21

**Задача 1.** Зразок цегли, взятий зі стіни, мав масу 230 г. Після висушування в термошафі при 105°C до постійної маси маса цього зразка стала 185 г. Якою є вологість цегли в стіні?

**Задача 2.** Розрахувати пористість цегли, якщо її середня щільність 1830 кг/м<sup>3</sup>. Істинна щільність  $\rho = 2570$  кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 3.** Визначити об'єм каменю з пористістю 15%, що має масу 35,2 г, якщо при зважуванні його у воді за методом гідростатичного зважування він врівноважується гирями масою 20,8 г.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 22

### Варіант 22

**Задача 1.** Зразок щільного (пористість дорівнює 0%) каменю має масу 35,5 г. При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою 23,7 г. Обчислити середню щільність цього каменю.

**Задача 2.** Зразок-куб 10x10x10 см, виготовлений з керамзитобетону, при випробуванні на стиск зруйнувався при навантаженні 180 кН. Яка межа міцності при стисканні даного зразка керамзитобетону?

### Варіант 23

**Задача 1.** Зразок вапняку кубічної форми з довжиною ребра  $L=13$  см у сухому стані при випробуванні на опір стиску зруйнувався під навантаженням  $P=72000$  кг. Визначити межу міцності вапняку при стисканні у водонасиченому стані, якщо відомий коефіцієнт розм'якшення  $k_p=0,75$ .

**Задача 2.** Яка маса зразка каменю з пористістю 11%, якщо його середня щільність  $1850$  кг/м<sup>3</sup>, а при зважуванні за методом гідростатичного зважування, він врівноважується гирями масою 115,2 г.

### Варіант 24

**Задача 1.** Визначити теплопровідність каменю, якщо маса  $m = 33$  кг, розміри 400x170x170 мм.

**Задача 2.** Природний камінь, що є шматками неправильної форми, має середню щільність у шматку  $700$  кг/м<sup>3</sup>. Розрахуйте пористість цієї породи, якщо відомо, що щільність речовини, з якої вона складається,  $2800$  кг/м<sup>3</sup>.

### Варіант 25

**Задача 1.** Зразок-куб 10x10x10 см, виготовлений з керамзитобетону, при випробуванні на стиск зруйнувався при навантаженні 195 кН. Яка межа міцності при стисканні даного зразка керамзитобетону?

**Задача 2.** Визначити об'єм каменю з пористістю 10%, що має масу 36,4 г, якщо при зважуванні його у воді за методом гідростатичного зважування він врівноважується гирями масою 24,3 г.

### Варіант 26

**Задача 1.** Зразок цегли, взятий зі стіни, мав масу 240 г. Після висушування в термошафі при  $105^\circ\text{C}$  до постійної маси маса цього зразка стала 205 г. Якою є вологість цегли в стіні?

**Задача 2.** Природний камінь, що є шматками неправильної форми, має середню щільність у шматку  $650$  кг/м<sup>3</sup>. Розрахуйте пористість цієї породи, якщо відомо, що щільність речовини, з якої вона складається,  $2640$  кг/м<sup>3</sup>.

### Варіант 27

**Задача 1.** Зразок щільного (пористість дорівнює 0%) каменю має масу 35,8 г. При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою 27,6 г. Обчислити середню щільність цього

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 23

каменю.

**Задача 2.** Зразок вапняку кубічної форми з довжиною ребра  $L=13$  см у сухому стані при випробуванні на опір стиску зруйнувався під навантаженням  $P=70000$  кг. Визначити межу міцності вапняку при стисканні у водонасиченому стані, якщо відомий коефіцієнт розм'якшення  $k_p=0,7$ .

**Задача 3.** Розрахувати істинну щільність цегли, якщо її середня щільність в абсолютно сухому стані становить  $1900$  кг/м<sup>3</sup>, а вологість у насиченому водою стані становить 15%.

### Варіант 28

**Задача 1.** Визначити теплопровідність каменю, якщо маса  $m = 28$  кг, розміри  $400 \times 150 \times 150$  мм.

**Задача 2.** Розрахувати пористість цегли, якщо її середня щільність  $1800$  кг/м<sup>3</sup>. Істинна щільність  $\rho = 2600$  кг/м<sup>3</sup>.

### Варіант 29

**Задача 1.** Зразок-куб  $10 \times 10 \times 10$  см, виготовлений з керамзитобетону, при випробуванні на стиск зруйнувався при навантаженні  $165$  кН. Яка межа міцності при стисканні даного зразка керамзитобетону?

**Задача 2.** Визначити об'єм каменю з пористістю 11%, що має масу  $37,2$  г, якщо при зважуванні його у воді за методом гідростатичного зважування він врівноважується гирями масою  $21,3$  г.

### Варіант 30

**Задача 1.** Зразок цегли, взятий зі стіни, мав масу  $220$  г. Після висушування в термошафі при  $105^\circ\text{C}$  до постійної маси маса цього зразка стала  $175$  г. Якою є вологість цегли в стіні?

**Задача 2.** Розрахувати пористість цегли, якщо її середня щільність  $1900$  кг/м<sup>3</sup>. Істинна щільність  $\rho = 2700$  кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 3.** Зразок каменю з пористістю 10% має масу  $50,4$  г. При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою  $24,3$  г. Обчислити середню щільність цього каменю.

### Варіант 31

**Задача 1.** Природний камінь, що є шматками неправильної форми, має середню щільність у шматку  $8500$  кг/м<sup>3</sup>. Розрахуйте пористість цієї породи, якщо відомо, що щільність речовини, з якої вона складається,  $290$  кг/м<sup>3</sup>.

**Задача 2.** Визначити пористість каменю із середньою щільністю  $1300$  кг/м<sup>3</sup>, що має масу  $40,2$  г, якщо при зважуванні його у воді методом гідростатичного зважування він урівноважується гирями масою  $22,7$  г.

### Варіант 32

**Задача 1.** Зразок щільного (пористість дорівнює 0%) каменю має масу  $35,8$  г. При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою  $26,6$  г. Обчислити середню щільність цього

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 24

каменю.

**Задача 2.** Зразок вапняку кубічної форми з довжиною ребра  $L=15$  см у сухому стані при випробуванні на опір стиску зруйнувався під навантаженням  $P=65000$  кг. Визначити межу міцності вапняку при стисканні у водонасиченому стані, якщо відомий коефіцієнт розм'якшення  $k_p=0,8$ .

**Задача 3.** Визначити об'єм каменю з пористістю 14%, що має масу 35,2 г, якщо при зважуванні його у воді за методом гідростатичного зважування він врівноважується гирями масою 20,6 г.

### Контрольні запитання

1. Чим відрізняється істинна щільність від середньої?
2. Як визначити вологість будівельного матеріалу?
3. Як визначити водопоглинання будівельного матеріалу?
4. Якими способами можна визначити твердість матеріалу?
5. Що таке пористість? Які пори бувають?
6. У чому полягає сутність гідростатичного зважування?
7. Перерахуйте фізичні властивості будівельних матеріалів.
8. Що таке гігроскопічність?
9. Що таке теплоємність?
10. Які види теплового розширення ви знаєте? У чому вона виявляється?
11. Перерахуйте механічні властивості будівельних матеріалів.
12. Що таке коефіцієнт конструктивної якості?



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 25

## ТЕМА 2

### «КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ. В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ»

#### Теоретичні відомості

#### Керамічні матеріали

**Кераміка** — штучні кам'яні матеріали, одержувані формуванням з глиняних сумішей з мінеральними та органічними добавками з подальшим сушінням та випалюванням. Старогрецькою мовою «*керAMOS*» означало гончарну глину, а також вироби з обпаленої глини.

За призначенням керамічні вироби поділяють на такі види:

- стінові (цегла та керамічне каміння);
- покрівельні (черепиця);
- вироби для облицювання фасадів (лицьова цегла, теракотові плити, мозаїчні плитки та ін.);
- вироби для внутрішнього облицювання стін;
- плитка для підлоги;
- санітарно-технічні вироби (умивальники, унітази та труби);
- спеціальна кераміка (кислототривка, вогнетривка, теплоізоляційна);
- заповнювачі для легких бетонів (керамзит та аглопорит).

Матеріал, з якого складаються керамічні вироби після випалювання, називають **керамічним черепком**.

Залежно від структури черепка керамічні матеріали поділяються на дві основні групи: **пористі** та **щільні**.

**Пористими** умовно вважають вироби, у яких водопоглинання черепка понад 5 % за масою (у середньому 8...20 %). До них належать всі види цегли і стінового каміння, черепиця, облицювальні плитки.

**Щільними** вважають вироби, водопоглинання черепка яких менше 5% (зазвичай 2...4%); ці вироби практично водонепроникні. До них відносяться плитки для підлоги, санітарна порцеляна тощо.

Марку цегли визначають за результатами випробувань на стиснення і вигин спеціальних зразків, що заздалегідь виготовляються з цегли, відібраних з випробуваної партії.

Виробництво керамічних матеріалів включає наступні етапи: видобуток сировинних матеріалів, підготовку сировинної маси, формування виробів, сушіння та випалювання.

Основна сфера застосування кераміки в будівництві - матеріали для огорожувальних конструкцій: стінові (цегла і керамічні камені) і покрівельні (черепиця). Цей вид кераміки за багато сотень років застосування добре зарекомендував себе в усьому світі.

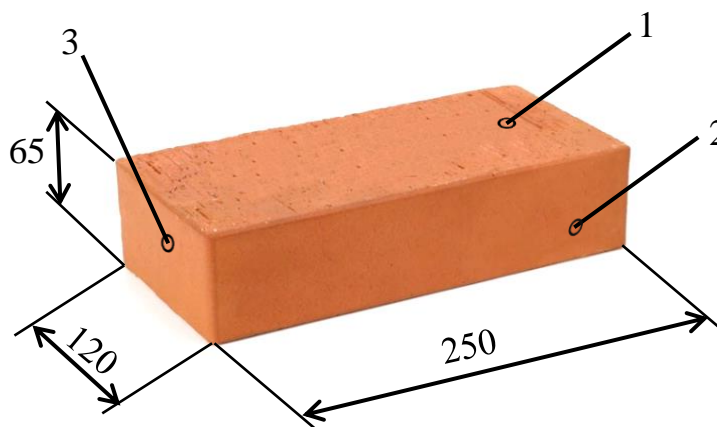
**Стінові матеріали** - це цегла і каміння (останні відрізняються від цегли

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 26

великими розмірами).

Відповідно до діючих стандартів цеглу випускають звичайну розміром 250x120x65 мм; рідше виробляється потовщена – 250x120x88 мм і модульна – 288x138x65 мм. Оскільки маса однієї цегли не повинна перевищувати 4,3 кг, то потовщену і модульну цегли зазвичай роблять з порожнинами.

Прийнято такі назви граней цегли (рис. 1):



1 – постіль; 2 – ложок; 3 – тичок

Рис. 1 – Цегла керамічна звичайна

Щільність звичайної повнотілої керамічної цегли  $1600...1800 \text{ кг/м}^3$ ; пористість – 28...35%; водопоглинання щонайменше 8%.

Основна характеристика якості цегли — марка за міцністю, що визначається за результатами випробування її на стиск та вигин. Встановлено 8 марок: 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250 та 300.

Для випробування на **стиск** зразок готують наступним чином. Цеглу розпилюють (або розколюють) строго навпіл, а потім з цих половинок на швидкотвердіючому розчині (марки не нижче  $100 \text{ кг/см}^2$ ) виготовляють модель стіни. Для цього на рівній горизонтальній основі укладають скляну пластинку зі змоченим листом тонкого паперу і на неї наносять шар розчину товщиною 3...5 мм. На розчин укладають змочену половинку цегли, далі знову наносять шар розчину і укладають другу половину цегли так, щоб грані, що утворилися при її розпилюванні були звернені в протилежні сторони. Зверху на цеглу наносять шар розчину товщиною 3...5 мм, який накривають скляною пластинкою зі змоченим листом паперу. Скляні пластини повинні вирівняти поверхню цегли так, щоб плити преса по всій площині щільно прилягали до зразка під час випробувань, що, у свою чергу, забезпечить рівномірну передачу навантаження на зразок. Змочений аркуш паперу запобігатиме зчепленню розчину зі склом.

Після затвердіння розчину зразок виймають зі скляних пластин і випробовують на стиск. Межу міцності зразка при стисканні визначають за

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 27

формулою:

$$R_{cm} = \frac{P_{руїн}}{A}, \quad (21)$$

де  $A$  – площа поперечного перерізу зразка, що приймається для стандартної цегли (250x120x65 мм)  $150 \text{ см}^2$ ;

$R_{cm}$  – межа міцності зразка при стисканні, МПа;

$P_{руїн}$  – руйнівне навантаження, Н.

Міцність при стисканні цегли обчислюють як середнє арифметичне результатів випробувань п'яти зразків.

Марку цегли встановлюють шляхом порівняння отриманих даних за межі міцності цегли при стисканні та згинанні з вимогами ДСТУ до міцності цегли тієї чи іншої марки (див. табл. 3).

Таблиця 3 – Марки керамічної цегли за міцністю.

Марка цегли	Межа міцності, МПа, не менше					
	при стисканні			при вигині		
	для всіх видів цегли		для повнотілої цегли пластичного формування	для повнотілої цегли напівсухого пресування та порожнистої цегли		
	середній з 5-ти зразків	min		середній з 5-ти зразків	min	середній з 5-ти зразків
300	30,0	25,0	4,4	2,2	3,4	1,7
250	25,0	20,0	3,9	2,0	2,9	1,5
200	20,0	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3
175	17,5	15,0	3,1	1,5	2,3	1,1
150	15,0	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0
125	12,5	10,0	2,5	1,2	1,9	0,9
100	10,0	7,5	2,2	1,2	1,6	0,8
75	7,5	5,0	1,8	0,9	1,4	0,7

За морозостійкістю для цегли встановлено чотири марки: F15, F25; F35 та F50. При оцінці морозостійкості випробування на «заморожування – відтавання» проводять до появи зовнішніх пошкоджень (тріщин, відколів, лущення поверхні), які не допускаються стандартом.

Стандарт допускає досить великі відхилення у розмірах та формі цегли, які пояснюються великою та нерівномірною усадкою цегли в процесі виготовлення. Цегла відповідає стандарту, якщо відхилення за розмірами та формою не перевищують:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 28

- за довжиною  $\pm 5$  мм, шириною  $\pm 4$  мм, товщиною  $\pm 3$  мм;
- викривлення граней і ребер, не більше: по постілі – 3 мм, по ложку – 4 мм;
- наскрізні тріщини на ложковій та тичковій гранях – не більше однієї при протяжності її по постілі не більше 30 мм;
- відбитості та притупленості ребер та кутів – не більше двох глибиною понад 5 мм та довжиною 10...15 мм.

Порожністими вважаються цегла і каміння, обсяг порожнин яких більше 13%. Форма та розмір порожнин можуть бути різними. Розташування порожнин переважно вертикальне, але допустимо випуск цегли та каміння з горизонтально-розташованими порожнинами.

**Керамічними каменями** називають штучні стінові вироби розміром від 250x120x138 мм (здвоєна по висоті цегла) і до збільшених каменів 510x260x219 мм для кладки стін в «один камінь».

### В'язучі речовини

**В'язучими речовинами** називають матеріали, здатні в певних умовах (при змішуванні з водою, нагріванні та ін.) утворювати пластично-в'язке тісто, яке мимоволі або під дією певних факторів з часом тужавіє.

Сучасні в'язучі речовини в залежності від складу ділять на:

- **неорганічні** (вапно, цемент, гіпсові в'язучі та ін.), які для переведення в робочий стан зачиняють водою (рідше водними розчинами солей);
- **органічні** (бітуми, дьогті, синтетичні полімери та олігомери), які переводять у робочий стан нагріванням, за допомогою органічних розчинників або самі вони представляють собою в'язко-пластичні рідини.

Переважаюча кількість неорганічних в'язучих здатні твердіти мимовільно, без створення будь-яких умов. Однак знаходять застосування і в'язучі автоклавного твердіння, здатні твердіти тільки в середовищі насиченої водяної пари при температурі 150...200°C і при підвищеному тиску (в автоклаві). До останніх відносяться вапняно-кремнеземисті, вапняно-зольні, вапняно-шлакові та інші в'язучі.

Головним якісним показником в'язучих є відношення до впливу води. За цією ознакою їх ділять на повітряні та гідравлічні.

**Повітряні** в'язучі здатні твердіти і довго зберігати міцність тільки на повітрі.

**Гідравлічні** в'язучі здатні твердіти і тривалий час зберігати міцність не тільки на повітрі, а й у воді:

- гідравлічне вапно та романцемент;
- силікатні цемента, що складаються переважно (> 75%) із силікатів кальцію; до них відносяться портландцемент та його різновиди;
- алюмінієві цемента, що складаються в основному з алюмінатів кальцію (глиноземистий цемент та його різновиди);

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 29

- в'яжучі еттрингітового типу, основними компонентами яких є алюмінати кальцію і сульфат кальцію (розширюються і безусадкові цементі).

Для виготовлення збірного залізобетонного кріплення в заводських умовах застосовують автоклавну обробку виробів.

**В'яжучі автоклавного твердіння** — це речовини, здатні тверднути й утворювати міцний цементний камінь у автоклавах при підвищених температурі, тиску та вологості. До таких в'яжучих належать вапняно-кремнеземисті, вапняно-зольні, вапняно-шлакові в'яжучі, нефеліновий цемент.

#### Показники якості в'яжучих

**Міцність** в'яжучих змінюється в часі, тому її оцінюють за міцністю (зазвичай на стиск та вигин) стандартних зразків, що тверділи певний час в умовах, встановлених стандартом.

**Швидкість** твердіння. Розрізняють дві стадії: тужавіння та набір міцності (твердіння).

**Тужавіння** — втрата тістом в'яжучого пластично-в'язких властивостей.

**Початок тужавіння** — момент, коли з'являються ознаки загущення тіста, тобто воно починає втрачати пластичність.

**Кінець тужавіння** — момент, коли тісто перетворюється на тверде тіло, остаточно втрачаючи пластичність, але не набуваючи ще практично значної міцності.

**Портландцемент** — гідравлічне в'яжуче, одержуване тонким подрібненням портландцементного клінкеру (обпаленої до спікання сировинної суміші вапняку та глини) та невеликої кількості гіпсу (1,5...3 %).

Для виготовлення кріплення гірничих виробок застосовують тільки гідравлічні в'яжучі, наприклад цементі, які можуть схоплюватися і твердіти як на повітрі, так і у воді. Кріплення підземних виробок зазвичай працює у вологих умовах, тому повітряні в'яжучі (твердіють тільки на повітрі) не застосовують. Для виготовлення збірного залізобетонного кріплення в заводських умовах застосовують автоклавну обробку виробів.

**Повітряне вапно.** Сировиною для одержання вапна служать осадові гірські породи: вапняки, крейда, доломіти, що складаються переважно з карбонату кальцію ( $\text{CaCO}_3$ ). Якщо шматки таких порід прожарити на вогні (рис. 2), карбонат кальцію перейде в оксид кальцію:



Після прожарювання шматки, втрачаючи з вуглекислим газом 44% своєї маси, стають легкими і пористими. При змочуванні водою вони бурхливо реагують із нею, перетворюючись на тонкий порошок, а при надлишку води – на пластичне тісто.

Процес, що супроводжується сильним виділенням теплоти та розігрівом

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 30

води аж до кипіння, називають **гасінням вапна**.

Пластичне тісто, що утворюється при надлишку взятої води, використовують як в'язуче. При випаровуванні води тісто загусає і перетворюється на каменеподібний стан (рис. 2).

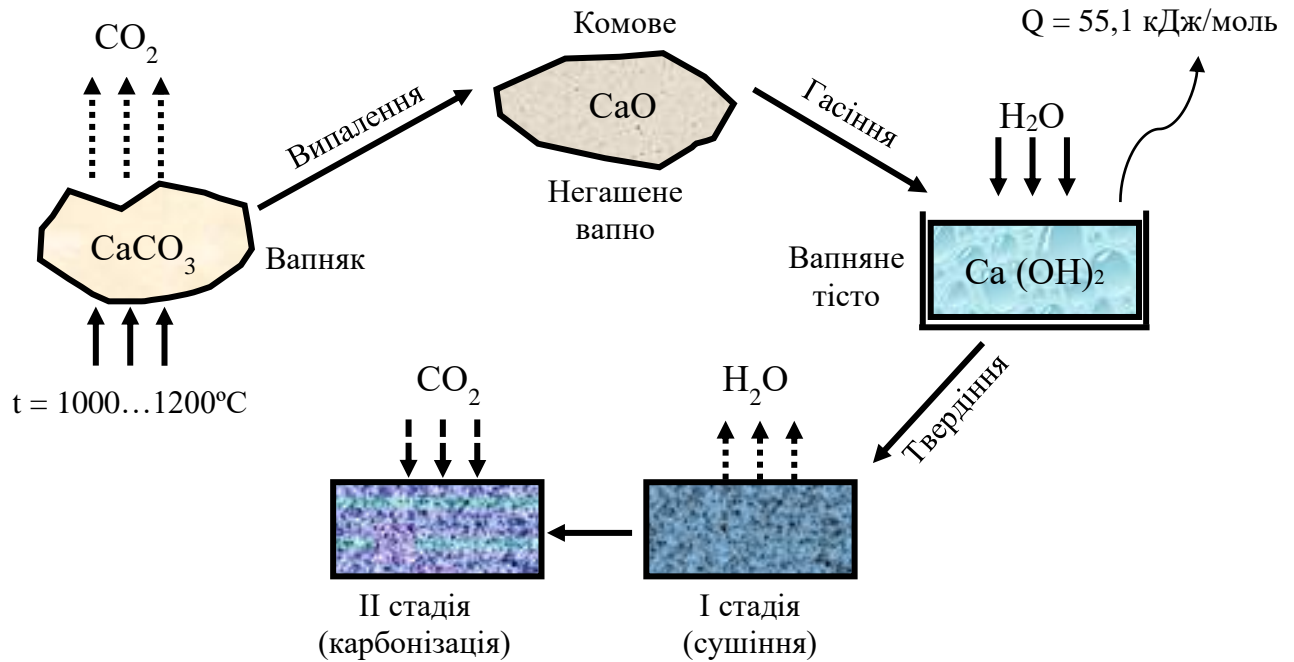


Рис. 2 – Отримання, гасіння та твердіння повітряного вапна

Недолік вапна – повільне твердіння: процес набору міцності вапном, що твердіє, розтягується на роки і десятиліття.

Шматки обпаленого вапна – комове вапно – зазвичай піддають гасіння водою:



Теплота, що виділяється при гасінні, різко підвищує температуру вапна і води, яка може навіть закипіти. Теплоти, що виділяється при гасінні 1 кг вапна (1160 кДж), достатньо, щоб нагріти до кипіння 3,5...4 л води.

За вмістом оксидів кальцію та магнію повітряне вапно буває:

- кальцієве —  $\text{MgO}$  не більше 5%;
- магнезійне —  $\text{MgO}$  5...20%;
- доломітове —  $\text{MgO}$  20...40%.

Повітряне вапно застосовують для приготування розчинів кладок і штукатурних як самостійне в'язуче, так і в суміші з цементом; при виробництві силікатної цегли та силікатобетонних виробів; для отримання змішаних в'язучих (вапняно-шлакових, вапняно-зольних та ін.) і для фарб.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 31

## Приклади розв'язання задач

### Приклад 1

При визначенні марки цегли від партії було відібрано 5 штук цегли, з яких виготовили зразки згідно з вимогами ДСТУ. При випробуванні зразків на стиск були зафіксовані наступні значення руйнівних зусиль ( $P_{руйн}$ ), кН: 193, 187, 182, 201, 184. Яка марка цеглини за результатами його випробування на стиск?

### Розв'язок:

Визначимо середнє значення руйнівного зусилля:

$$P_{сер} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5}{5},$$

$$P_{сер} = \frac{193 + 187 + 182 + 201 + 184}{5} = 189,4 \text{ кН.}$$

$$P_{min} = 182 \text{ кН.}$$

Визначимо межу міцності цегли при стисканні:

$$R_{ст} = \frac{P_{сер}}{A} = \frac{189,4}{150} = 1,26 \text{ кН/см}^2 = 12,6 \text{ МПа.}$$

Визначимо мінімальну міцність на стиснення цегли:

$$R_{min} \frac{P_{min}}{A} = \frac{182}{150} = 1,21 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 12,1 \text{ Мпа.}$$

Ґрунтуючись на даних табл.3 приймаємо марку цегли – 125.

### Приклад 2

Глиняна маса, з якої формують цеглу, має вологість 20%. Лабораторні дослідження показали, що загальна усадка при сушінні та випаленні становить 12%. Якими мають бути розміри мундштука стрічкового преса (тобто розміри цегли-сирцю), щоб готова цегла мала розміри, що відповідають вимогам стандарту?

### Розв'язок:

Розміри стандартної цегли 250x120x65, при її усадці на 12% початкові розміри (розміри мундштука) повинні складати:

$$250 + 250 \cdot 0,12 = 280 \text{ мм,}$$

$$120 + 120 \cdot 0,12 = 134,5 \text{ мм.}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 32

### Приклад 3

Скільки автомашин вантажопідйомністю 5 т знадобиться для перевезення цегли для зведення стін одноповерхового будинку розміром у плані 6х8 м? Висота стін 2,8 м. Площа дверних та віконних отворів у будинку 9,4 м<sup>2</sup>. Використовується звичайна повнотіла цегла ( $\rho_T = 1700 \text{ кг/м}^3$ ). Товщина стіни 2 цеглини. Товщину швів і масу розчину при розрахунках не враховувати. Скільки цегли (у тис. шт) знадобиться для будівництва?

#### Розв'язок:

Визначимо периметр зведених стін:

$$P = 2a + 2b = 2 \cdot 6 + 2 \cdot 8 = 28 \text{ м.}$$

Визначимо площу споруджуваних стін:

$$S = P \cdot h = 28 \cdot 2,8 = 78,4 \text{ м,}$$

Визначимо площу споруджуваних стін без дверних та віконних отворів:

$$S_1 = S - S_{\text{де}} = 78,4 - 9,4 = 69 \text{ м}^2,$$

Визначимо об'єм зведених стін:

$$V = S_1 \cdot h_{\text{ст}},$$

де  $h_{\text{ст}}$  – товщина зведених стін (оскільки використовується звичайна цегла 250х120х65, то товщина в дві цеглини –  $250 \cdot 2 = 500 \text{ мм} = 0,5 \text{ м}$ ).

Тоді:

$$V = 69 \cdot 0,5 = 34,5 \text{ м}^3.$$

Визначимо сумарну масу цегли:

$$m = V \cdot \rho_m = 34,5 \cdot 1700 = 58650 \text{ кг} = 58,65 \text{ т.}$$

Визначимо кількість машин для перевезення цегли:

$$n = 58,65 / 5 = 11,73.$$

Тобто необхідно 12 машин.

Визначимо обсяг однієї стандартної цегли:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 33

$$V_y = 0,25 \cdot 0,12 \cdot 0,065 = 0,00195 \text{ м}^3.$$

Тоді необхідна кількість цегли для зведення стін складе:

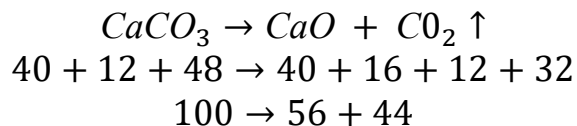
$$n_y = \frac{V}{V_y} = \frac{38,5}{0,00195} = 17692 \text{ шт.}$$

#### Приклад 4

Розрахувати кількість негашеного вапна, отриманого при випалюванні 15 т чистого вапняку, що мав вологість 8%. Атомні маси Ca – 40, С – 12, О – 16, Н – 1.

#### Розв'язок:

Хімічне рівняння отримання вапна має вигляд:



Як видно з хімічної реакції, зі 100% чистого вапняку після прожарювання залишається 56% у вигляді негашеного вапна, залишкове (44%) втрачається з вуглекислим газом.

Тоді кількість вапна дорівнює:

$$m_{\text{CaO}} = 15 \text{ т} \cdot 56\% = 8,4 \text{ т.}$$

З урахуванням вологості:

$$8,4 - 8,4 \cdot 0,08 = 7,73 \text{ т.}$$

#### Приклад 5

Розрахувати, скільки потрібно чистого вапняку з вологістю 10%, щоб отримати 5 т негашеного вапна?

#### Розв'язок:

Рішення аналогічне до завдання 4.

Якщо вапняк прийняти за 100%, то 5 т вапна становлять 56%. Виходячи з цього кількість вапняку  $m_{\text{CaCO}_3} = 500/56 = 8,93 \text{ т.}$

З урахуванням вологості:

$$m_{\text{CaCO}_3} = 8,93 + 8,93 \cdot 10\% = 9,82 \text{ т.}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 34

## Індивідуальні завдання

### Варіант 1

**Задача.** При визначенні марки цегли від партії було відібрано 5 штук цегли, з яких виготовили зразки згідно з вимогами ДСТУ. При випробуванні зразків на стиск було зафіксовано такі значення руйнівних зусиль ( $P_{руйн}$ ), кН: 255, 277, 250, 263, 265. Яка марка цеглини за результатами її випробування на стиск?

### Варіант 2

**Задача.** Скільки автомашин вантажопідйомністю 7 т знадобиться для перевезення цегли для зведення стін одноповерхового будинку розміром 6х8 м? Висота стін 3 м. Площа дверних та віконних отворів у будинку 14 м<sup>2</sup>. Використовується звичайна повнотіла цегла ( $\rho_T = 1700 \text{ кг/м}^3$ ). Товщина стіни 2 цеглини. Товщину швів та масу розчину при розрахунках не враховувати. Скільки цегли (у тис. шт) знадобиться для будівництва?

### Варіант 3

**Задача.** Розрахувати кількість негашеного вапна, отриманого при випалюванні 13 т чистого вапняку, що мав вологість 9%. Атомні маси Са – 40, С – 12, О – 16, Н – 1.

### Варіант 4

**Задача.** Розрахувати, скільки потрібно чистого вапняку з вологістю 12%, щоб отримати 6 т негашеного вапна?

### Варіант 5

**Задача.** Глиняна маса, з якої формують цеглу, має вологість 20%. Лабораторні дослідження показали, що загальна усадка при сушінні та випаленні становить 11%. Якими мають бути розміри мундштука стрічкового преса (тобто розміри цегли-сирцю), щоб готова цегла мала розміри, що відповідають вимогам стандарту?

### Варіант 6

**Задача.** При визначенні марки цегли від партії було відібрано 5 штук цегли, з яких виготовили зразки згідно з вимогами ДСТУ. При випробуванні зразків на стиск було зафіксовано такі значення руйнівних зусиль ( $P_{руйн}$ ), кН: 215, 227, 230, 223, 235. Яка марка цеглини за результатами її випробування на стиск?

### Варіант 7

**Задача.** Скільки автомашин вантажопідйомністю 5 т знадобиться для перевезення цегли для зведення стін одноповерхового будинку розміром 5х7 м? Висота стін 2,7 м. Площа дверних та віконних отворів у будинку 12 м<sup>2</sup>. Використовується звичайна повнотіла цегла ( $\rho_T = 1700 \text{ кг/м}^3$ ). Товщина стіни 2 цеглини. Товщину швів та масу розчину при розрахунках не враховувати. Скільки цегли (у тис. шт) знадобиться для будівництва?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 35

### **Варіант 8**

**Задача.** Розрахувати кількість негашеного вапна, отриманого при випалюванні 17 т чистого вапняку, що мав вологість 7%. Атомні маси Са – 40, С – 12, О – 16, Н – 1.

### **Варіант 9**

**Задача.** Розрахувати, скільки потрібно чистого вапняку з вологістю 9%, щоб отримати 4 т негашеного вапна?

### **Варіант 10**

**Задача.** Глиняна маса, з якої формують цеглу, має вологість 21%. Лабораторні дослідження показали, що загальна усадка при сушінні та випаленні становить 13%. Якими мають бути розміри мундштука стрічкового преса (тобто розміри цегли-сирцю), щоб готова цегла мала розміри, що відповідають вимогам стандарту?

### **Варіант 11**

**Задача.** При визначенні марки цегли від партії було відібрано 5 штук цегли, з яких виготовили зразки згідно з вимогами ДСТУ. При випробуванні зразків на стиск було зафіксовано такі значення руйнівних зусиль ( $P_{руйн}$ ), кН: 295, 297, 300, 305, 307. Яка марка цеглини за результатами її випробування на стиск?

### **Варіант 12**

**Задача.** Скільки автомашин вантажопідйомністю 5 т знадобиться для перевезення цегли для зведення стін одноповерхового будинку розміром 6х6 м? Висота стін 2,8 м. Площа дверних та віконних отворів у будинку 9,5 м<sup>2</sup>. Використовується звичайна повнотіла цегла ( $\rho_T = 1700 \text{ кг/м}^3$ ). Товщина стіни 2 цеглини. Товщину швів та масу розчину при розрахунках не враховувати. Скільки цегли (у тис. шт) знадобиться для будівництва?

### **Варіант 13**

**Задача.** Розрахувати кількість негашеного вапна, отриманого при випалюванні 13 т чистого вапняку, що мав вологість 17%. Атомні маси Са – 40, С – 12, О – 16, Н – 1.

### **Варіант 14**

**Задача.** Розрахувати, скільки потрібно чистого вапняку з вологістю 8%, щоб отримати 7 т негашеного вапна?

### **Варіант 15**

**Задача.** Глиняна маса, з якої формують цеглу, має вологість 18%. Лабораторні дослідження показали, що загальна усадка при сушінні та випаленні становить 14%. Якими мають бути розміри мундштука стрічкового преса (тобто розміри цегли-сирцю), щоб готова цегла мала розміри, що відповідають вимогам стандарту?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВКЗ.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 36

### **Варіант 16**

**Задача.** При визначенні марки цегли від партії було відібрано 5 штук цегли, з яких виготовили зразки згідно з вимогами ДСТУ. При випробуванні зразків на стиск було зафіксовано такі значення руйнівних зусиль ( $P_{руйн}$ ), кН: 110, 111, 113, 115, 116. Яка марка цеглини за результатами її випробування на стиск?

### **Варіант 17**

**Задача.** Скільки автомашин вантажопідйомністю 6 т знадобиться для перевезення цегли для зведення стін одноповерхового будинку розміром 8x8 м? Висота стін 3,2 м. Площа дверних та віконних отворів у будинку 14,8 м<sup>2</sup>. Використовується звичайна повнотіла цегла ( $\rho_T = 1700 \text{ кг/м}^3$ ). Товщина стіни 2 цеглини. Товщину швів та масу розчину при розрахунках не враховувати. Скільки цегли (у тис. шт) знадобиться для будівництва?

### **Варіант 18**

**Задача.** Розрахувати кількість негашеного вапна, отриманого при випалюванні 12 т чистого вапняку, що мав вологість 7%. Атомні маси Ca – 40, С – 12, О – 16, Н – 1.

### **Варіант 19**

**Задача.** Розрахувати, скільки потрібно чистого вапняку з вологістю 7%, щоб отримати 9 т негашеного вапна?

### **Варіант 20**

**Задача.** Глиняна маса, з якої формують цеглу, має вологість 22%. Лабораторні дослідження показали, що загальна усадка при сушінні та випаленні становить 12%. Якими мають бути розміри мундштука стрічкового преса (тобто розміри цегли-сирцю), щоб готова цегла мала розміри, що відповідають вимогам стандарту?

### **Варіант 21**

**Задача.** При визначенні марки цегли від партії було відібрано 5 штук цегли, з яких виготовили зразки згідно з вимогами ДСТУ. При випробуванні зразків на стиск було зафіксовано такі значення руйнівних зусиль ( $P_{руйн}$ ), кН: 386, 387, 390, 391, 395. Яка марка цеглини за результатами її випробування на стиск?

### **Варіант 22**

**Задача.** Скільки автомашин вантажопідйомністю 8 т знадобиться для перевезення цегли для зведення стін одноповерхового будинку розміром 7x8 м? Висота стін 3,2 м. Площа дверних та віконних отворів у будинку 16 м<sup>2</sup>. Використовується звичайна повнотіла цегла ( $\rho_T = 1700 \text{ кг/м}^3$ ). Товщина стіни 2 цеглини. Товщину швів та масу розчину при розрахунках не враховувати. Скільки цегли (у тис. шт) знадобиться для будівництва?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 37

### **Варіант 23**

**Задача.** Розрахувати кількість негашеного вапна, отриманого при випалюванні 16 т чистого вапняку, що мав вологість 15%. Атомні маси Са – 40, С – 12, О – 16, Н – 1.

### **Варіант 24**

**Задача.** Розрахувати, скільки потрібно чистого вапняку з вологістю 9%, щоб отримати 10 т негашеного вапна?

### **Варіант 25**

**Задача.** Глиняна маса, з якої формують цеглу, має вологість 18%. Лабораторні дослідження показали, що загальна усадка при сушінні та випаленні становить 14%. Якими мають бути розміри мундштука стрічкового преса (тобто розміри цегли-сирцю), щоб готова цегла мала розміри, що відповідають вимогам стандарту?

### **Варіант 26**

**Задача.** При визначенні марки цегли від партії було відібрано 5 штук цегли, з яких виготовили зразки згідно з вимогами ДСТУ. При випробуванні зразків на стиск було зафіксовано такі значення руйнівних зусиль ( $P_{руйн}$ ), кН: 300, 317, 320, 309, 335. Яка марка цеглини за результатами її випробування на стиск?

### **Варіант 27**

**Задача 1.** При визначенні марки цегли від партії було відібрано 5 штук цегли, з яких виготовили зразки згідно з вимогами ДСТУ. При випробуванні зразків на стиск було зафіксовано такі значення руйнівних зусиль ( $P_{руйн}$ ), кН: 235, 237, 240, 243, 245. Яка марка цеглини за результатами її випробування на стиск?

### **Варіант 28**

**Задача.** При визначенні марки цегли від партії було відібрано 5 штук цегли, з яких виготовили зразки згідно з вимогами ДСТУ. При випробуванні зразків на стиск було зафіксовано такі значення руйнівних зусиль ( $P_{руйн}$ ), кН: 265, 267, 270, 273, 275. Яка марка цеглини за результатами її випробування на стиск?

### **Варіант 29**

**Задача.** Скільки автомашин вантажопідйомністю 7 т знадобиться для перевезення цегли для зведення стін одноповерхового будинку розміром 6х8 м? Висота стін 3,0 м. Площа дверних та віконних отворів у будинку 16 м<sup>2</sup>. Використовується звичайна повнотіла цегла ( $\rho_T = 1700 \text{ кг/м}^3$ ). Товщина стіни 2 цеглини. Товщину швів та масу розчину при розрахунках не враховувати. Скільки цегли (у тис. шт) знадобиться для будівництва?

### **Варіант 30**

**Задача.** Розрахувати кількість негашеного вапна, отриманого при випалюванні 18 т чистого вапняку, що мав вологість 14%. Атомні маси Са – 40, С – 12, О – 16, Н – 1.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 38

### **Варіант 31**

**Задача.** Розрахувати, скільки потрібно чистого вапняку з вологістю 10%, щоб отримати 5 т негашеного вапна?

### **Варіант 32**

**Задача.** Глиняна маса, з якої формують цеглу, має вологість 20%. Лабораторні дослідження показали, що загальна усадка при сушінні та випаленні становить 17%. Якими мають бути розміри мундштука стрічкового преса (тобто розміри цегли-сирцю), щоб готова цегла мала розміри, що відповідають вимогам стандарту?

### **Контрольні запитання**

1. Що таке кераміка?
2. Які керамічні матеріали вважають пористими чи щільними?
3. Що таке керамічний черепок?
4. Розкажіть виробництво керамічних матеріалів?
5. Як визначити марку цегли?
6. Які марки цегли ви знаєте?
7. Навіщо в цеглині роблять порожнечі?
8. У чому відмінність керамічної цегли від керамічного каменю?
9. Які неорганічні речовини ви знаєте?
10. Що таке в'язучі речовини?
11. Що таке гідравлічні в'язучі?
12. Як отримати повітряне вапно?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 39

## ТЕМА 3

### «РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР СКЛАДУ ЗВИЧАЙНОГО БЕТОНУ»

#### Теоретичні відомості

#### Склад бетонної суміші

Склад бетонної суміші виражають у вигляді співвідношення мас цементу, піску та щебеню (гравію) з обов'язковим зазначенням водоцементного відношення  $V/C$ , тобто відношення маси води до маси цементу у свіжовиготовленому бетоні.

При записуванні складу бетону кількість складових ділять на кількість цементу, відповідно склад бетону може бути виражений співвідношенням:

$$1 : П : Щ \text{ при } V/C = X,$$

де  $П$ ,  $Щ$  – кількість піску та щебеню за масою, що припадають на одиницю маси цементу; [кг/кгц].

$X$  – цифровий показник водоцементного співвідношення.

Раціональне співвідношення матеріалів які входять до складу бетону має забезпечувати: набуття бетоном у встановлений термін проектного значення міцності; необхідну рухливість бетонної суміші з урахуванням характеру конструкції, способу транспортування суміші та методу її ущільнення; якомога меншу витрату цементу на  $1 \text{ м}^3$  бетону.

Нормами встановлено наступні найменші допустимі витрати цементу на  $1 \text{ м}^3$  бетону:

- для споруд, що знаходяться на відкритому повітрі або у воді – 250 кг;
- для конструкцій, що знаходяться всередині будівель – 220 кг;
- для бетону, що ущільнюється вібруванням – 200 кг.

При проектуванні складу бетону потрібно виходити насамперед із заданої марки бетону, необхідної рухливості і зручності укладання бетонної суміші, а також властивостей застосовуваних матеріалів (цементу, піску, щебеню або гравію).

Для розрахунку складу бетону необхідно мати наступні дані: вид цементу, його марку та щільність; об'ємні маси та щільності піску та щебеню (гравію), граничну крупність зерен щебеню.

Марка цементу має бути обрана таким чином, щоб вона перевищувала задану марку бетону приблизно в 2,5 рази.

Розрахувати склад бетонної суміші можна методом абсолютних об'ємів, в основу якого покладено умову, що сума абсолютних об'ємів складових частин щільного бетону ( $\text{м}^3$ ) дорівнює  $1 \text{ м}^3$  готового щільного бетону (незначним об'ємом, який займають повітряні пори – нехтують), тобто:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 40

$$Ц/\rho_{ц} + B + П/\rho_{п} + ШЦ/\rho_{шц} = 1. \quad (22)$$

При цьому цементно-піщаний розчин заповнює всі порожнини що утворюються між шматками великофракційного заповнювача (у стандартно-пухкому стані), що супроводжується незначним розсуванням зерен, тобто:

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + B + \frac{П}{\rho_{п}} = V_{оцц} \cdot \frac{ШЦ}{\rho_{оцц}} \cdot a, \quad (23)$$

де  $Ц$ ,  $B$ ,  $П$  і  $ШЦ$  – витрати цементу, води, піску та щебеню на 1 м<sup>3</sup> бетону відповідно, кг;

$\rho_{ц}$ ,  $\rho_{п}$ ,  $\rho_{шц}$  – щільність цементу, піску та щебеню відповідно, кг/л;

$\rho_{оцц}$  – насипна маса щебеню, кг/л;

$V_{оцц}$  – порожнини між шматками щебеню, у частках одиниці;

$a$  – коефіцієнт розсування зерен щебеню.

Розв'язуючи спільно рівняння (22), (23) отримаємо, що витрата щебеню,  $ШЦ$ , кг на 1 м<sup>3</sup> бетону:

$$ШЦ = \frac{1}{V_{оцц} \cdot \frac{a}{\rho_{оцц}} + \frac{1}{\rho_{шц}}}. \quad (24)$$

Витрата піску  $П$ , кг/м<sup>3</sup> можна визначити як:

$$П = \left[ 1000 \cdot \left( \frac{Ц}{\rho_{ц}} + B + \frac{ШЦ}{\rho_{шц}} \right) \right] \cdot \rho_{п}. \quad (25)$$

### Міцність бетону

Міцність бетону на стиск витриманого впродовж 28 діб, кгс/см<sup>2</sup> (при  $B/C \geq 0,4$ ):

$$R_{\sigma} = A \cdot R_{ц} \cdot \left( \frac{Ц}{B} - 0,5 \right), \quad (26)$$

$Ц/B$  – цементно-водне відношення, що дорівнює  $1/(B/C)$ ;

$A$  – коефіцієнт, що враховує якість заповнювачів. Для високоякісних наповнювачів  $A = 0,65$ ; для звичайних  $A = 0,60$ ; для наповнювачів зниженої якості  $A = 0,55$ ;

$R_{ц}$  – активність цементу, МПа.

**Активність цементу** — значення границі міцності при стиску стандартних зразків у 28 діб виготовлених, витриманих і випробуваних відповідно до умов ДСТУ.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 41

Марку цементу встановлюють за границею міцності на вигин зразків балочок розміром 40x40x160 мм і стиску їхніх половинок у віці 28 діб з моменту виготовлення.

Основним показником якості цементу є міцність, найбільше значення має міцність при стиску і згині. В залежності від величини цих показників встановлені марки М300, М400, М500, М550, М600. Значення показників міцності для кожної марки портландцементу повинні бути не нижче зазначених у табл. 4.

Таблиця 4 – Вимоги до міцності портландцементів загальнобудівельного призначення

Марка цементу	Міцність при стиску в Н/мм <sup>2</sup> (МПа) не менше		
	2 доби	7 діб	28 діб
300	-	15,0	30,0
400	-	20,0	40,0
400Р	15,0	-	40,0
500	15,0	-	50,0
500Р	25,0	-	50,0
550	20,0	-	55,0
600	25,0	-	60,0

Примітка: "Р" – швидкотверднучий.

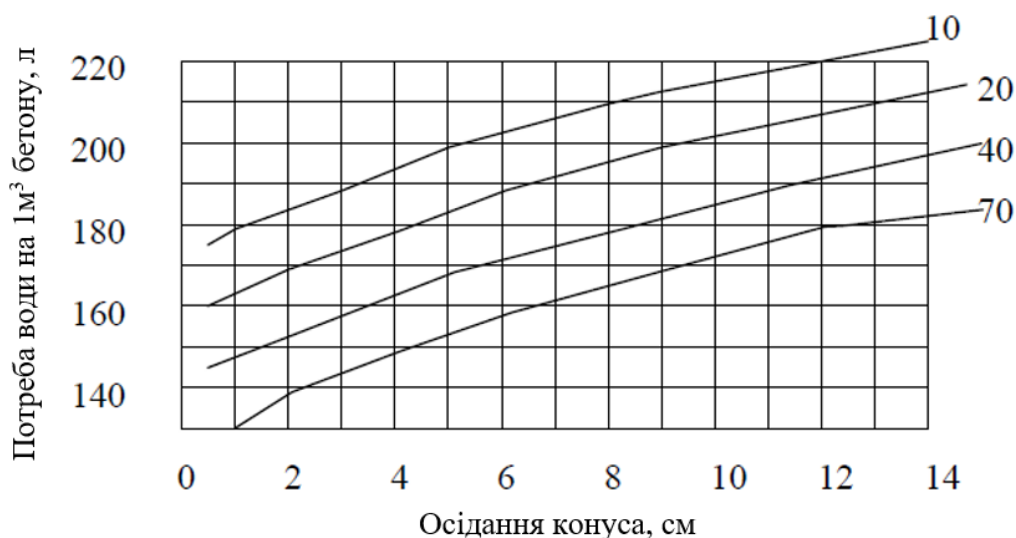


Рис. 3 – Графік водопотреби пластичної бетонної суміші, виготовленої з витратою портландцементу 200-400 кг/м<sup>3</sup> піску середньої крупності та гравію найбільшої крупності 10, 20, 40, 70 мм.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 42

Коефіцієнт розсування зерен можна визначити за графіком показаним на рисунку 4.

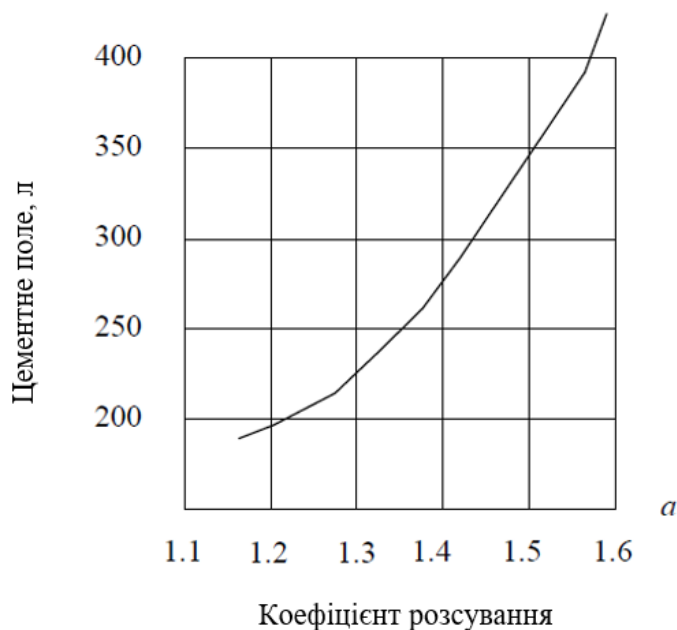


Рис. 4 – Залежність коефіцієнту розсування зерен щебеню розчинною сумішшю від витрати цементного тіста на 1 м<sup>3</sup>

Перехід від лабораторного складу бетону до виробничого.

Лабораторним (номінальним) складом бетону називають суміш, приготовану із сухих матеріалів (піску та щебеню або гравію).

Виробничим називають склад бетону з урахуванням вологості наповнювачів.

Для переходу від номінального складу бетону до виробничого потрібно підрахувати кількість води, що знаходиться в заповнювачі, помноживши масу заповнювача на відсоток його вологості, користуючись формулами:

$$B_n = \Pi \cdot W_n, \quad (27)$$

$$B_{щ} = Щ \cdot W_{щ}. \quad (28)$$

де  $B_n, B_{щ}$  – кількість води, що міститься в піску та щебені відповідно, л;

$W_n, W_{щ}$  – вологість піску та щебеню відповідно, у частках одиниці.

$$B_з = B - (B_n + B_{щ}), \quad (29)$$

де  $B_з, B$  – кількість води замішування у виробничому та номінальному складах бетонної суміші, л:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 43

$$P_{np} = P + P \cdot W_n, \quad (30)$$

$$Ш_{np} = Ш + Ш \cdot W_{ш}, \quad (31)$$

де  $P_{np}$ ,  $Ш_{np}$  – кількість піску та щебеню відповідно у виробничому складі 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші, кг.

Визначений таким чином обсяг води відняти від кількості всієї води, знайденої для лабораторного складу.

Зменшену внаслідок цього повну масу складу бетону компенсувати кількістю вологого заповнювача – піску та щебеню (гравію). У результаті маса лабораторного та робочого складу бетону мають бути рівними.

### Приклади розв'язання задач

#### Задача 1

Лабораторний склад бетону (витрати матеріалів на 1 м<sup>3</sup> бетону): цемент 300 кг, вода 200 кг, пісок 650 кг, щебінь 1250 кг. Як зміниться витрата матеріалів, якщо вологість піску, що надійшов на будівництво, 7%, а щебеню 1,5%?

#### Розв'язок:

Для вирішення завдання необхідно врахувати вологість матеріалів, що надійшли на будівництво та зменшити кількість води у виробничому складі бетону.

Кількість піску у виробничому складі дорівнюватиме:

$$P_n = P_l + P_l \cdot 7\% = 650 + 650 \cdot 0,07 = 695,5 \text{ кг.}$$

Кількість щебеню становитиме:

$$Ш_n = Ш_l + Ш_l \cdot 1,5\% = 1250 + 1250 \cdot 0,015 = 1268,8 \text{ кг.}$$

Оновлена витрата води становитиме:

$$B_n = B - P_l \cdot 7\% - Ш_l \cdot 1,5\% = 200 - 45,5 - 18,8 = 135,7 \text{ кг.}$$

Тоді виробничий склад бетону:

- цемент 300 кг;
- вода 135,7 кг;
- пісок 695,5 кг;
- щебінь 1268,8 кг.

*Перевірка.* Сумарний склад компонентів лабораторного складу бетону повинен дорівнювати сумарному складу виробничого.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 44

$$2400 \text{ кг} = 2400 \text{ кг.}$$

Умова виконується.

### Задача 2

Склад цементно-піщаного розчину масою 1:4,5. Який склад цього ж розчину за обсягом? (Насипна щільність, кг/м<sup>3</sup>: цементу  $\rho_{ц} = 1100$ , піску  $\rho_{п} = 1400$ ).

#### Розв'язок:

Якщо прийняти масу цементу 1 кг, маса піску – 4,5 кг.

Визначимо обсяг цементу та піску:

$$V_{ц} = \frac{m_{ц}}{\rho_{ц}} = \frac{1}{1100} = 0,00091 \text{ м}^3 = 910 \text{ см}^3,$$

$$V_{п} = \frac{m_{п}}{\rho_{п}} = \frac{4,5}{1400} = 0,0032 \text{ м}^3 = 3200 \text{ см}^3.$$

Тоді склад розчину за об'ємом:

$$3200/910 = 3,52,$$

$$1: 3,52.$$

### Задача 3

Стандартні зразки розчину (3 шт) при випробуванні на стиск після 28 діб твердіння зруйнувалися при зусиллях: 48, 56 і 54 кН. Визначте середню міцність розчину та його марку.

#### Розв'язок:

Міцність будівельних розчинів характеризується маркою, яка визначається за межею міцності при стисканні зразків кубічної форми розміром 70,7×70,7×70,7 мм. Зразки, виготовлені з робочої розчинної суміші, тверднуть на повітрі протягом 28 діб при температурі (20 ± 5) °С. За міцністю на стиск, вираженої в кгс/см<sup>2</sup>, будівельні розчини поділяють на марки: 4; 10; 25; 50; 75; 100; 150; 200.

Середня міцність зразків на стиск визначається за формулою:

$$R_{сж} = \frac{F_{ср}}{A},$$

де  $F_{ср}$  – середнє руйнівне навантаження за результатами трьох

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 45

випробувань:

$$F_{cp} = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{3}, \text{ кН},$$

$$F_{cp} = \frac{48 + 56 + 54}{3} = 52,7 \text{ кН}.$$

Площа зразка  $A = 7,07^2 = 50 \text{ см}^2$ , тоді середня міцність розчину:

$$R_{сж} = \frac{52,7}{50} = 1,05 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} = 105 \text{ кгс/см}^2.$$

Виходячи з цього, розчин відповідатиме марці М100.

#### Задача №4

Бетонні зразки були випробувані після 7 днів твердіння. Розрахована за результатами цих випробувань міцність бетону становила 16,7 МПа. Яку міцність цей бетон мав би до 28 днів твердіння і яка його марка?

#### Розв'язок:

Міцність бетону в часі зростає за законом:

$$R_n = R_{28} \frac{\log n}{\log 28},$$

звідки:

$$R_{28} = R_n \frac{\log 28}{\log n}, \text{ МПа},$$

$$R_{28} = 16,7 \cdot \frac{1,45}{0,85} = 28,4 \text{ МПа}.$$

Виходячи з міцності, даний бетон відповідатиме марці М250.

#### Задача №5

Бетон, що включає гранітний щебінь, при 14-денному терміні твердіння має межу міцності на стиск  $R_6^{14} = 38 \text{ МПа}$ . Визначити активність та марку цементу при В/Ц = 0,45.

#### Розв'язок:

Визначаємо дійсну міцність бетону (після 28 діб твердіння):

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 46

$$R_n = R_{28} \frac{\log n}{\log 28},$$

звідки:

$$R_{28} = R_n \frac{\log 28}{\log n}, \text{ МПа},$$

$$R_{28} = 38 \cdot \frac{1,45}{1,15} = 47,9 \text{ МПа}.$$

Визначаємо активність цементу при  $V/C \geq 0,4$  за формулою (26):

$$R_{\sigma} = A \cdot R_u \cdot \left( \frac{C}{B} - 0,5 \right),$$

де  $A$  – коефіцієнт, що враховує якість цементу, піску і великорозмірного наповнювача,  $A = 0,65$ .

$$R_u = \frac{R_{\sigma}}{A \cdot \left( \frac{C}{B} - 0,5 \right)},$$

$$R_u = \frac{47,9}{0,65 \cdot (2,22 - 0,5)} = 42,8 \text{ МПа}.$$

У відповідності до таблиці 4, даний цемент відповідатиме марці М400.

### Задача №6

Бетонна суміш складена з (витрата матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону): цементу – 320 кг; води – 224 кг; піску – 630 кг; щебеню – 1220 кг має рухливість (осідання конуса ОК = 2 см). Для того, щоб отримати пластичну суміш (ОК = 10 см), додали 50 кг води. Який матеріал і скільки потрібно додати, щоб марка бетону не змінилася?

### Розв'язок:

Головна умова міцності бетону має наступний вигляд:

$$R_{\sigma} = A \cdot R_u \left( \frac{C}{B} - 0,5 \right).$$

Аналіз формули показує, що для того, щоб міцність бетону  $R_{\sigma}$  не змінилася, необхідно, щоб залишилося тим самим цементно-водне відношення  $C/B$ , оскільки міцність цементу  $R_u$  за умовою завдання не змінюється.

Визначимо цементно-водне відношення до додавання води:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 47

$$Ц/B = 320/224 = 1,43.$$

У зв'язку з тим, що кількість води збільшили на 50 кг, нова кількість цементу становитиме:

$$Ц_n = B_n \cdot 1,43 = 274 \cdot 1,43 = 392 \text{ кг.}$$

Отже, щоб після додавання води марка бетону не змінилася, потрібно додати  $392 - 320 = 72$  кг цементу.

### Задача №7

Визначити кількість складових матеріалів при приготуванні встановленого об'єму цементного бетону  $V_6 = 135 \text{ м}^3$ , якщо на  $1 \text{ м}^3$  його витрачається  $Ц = 325$  кг цементу. Вологість піску  $W_{п} = 5\%$ , щебеню  $W_{щ} = 3\%$ ,  $B/C = 0,45$ , номінальний склад цементного бетону 1:2,9:3,7 (цемент:пісок:щебінь).

### Розв'язок:

Визначаємо кількість складових в  $1 \text{ м}^3$  бетону (лабораторний склад):

$$B = Ц \cdot 0,45 = 325 \cdot 0,45 = 146,3 \text{ кг( л)}$$

$$П = Ц \cdot 2,9 = 325 \cdot 2,9 = 942,5 \text{ кг}$$

$$Щ = Ц \cdot 3,7 = 325 \cdot 3,7 = 1202,5 \text{ кг}$$

Визначаємо вміст води у заповнювачах:

$$B_n = П \cdot W_n = 942,5 \cdot 0,05 = 47,1 \text{ кг}$$

$$B_{щ} = Щ \cdot W_{щ} = 1202,5 \cdot 0,03 = 36 \text{ кг}$$

Уточнена витрата води:

$$B_n = B - B_n - B_{щ} = 146,3 - 47,1 - 36 = 63,2 \text{ л}$$

Уточнена витрата заповнювачів:

$$П_n = 942,5 + 47,1 = 989,6 \text{ кг}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 48

$$\Sigma_{н} = 1202,5 + 36 = 1238,5 \text{ кг}$$

Перевірка:

$$B + Ц + П + \Sigma = B_{н} + Ц + П_{н} + \Sigma_{н}$$

$$146,3 + 325 + 942,5 + 1202,5 = 63,2 + 325 + 989,6 + 1238,5$$

$$2616,3 \text{ кг} = 2616,3 \text{ кг.}$$

Визначаємо кількість матеріалів на весь об'єм бетону:

$$B = 63,2 \cdot 135 = 8532 \text{ л}$$

$$Ц = 325 \cdot 135 = 43875 \text{ кг}$$

$$П = 989,6 \cdot 135 = 133596 \text{ кг}$$

$$\Sigma = 1238,5 \cdot 135 = 167197,5 \text{ кг}$$

### Задача №8

Зразок вапняку кубічної форми з довжиною ребра  $L = 10$  см у сухому стані при випробуванні на опір стиску зруйнувався під навантаженням  $P = 62350$  кг. Визначити межу міцності вапняку при стиску у водонасиченому стані, якщо відомий коефіцієнт розм'якшення  $k_p = 0,75$ .

### Розв'язок:

Визначаємо межу міцності вапняку в сухому стані:

$$R_{сж} = \frac{P}{A},$$

де  $A$  – площа зразка,  $A = L^2 = 0,1^2 = 0,01 \text{ м}^2$ ;

$$R_{сж} = \frac{623500}{0,01} = 62350000 \text{ Па} = 62,35 \text{ МПа.}$$

Визначаємо межу міцності вапняку у водонасиченому стані:

$$R_{\sigma} = 62,35 \cdot 0,75 \approx 46,8 \text{ МПа.}$$



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 49

## Індивідуальні завдання

### Варіант 1

**Задача 1.** Лабораторний склад бетону (витрата матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону): цемент 280 кг, вода 190 кг, пісок 630 кг, щебінь 1150 кг. Як зміниться витрата матеріалів, якщо вологість піску, що надійшов на будівництво, 6%, а щебеню 2%?

**Задача 2.** Бетонні зразки були випробувані після 14 днів твердіння. Розрахована за результатами цих випробувань міцність бетону становила 22,4 МПа. Яку міцність цей бетон мав би після 28 днів твердіння і яка його марка?

### Варіант 2

**Задача 1.** Склад цементно-піщаного розчину масою 1:4,6. Який склад цього ж розчину за об'ємом? (Насипна щільність складових наступні,  $\text{кг}/\text{м}^3$ : цементу  $\rho_{\text{ц}} = 1100$ , піску  $\rho_{\text{п}} = 1400$ ).

**Задача 2.** Стандартні зразки розчину (3 шт) при випробуванні на стиск після 28 діб твердіння зруйнувалися при зусиллях: 38, 46 і 44 кН. Якою буде середня міцність розчину та його марка?

### Варіант 3

**Задача 1.** Бетон, що наповнений гранітним щебенем, при 14-денному терміні твердіння має межу міцності при стисканні  $R^1_6 = 40$  МПа. Визначити активність та марку цементу при В/Ц = 0,4.

### Варіант 4

**Задача 1.** Бетонна суміш наступного складу (витрата матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону): цемент – 300 кг; вода – 214 кг; пісок – 630 кг; щебінь – 1220 кг має рухливість (осідання конуса ОК = 2 см). Для того щоб отримати пластичну суміш (ОК = 10 см), додали 45 кг води. Який матеріал і скільки потрібно додати, щоб марка бетону не змінилася?

### Варіант 5

**Задача 1.** Визначити кількість складових матеріалів при приготуванні заданого обсягу цементного бетону  $V_6 = 125 \text{ м}^3$ , якщо на  $1 \text{ м}^3$  його витрачається Ц = 320 кг цементу. Вологість піску  $W_{\text{п}} = 4\%$ , щебеню  $W_{\text{щ}} = 2\%$ , В/Ц = 0,4, номінальний склад цементного бетону 1:2,7:3,9 (цемент : пісок : щебінь).

### Варіант 6

**Задача 1.** Лабораторний склад бетону (витрати матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону): цемент 260 кг, вода 180 кг, пісок 610 кг, щебінь 1050 кг. Як зміниться витрата матеріалів, якщо вологість піску, що надійшов на будівництво, 8%, а щебеню 3%?

**Задача 2.** Бетонні зразки були випробувані після 7 днів твердіння. Розрахована за результатами цих випробувань міцність бетону становила 18,2 МПа. Яку міцність цей бетон мав би після 28 днів твердіння і яка його марка?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 50

### **Варіант 7**

**Задача 1.** Склад цементно-піщаного розчину масою 1:4,8. Який склад цього ж розчину за обсягом? (Насипна щільність, кг/м<sup>3</sup>: цементу  $\rho_{ц} = 1200$ , піску  $\rho_{п} = 1500$ ).

**Задача 2.** Стандартні зразки розчину (3 шт) при випробуванні на стиск після 28 діб твердіння зруйнувалися при зусиллях: 33, 43 та 39 кН. Визначте середню міцність розчину та його марку.

### **Варіант 8**

**Задача 1.** Бетон, що наповнений гранітним щебенем, при 21-денному терміні твердіння має межу міцності при стисканні  $R^{14}_6 = 44$  МПа. Визначити активність та марку цементу при В/Ц = 0,5.

### **Варіант 9**

**Задача 1.** Бетонна суміш складу (витрата матеріалів на 1 м<sup>3</sup> бетону): цемент – 315 кг; вода – 221 кг; пісок – 645 кг; щебінь – 1180 кг має рухливість (осада конуса ОК = 2 см). Для того щоб отримати пластичну суміш (ОК = 10 см), додали 48 кг води. Який матеріал і скільки потрібно додати, щоб марка бетону не змінилася?

### **Варіант 10**

**Задача 1.** Визначити кількість складових матеріалів при приготуванні заданого об'єму цементного бетону  $V_6 = 145$  м<sup>3</sup>, якщо на 1 м<sup>3</sup> його витрачається Ц = 335 кг цементу. Вологість піску  $W_{п} = 7\%$ , щебеню  $W_{щ} = 2\%$ , В/Ц=0,48, номінальний склад цементного бетону 1:2, 8:3,6 (цемент : пісок : щебінь).

### **Варіант 11**

**Задача 1.** Лабораторний склад бетону (витрати матеріалів на 1 м<sup>3</sup> бетону): цемент 310 кг, вода 210 кг, пісок 655 кг, щебінь 1210 кг. Як зміниться витрата матеріалів, якщо вологість піску, що надійшов на будівництво, 5%, а щебеню 4%?

**Задача 2.** Бетонні зразки були випробувані після 21 днів твердіння. Розрахована за результатами цих випробувань міцність бетону становила 25,6 МПа. Яку міцність цей бетон мав би після 28 днів твердіння і яка його марка?

### **Варіант 12**

**Задача 1.** Склад цементно-піщаного розчину масою 1:3,9. Який склад цього ж розчину за об'ємом? (Насипна щільність, кг/м<sup>3</sup>: цементу  $\rho_{ц} = 1150$ , піску  $\rho_{п} = 1460$ ).

**Задача 2.** Стандартні зразки розчину (3 шт) при випробуванні на стиск після 28 діб твердіння зруйнувалися при зусиллях: 30, 38 та 36 кН. Визначте середню міцність розчину та його марку.

### **Варіант 13**

**Задача 1.** Бетон наповнений гранітним щебенем, при 10-денному терміні твердіння має межу міцності на стиск  $R^{14}_6 = 35$  МПа. Визначити активність та

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВКЗ.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 51

марку цементу при  $V/C = 0,6$ .

### **Варіант 14**

**Задача 1.** Бетонна суміш складу (витрата матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону): цемент – 315 кг; вода – 234 кг; пісок – 655 кг; щебінь – 1280 кг має рухливість (осідання конуса  $OK = 2 \text{ см}$ ). Для того щоб отримати пластичну суміш ( $OK = 10 \text{ см}$ ), додали 54 кг води. Який матеріал і скільки потрібно додати, щоб марка бетону не змінилася?

### **Варіант 15**

**Задача 1.** Визначити кількість складових матеріалів при приготуванні вказаного об'єму цементного бетону  $V_6 = 150 \text{ м}^3$ , якщо на  $1 \text{ м}^3$  його витрачається  $C = 340 \text{ кг}$  цементу. Вологість піску  $W_{\text{п}} = 4\%$ , щебеню  $W_{\text{щ}} = 3\%$ ,  $V/C = 0,5$ , номінальний склад цементного бетону 1:2, 8:3,8 (цемент : пісок : щебінь).

### **Варіант 16**

**Задача 1.** Лабораторний склад бетону (витрати матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону): цемент 315 кг, вода 205 кг, пісок 645 кг, щебінь 1300 кг. Як зміниться витрата матеріалів, якщо вологість піску, що надійшов на будівництво, 9%, а щебеню 4%?

**Задача 2.** Бетонні зразки були випробувані після 8 днів твердіння. Розрахована за результатами цих випробувань міцність бетону становила 15,3 МПа. Яку міцність цей бетон мав би після 28 днів твердіння і яка його марка?

### **Варіант 17**

**Задача 1.** Склад цементно-піщаного розчину масою 1:4,9. Який склад цього ж розчину за об'ємом? (Насипна щільність,  $\text{кг}/\text{м}^3$ : цементу  $\rho_{\text{ц}} = 1130$ , піску  $\rho_{\text{п}} = 1480$ ).

**Задача 2.** Стандартні зразки розчину (3 шт) при випробуванні на стиск після 28 діб твердіння зруйнувалися при зусиллях: 53, 61 та 59 кН. Визначте середню міцність розчину та його марку.

### **Варіант 18**

**Задача 1.** Бетон наповнений гранітним щебенем, при 14-денному терміні твердіння має межу міцності при стисканні  $R_{14}^6 = 39 \text{ МПа}$ . Визначити активність та марку цементу при  $V/C = 0,4$ .

### **Варіант 19**

**Задача 1.** Бетонна суміш складу (витрата матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону): цемент – 330 кг; вода – 234 кг; пісок – 660 кг; щебінь – 1430 кг має рухливість (осідання конуса  $OK = 2 \text{ см}$ ). Для того щоб отримати пластичну суміш ( $OK = 10 \text{ см}$ ), додали 60 кг води. Який матеріал і скільки потрібно додати, щоб марка бетону не змінилася?

### **Варіант 20**

**Задача 1.** Визначити кількість складових матеріалів при приготуванні

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 52

вказаного об'єму цементного бетону  $V_6 = 155 \text{ м}^3$ , якщо на  $1 \text{ м}^3$  його витрачається  $\text{Ц} = 345 \text{ кг}$  цементу. Вологість піску  $W_{\text{п}} = 5\%$ , щебеню  $W_{\text{щ}} = 4\%$ ,  $\text{В/Ц} = 0,4$ , номінальний склад цементного бетону 1:2, 5:3,6 (цемент : пісок : щебінь).

### Варіант 21

**Задача 1.** Лабораторний склад бетону (витрати матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону): цемент 285 кг, вода 188 кг, пісок 628 кг, щебінь 1250 кг. Як зміниться витрата матеріалів, якщо вологість піску, що надійшов на будівництво, 4%, а щебеню 6%?

**Задача 2.** Бетонні зразки були випробувані після 17 днів твердіння. Розрахована за результатами цих випробувань міцність бетону становила 24,8 МПа. Яку міцність цей бетон мав би після 28 днів твердіння і яка його марка?

### Варіант 22

**Задача 1.** Склад цементно-піщаного розчину масою 1:4,7. Який склад цього ж розчину за об'ємом? (Насипна щільність,  $\text{кг/м}^3$ : цементу  $\rho_{\text{ц}} = 1190$ , піску  $\rho_{\text{п}} = 1280$ ).

**Задача 2.** Стандартні зразки розчину (3 шт) при випробуванні на стиск після 28 діб твердіння зруйнувалися при зусиллях: 25, 29 та 30 кН. Визначте середню міцність розчину та його марку.

### Варіант 23

**Задача 1.** Бетон наповнений гранітним щебенем, при 21-денному терміні твердіння має межу міцності при стисканні  $R_{\text{б}}^{14} = 45 \text{ МПа}$ . Визначити активність та марку цементу при  $\text{В/Ц} = 0,45$ .

### Варіант 24

**Задача 1.** Бетонна суміш наступного складу (витрата матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону): цемент – 295 кг; вода – 210 кг; пісок – 620 кг; щебінь – 1270 кг має рухливість (осідання конуса  $\text{ОК} = 2 \text{ см}$ ). Для того щоб отримати пластичну суміш ( $\text{ОК} = 10 \text{ см}$ ), додали 38 кг води. Який матеріал і скільки потрібно додати, щоб марка бетону не змінилася?

### Варіант 25

**Задача 1.** Визначити кількість складових матеріалів при приготуванні цього обсягу цементного бетону  $V_6 = 160 \text{ м}^3$ , якщо на  $1 \text{ м}^3$  його витрачається  $\text{Ц} = 350 \text{ кг}$  цементу. Вологість піску  $W_{\text{п}} = 6\%$ , щебеню  $W_{\text{щ}} = 2\%$ ,  $\text{В/Ц} = 0,43$ , номінальний склад цементного бетону 1:2, 6:3,7 (цемент : пісок : щебінь).

### Варіант 26

**Задача 1.** Лабораторний склад бетону (витрати матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону): цемент 280 кг, вода 190 кг, пісок 630 кг, щебінь 1150 кг. Як зміниться витрата матеріалів, якщо вологість піску, що надійшов на будівництво, 6%, а щебеню 2%?

**Задача 2.** Бетонні зразки були випробувані після 14 днів твердіння. Розрахована за результатами цих випробувань міцність бетону становила 22,4

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВКЗ.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 53

МПа. Яку міцність цей бетон мав би після 28 днів твердіння і яка його марка?

### **Варіант 27**

**Задача 1.** Склад цементно-піщаного розчину масою 1:4,6. Який склад цього ж розчину за обсягом? (Насипна щільність, кг/м<sup>3</sup>: цементу  $\rho_{\text{ц}} = 1100$ , піску  $\rho_{\text{п}} = 1400$ ).

**Задача 2.** Стандартні зразки розчину (3 шт) при випробуванні на стиск після 28 діб твердіння зруйнувалися при зусиллях: 38, 46 і 44 кН. Визначте середню міцність розчину та його марку.

### **Варіант 28**

**Задача 1.** Бетон наповнений гранітним щебенем, при 14-денному терміні твердіння має межу міцності при стисканні  $R^{14}_{\text{б}} = 40$  МПа. Визначити активність та марку цементу при В/Ц = 0,4.

### **Варіант 29**

**Задача 1.** Бетонна суміш складу (витрата матеріалів на 1 м<sup>3</sup> бетону): цемент – 300 кг; вода – 214 кг; пісок – 630 кг; щебінь – 1220 кг має рухливість (осідання конуса ОК = 2 см). Для того щоб отримати пластичну суміш (ОК = 10 см), додали 45 кг води. Який матеріал і скільки потрібно додати, щоб марка бетону не змінилася?

### **Варіант 30**

**Задача 1.** Визначити кількість складових матеріалів при приготуванні вказаного об'єму цементного бетону  $V_{\text{б}} = 125$  м<sup>3</sup>, якщо на 1 м<sup>3</sup> його витрачається Ц = 320 кг цементу. Вологість піску  $W_{\text{п}} = 4\%$ , щебеню  $W_{\text{щ}} = 2\%$ , В/Ц = 0,4, номінальний склад цементного бетону 1:2, 7:3,9 (цемент : пісок : щебінь).

### **Варіант 31**

**Задача 1.** Лабораторний склад бетону (витрати матеріалів на 1 м<sup>3</sup> бетону): цемент 260 кг, вода 180 кг, пісок 610 кг, щебінь 1050 кг. Як зміниться витрата матеріалів, якщо вологість піску, що надійшов на будівництво, 8%, а щебеню 3%?

**Задача 2.** Бетонні зразки були випробувані після 7 днів твердіння. Розрахована за результатами цих випробувань міцність бетону становила 18,2 МПа. Яку міцність цей бетон мав би після 28 днів твердіння і яка його марка?

### **Варіант 32**

**Задача 1.** Склад цементно-піщаного розчину масою 1:4,8. Який склад цього ж розчину за об'ємом? (Насипна щільність, кг/м<sup>3</sup>: цементу  $\rho_{\text{ц}} = 1200$ , піску  $\rho_{\text{п}} = 1500$ ).

**Задача 2.** Стандартні зразки розчину (3 шт) при випробуванні на стиск після 28 діб твердіння зруйнувалися при зусиллях: 33, 43 та 39 кН. Визначте середню міцність розчину та його марку.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 54

### Контрольні запитання:

1. Чим відрізняється бетон від бетонної суміші?
2. Як підібрати пропорції складових бетонної суміші?
3. Як визначається марка бетону?
4. Що таке рухливість бетонної суміші? Як її визначити?
5. Що таке жорсткість бетонної суміші? Як її визначити?
6. Через який період бетон набирає свою міцність?
7. Для чого потрібно знати модуль крупності дрібного та великого наповнювачів?
8. Що таке пісок? Перерахуйте його різновиди.
9. У чому відмінність щебеню від гравію?
10. Які фракції великого наповнювача ви знаєте?
11. Для чого потрібно знати вологість та водопоглинання дрібного та великого наповнювачів?
12. Перерахуйте переваги та недоліки автоклавного твердіння.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 55

## ТЕМА 4

### «МЕТАЛИ ТА МЕТАЛЕВІ ВИРОБИ»

#### Теоретичні відомості

#### Метали та сплави

**Метали** — кристалічні речовини, що характеризуються високими електро- та теплопровідністю, ковкістю, здатністю добре відбивати електромагнітні хвилі та іншими специфічними властивостями.

У техніці зазвичай застосовують не чисті метали, а сплави, що зумовлено важкістю отримання чистих речовин, і з необхідністю надання металам необхідних властивостей.

**Сплави** — це системи, які складаються з кількох металів, чи металів і неметалів. Сплави мають всі характерні властивості металів. У будівництві застосовують сплави заліза з вуглецем (сталь, чавун), міді та олова (бронза), міді та цинку (латунь) та ін. На практиці термін «метали» поширюють і на сплави, тому він відноситься і до металевих сплавів.

Метали, що застосовуються в будівництві, ділять на дві групи: чорні та кольорові.

До чорних металів відносяться залізо та сплави на його основі (чавун та сталь).

**Сталь** — сплав заліза з вуглецем (до 2,14%) та іншими елементами. За хімічним складом розрізняють сталі вуглецеві та леговані, а за призначенням — конструкційні, інструментальні та спеціальні.

**Чавун** — сплав заліза з вуглецем (понад 2,14%), невеликою кількістю марганцю (до 2%), кремнію (до 5%), а іноді й інших елементів. Залежно від будови та складу чавун буває білий, сірий та ковкий.

До кольорових металів відносяться всі метали та сплави на основі алюмінію, міді, цинку, титану.

#### Властивості металів та сплавів

Фізико-механічні властивості металів та їх сплавів наведено у таблиці 5.

**Щільність сталі** —  $7850 \text{ кг/м}^3$ , що приблизно в 3 рази вище за щільність кам'яних матеріалів (наприклад, звичайний важкий бетон має щільність —  $2400 \pm 50 \text{ кг/м}^3$ ).

Міцнісні властивості та деформація сталі зазвичай визначаються випробуванням сталі на розтяг. При цьому будується діаграма «напруга-деформація». Сталь, як і інші метали, поводить себе як пружно-пластичний матеріал (рис. 5).

На початку випробувань величина деформації сталі буде пропорційна напруженню. Максимальне напруження, при якому зберігається ця залежність,

називається межею пропорційності (при цьому значенні напружень залишкові деформації не повинні перевищувати 0,05%).

Таблиця 5 – Фізико-механічні властивості металів та сплавів

Метал	Межа міцності при розтягуванні, МПа	Щільність, кг/м <sup>3</sup>
Чавун	100-600	7850
Вуглецева сталь	200-600	7850
Легована сталь	500-1600	7850
Алюмінієві сплави	100-300	2500-3000
Титанові сплави	до 1500	4500-5000

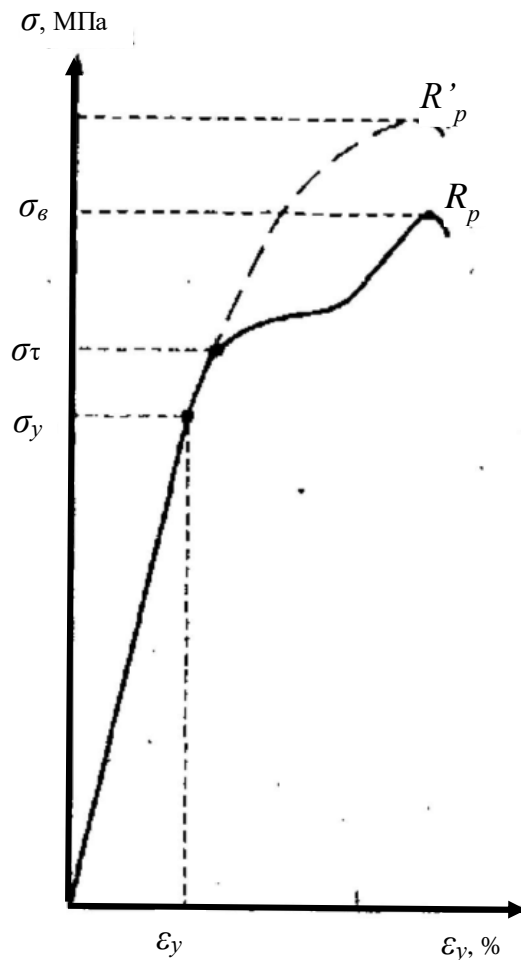


Рис. 5 – Діаграма випробування сталі на розтяг:  $\sigma_y$  – межа пружності;  $\epsilon_y$  – пружна деформація;  $\sigma_\sigma$  – тимчасовий опір;  $R_p$  – межа міцності

При подальшому підвищенні напруги починає проявлятися текучість сталі – швидке зростання деформацій при невеликому зростанні напружень. Напруження, що відповідає початку прояву текучості, називають межею



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 57

тежучості.

Після цього настає деяке уповільнення зростання деформацій при зростанні напружень («тимчасове зміцнення»), за яким слідує руйнування зразка, яке називається тимчасовим опором, що відповідає фактичній межі міцності сталі ( $R_p$ ).

Відносне видовження сталі  $s$  у момент розриву буде залежати від її пластичності. Воно розраховується за формулою:

$$\varepsilon = \left( \frac{l_1 - l_0}{l_0} \right) \cdot 100 \%, \quad (32)$$

де  $l_0$  – початкова довжина розрахункової частини зразка, мм;

$l_1$  – довжина цієї частини в момент розриву зразка, мм.

**Модуль пружності** сталі становить  $2,1 \cdot 10^5$  МПа.

**Твердість** сталі визначають на твердомірах Брінелля ( $HB$ ) або Роквелла ( $HR$ ) за величиною вдавлювання індентера (загартованої кульки або алмазної пірамідки) в сталь. Твердість обчислюють у МПа із зазначенням методу випробувань. Твердість поверхні сталі можна підвищувати спеціальною обробкою (наприклад, цементацією – насиченням поверхневого шару сталі вуглецем, або загартуванням струмами високої частоти).

**Ударна в'язкість** — властивість сталі чинити опір динамічним (ударним) навантаженням. Її значення визначають за величиною роботи, необхідної для руйнування зразка на маятниковому копрі. Ударна в'язкість залежить від складу сталі, наявності легуючих елементів, і помітно змінюється при зміні температури. Так, у Ст3 ударна в'язкість при  $+20$  °С становить  $0,5 \dots 1$  МДж/м<sup>2</sup>, а при  $-20$  °С –  $0,3 \dots 0,5$  МДж/м<sup>2</sup>.

**Теплопровідність** сталі, як і всіх металів, є дуже високою і становить близько  $70$  Вт/(м·К).

**Коефіцієнт лінійного термічного розширення** сталі становить  $10^{-5}$  К<sup>-1</sup>.

**Температура плавлення** сталі залежить від її складу і для звичайних вуглецевих сталей знаходиться в межах  $1500 \dots 1300$  °С (чавун з вмістом вуглецю  $4,3\%$  плавиться при  $1150$  °С).

## Приклади розв'язання задач

### Задача 1

При випробуванні металу на розтяг були використані довгі циліндричні зразки діаметром  $d = 7$  мм і початковою розрахунковою довжиною  $l_0$ . Значення руйнівного навантаження  $P_{max} = 3200$  кг, кінцева розрахункова довжина зразка  $l_k = 72$  мм. Визначити тимчасовий опір металу розриву і відносне видовження після розриву зразка.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 58

### Розв'язок:

Визначаємо початкову розрахункову довжину зразка

:

$$l_0 = 11.3 \cdot \sqrt{F_0},$$

де  $F_0$  – площа поперечного перерізу зразка,  $мм^2$ .

Визначаємо тимчасовий супротив розриву:

$$F_0 = \frac{\pi d^2}{4},$$

$$F_0 = \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} = 38,47 \text{ мм}^2,$$

$$l_0 = 11.3 \cdot \sqrt{38.47} = 70.1 \text{ мм}.$$

Визначаємо відносне видовження після розриву:

$$\sigma_s = \frac{P_{max}}{F_0},$$

$$\sigma_s = \frac{32000}{38.47 \cdot 10^{-6}} = 831,8 \text{ МПа}.$$

Визначаємо відносне видовження після розриву:

$$\delta = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\%,$$

$$\delta = \frac{72 - 70,1}{70,1} \cdot 100\% = 2,7\%.$$

### Задача 2

Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень довжиною 1,15 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 4,5? Вирахувати відносну  $\varepsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (напруга, що допускається, на розрив для даної марки сталі 150 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 59

**Розв'язок:**

Допустиме напруження на розрив для даного стрижня:

$$[\sigma] = \frac{P_{\text{разр}}}{F},$$

звідки:

$$F = \frac{P_{\text{разр}}}{[\sigma]},$$

$$F = \frac{45000 \text{ Н}}{150 \cdot 10^6 \text{ Па}} = 0,0003 \text{ м}^2,$$

$$F = \pi R^2,$$

$$R = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = \sqrt{\frac{(3 \text{ см})^2}{3,14}} = 1 \text{ см} \rightarrow D = 2 \cdot R = 2 \text{ см}.$$

Відносна деформація:

$$\varepsilon = \frac{[\sigma]}{E},$$

$$\varepsilon = \frac{150 \text{ МПа}}{2 \cdot 10^5 \text{ МПа}} = 7,5 \cdot 10^{-4}.$$

Абсолютна деформація:

$$\Delta l = l_2 - l_1,$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_1} \rightarrow \Delta l = \varepsilon \cdot l_1 = 7,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,15 = 0,86 \text{ мм}.$$

**Індивідуальні завдання**

**Варіант 1**

**Задача.** Яке максимальне навантаження здатний витримати сталевий стрижень довжиною 1,2 м і діаметром 2,5 см, якщо під дією розривних навантажень його довжина становить 1201,2 мм, а модуль поздовжньої пружності сталі  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 60

### **Варіант 2**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень завдовжки 1,1 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 5 т? Обчислити відносну  $\varepsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (допустиме значення напруги на розрив для даної марки сталі 170 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

### **Варіант 3**

**Задача.** Який діаметр сталевого стрижня довжиною 1,2 м, якщо при розривному навантаженні 4,6 т, його довжина становить 1200,9 мм, а модуль поздовжньої пружності сталі  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.

### **Варіант 4**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень довжиною 1,2 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 5,5 т? Обчислити відносну  $\varepsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (допустиме значення напруги на розрив для даної марки сталі 170 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

### **Варіант 5**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень завдовжки 1,25 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 6 т? Обчислити відносну  $\varepsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (допустиме значення напруги на розрив для даної марки сталі 200 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

### **Варіант 6**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень довжиною 1,3 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 7 т? Обчислити відносну  $\varepsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (допустиме значення напруги на розрив для даної марки сталі 160 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

### **Варіант 7**

**Задача.** Сталевий стрижень довжиною 0,8 м діаметром 3 см під дією розривних навантажень подовжився до 801,05 мм. Визначити величину максимального навантаження на стрижень та модуль поздовжньої пружності сталі, якщо межа міцності сталі дорівнює 170 МПа.

### **Варіант 8**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень завдовжки 1,23 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 6,5 т? Обчислити відносну  $\varepsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (допустиме значення напруги на розрив для даної марки сталі 150 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВКЗ.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 61

### **Варіант 9**

**Задача.** Сталевий стрижень довжиною 1400 мм діаметром 2,5 см під дією навантажень розриву, подовжився до 1400,92 мм. Визначити величину максимального навантаження на стрижень та модуль поздовжньої пружності сталі, якщо межа міцності сталі дорівнює 170 МПа.

### **Варіант 10**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень завдовжки 1,15 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 7 т? Обчислити відносну  $\epsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (допустиме значення напруги на розрив для даної марки сталі 150 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

### **Варіант 11**

**Задача.** Сталевий стрижень довжиною 1100 мм діаметром 3 см під дією навантаження, що розриває, подовжився до 1100,75 мм. Визначити величину максимального навантаження на стрижень та модуль поздовжньої пружності сталі, якщо межа міцності сталі дорівнює 170 МПа.

### **Варіант 12**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень завдовжки 1,23 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 6,5 т? Обчислити відносну  $\epsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (напруга, що допускається, на розрив для даної марки сталі 150 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

### **Варіант 13**

**Задача.** Сталевий стрижень довжиною 1100 мм діаметром 3 см під дією навантаження, що розриває, подовжився до 1100,75 мм. Визначити величину максимального навантаження на стрижень та модуль поздовжньої пружності сталі, якщо межа міцності сталі дорівнює 170 МПа.

### **Варіант 14**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень завдовжки 1,15 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 7 т? Обчислити відносну  $\epsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (напруга, що допускається, на розрив для даної марки сталі 150 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

### **Варіант 15**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень завдовжки 1,23 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 6,5 т? Обчислити відносну  $\epsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (напруга, що допускається, на розрив для даної марки сталі 150 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 62

### **Варіант 16**

**Задача.** При випробуванні металу на розтяг були використані довгі циліндричні зразки діаметром  $d = 8$  мм і початковою розрахунковою довжиною 10. Значення руйнівного навантаження  $R_{max} = 2700$  кг, кінцева розрахункова довжина зразка  $l_k = 83$  мм. Визначити тимчасовий опір металу розриву і відносне подовження після розриву зразка.

### **Варіант 17**

**Задача.** При випробуванні металу на розтяг були використані довгі циліндричні зразки діаметром  $d = 9$  мм і початковою розрахунковою довжиною 10. Значення руйнівного навантаження  $R_{max} = 3600$  кг кінцева розрахункова довжина зразка  $l_k = 94$  мм. Визначити тимчасовий опір металу розриву і відносне подовження після розриву зразка.

### **Варіант 18**

**Задача.** При випробуванні металу на розтяг були використані довгі циліндричні зразки діаметром  $d = 10$  мм і початковою розрахунковою довжиною 10. Значення руйнівного навантаження  $R_{max} = 4200$  кг кінцева розрахункова довжина зразка  $l_k = 103$  мм. Визначити тимчасовий опір металу розриву і відносне подовження після розриву зразка.

### **Варіант 19**

**Задача.** При випробуванні металу на розтяг були використані довгі циліндричні зразки діаметром  $d = 8$  мм і початковою розрахунковою довжиною 10. Значення руйнівного навантаження  $R_{max} = 2150$  кг, кінцева розрахункова довжина зразка  $l_k = 82$  мм. Визначити тимчасовий опір металу розриву і відносне подовження після розриву зразка.

### **Варіант 20**

**Задача.** При випробуванні металу на розтяг були використані довгі циліндричні зразки діаметром  $d = 6$  мм і початковою розрахунковою довжиною 10. Значення руйнівного навантаження  $R_{max} = 1200$  кг кінцева розрахункова довжина зразка  $l_k = 61$  мм. Визначити тимчасовий опір металу розриву і відносне подовження після розриву зразка.

### **Варіант 21**

**Задача.** При випробуванні металу на розтяг були використані довгі циліндричні зразки діаметром  $d = 8$  мм і початковою розрахунковою довжиною 10. Значення руйнівного навантаження  $R_{max} = 2700$  кг, кінцева розрахункова довжина зразка  $l_k = 83$  мм. Визначити тимчасовий опір металу розриву і відносне подовження після розриву зразка.

### **Варіант 22**

**Задача.** При випробуванні металу на розтяг були використані довгі циліндричні зразки діаметром  $d = 8$  мм і початковою розрахунковою довжиною 10. Значення руйнівного навантаження  $R_{max} = 2700$  кг, кінцева розрахункова

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 63

довжина зразка  $l_k = 83$  мм. Визначити тимчасовий опір металу розриву і відносне подовження після розриву зразка.

### **Варіант 23**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень завдовжки 1,3 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 5,35 т? Обчислити відносну  $\epsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (напруга, що допускається, на розрив для даної марки сталі 160 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

### **Варіант 24**

**Задача.** Яке максимальне навантаження здатний витримати сталевий стрижень довжиною 1,1 м і діаметром 2,4 см, якщо під дією навантаження, що розриває, його довжина становить 1151,2 мм, а модуль поздовжньої пружності сталі  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.

### **Варіант 25**

**Задача.** Сталевий стрижень довжиною 1300 мм діаметром 2,5 см під дією навантаження, що розриває, подовжився до 1300,87 мм. Визначити величину максимального навантаження на стрижень та модуль поздовжньої пружності сталі, якщо межа міцності сталі дорівнює 165 МПа.

### **Варіант 26**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень завдовжки 1,43 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 5,5 т? Обчислити відносну  $\epsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (напруга, що допускається, на розрив для даної марки сталі 152 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

### **Варіант 27**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень довжиною 1,33 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 7,5 т? Обчислити відносну  $\epsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (напруга, що допускається, на розрив для даної марки сталі 175 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

### **Варіант 28**

**Задача.** Сталевий стрижень довжиною 1200 мм діаметром 3,2 см під дією навантаження, що розриває, подовжився до 1200,75 мм. Визначити величину максимального навантаження на стрижень та модуль поздовжньої пружності сталі, якщо межа міцності сталі дорівнює 170 МПа.

### **Варіант 29**

**Задача.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень завдовжки 1,25 м, якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою 7 т? Обчислити відносну  $\epsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформацію стрижня під навантаженням (напруга, що допускається, на розрив для даної марки сталі 145 МПа, а модуль

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 64

пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

### **Варіант 30**

**Задача.** При випробуванні металу на розтяг були використані довгі циліндричні зразки діаметром  $d = 7$  мм і початковою розрахунковою довжиною 10. Значення руйнівного навантаження  $P_{\max} = 2800$  кг кінцева розрахункова довжина зразка  $l_k = 76$  мм. Визначити тимчасовий опір металу розриву і відносне подовження після розриву зразка.

### **Варіант 31**

**Задача.** При випробуванні металу на розтяг були використані довгі циліндричні зразки діаметром  $d = 8$  мм і початковою розрахунковою довжиною 10. Значення руйнівного навантаження  $P_{\max} = 3200$  кг кінцева розрахункова довжина зразка  $l_k = 85$  мм. Визначити тимчасовий опір металу розриву і відносне подовження після розриву зразка.

### **Варіант 32**

**Задача.** При випробуванні металу на розтяг були використані довгі циліндричні зразки діаметром  $d = 9$  мм і початковою розрахунковою довжиною 10. Значення руйнівного навантаження  $P_{\max} = 3800$  кг кінцева розрахункова довжина зразка  $l_k = 99$  мм. Визначити тимчасовий опір металу розриву і відносне подовження після розриву зразка.

## **Контрольні запитання**

1. Що таке метали? Їхні різновиди?
2. Як отримати сталь та чавун?
3. Перерахуйте переваги та недоліки металів як будівельного матеріалу?
4. Де і як застосовуються метали у гірничій промисловості?
5. Яка температура плавлення сталі?
6. З якими будівельними матеріалами може поєднуватись сталь?
7. Як можна підвищити твердість поверхні сталі?
8. Які різновиди кольорових металів ви знаєте?
9. Що таке ударна в'язкість сталі?
10. Які профілі сталевого рамного кріплення ви знаєте?
11. Яка щільність сталі?
12. Що таке плинність сталі?
13. Як виплавляють чавун і сталь?
14. Які є види та марки сталей?
15. Які бувають профілі із сталей?
16. Які бувають способи захисту від корозії сталей?



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 65

## ПИТАННЯ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЗАЛІК

1. Чим відрізняються гідравлічні в'язучі від повітряних в'язучих і які речовини належать до кожної з цих груп? Яку групу в'язучих речовин використовують у гірничій справі та чому?
2. Що називається цементним бетоном, як його виготовляють і від чого залежить його міцність?
3. Чим відрізняються сталі від чавунів і як можна поліпшити властивості сталей і чавунів?
4. Наведіть класифікацію бетонів за масою, міцністю та водонепроникністю.
5. Глиноземистий цемент, його властивості та застосування.
6. Який профіль прокату застосовують для виготовлення рамних металевих кріплень? Назвіть типорозміри СВП і його переваги.
7. Що таке попередньо напружений залізобетон і які його переваги порівняно зі звичайним залізобетоном?
8. Укажіть, які породи дерева переважно використовують для кріплення гірничих виробок? Наведіть сортамент лісових матеріалів, які використовують для кріплення гірничих виробок.
9. Які вимоги висувають до матеріалів конструкцій підземних споруд?
10. Які сталі використовують для кріплень гірничих виробок? Як здійснюють захист металу від корозії в шахтних умовах?
11. від чого залежить міцність будівельного розчину? Напишіть формулу міцності?
12. Який хімічний і мінералогічний склад портландцементу (ПЦ) ?
13. Назвіть особливості зимового бетонування.
14. Перелічіть види прокату та марки сталей, що використовуються для кріплень гірничих виробок.
15. Перелічіть спеціальні види бетону і дайте їхню коротку характеристику.
16. Опишіть умови зберігання Деревних матеріалів у шахті.
17. Перелічіть переваги та недоліки деревини як кріпильного матеріалу.
18. Які вимоги висувають до компонентів бетонної суміші під час виготовлення залізобетонного кріплення?
19. Що являє собою цемент, що розширюється, і для яких цілей його використовують у гірничій справі?
20. Чим відрізняється набризкбетон від торкретбетону?
21. Що таке фібробабризкбетон? Його різновиди.
22. Основні властивості будівельних матеріалів. Класифікація властивостей матеріалів за видом впливів на них в експлуатаційних умовах.
23. Основні види класифікації будівельних матеріалів.
24. Вимоги до матеріалів конструкцій підземних споруд. Коефіцієнт

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 81 / 66</i>

конструктивної якості.

25. Основні процеси під час виробництва керамічних матеріалів і виробів.

26. Фактори, що впливають на водонепроникність і морозостійкість бетонів.

27. Мінеральні в'язучі речовини в підземному будівництві. Їхні види, класифікація.

28. Спеціальні види цементу. Швидкодійний, сульфатостійкий портландцемент.

29. Полімерні матеріали та вироби (сировина, технологія та властивості полімерних матеріалів).

30. Полімерні матеріали та вироби, що застосовуються в будівництві.

31. Композиційні будівельні матеріали.

32. Лакофарбові матеріали.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 67

## ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

№ п/п	Текст завдання	Варіанти відповідей
1	Яку величину потрібно поставити в знаменник дроби $\rho = m/?$	1. маса сухого матеріалу; 2. маса насиченого водою матеріалу; 3. об'єм матеріалу; 4. середня щільність матеріалу; 5. площа поперечного перерізу.
2	В яких одиницях вимірюється істинна щільність	1. МПа 2. Кг/м <sup>3</sup> 3. Кгс/см <sup>2</sup> 4. % 5. м
3	Скільки можна навантажити кубометрів піску на 3 <sup>x</sup> тонний автомобіль, якщо середня щільність піску 1500 кг/м <sup>3</sup> ?	1. 4,5 м <sup>3</sup> 2. 0,2 м <sup>3</sup> 3. 2,0 м <sup>3</sup> 4. 2,5 м <sup>3</sup> 5. 3 м <sup>3</sup>
4	З якою теплопровідністю вигідніше застосувати матеріал для стін житлового будинку?	1. $\lambda=0,35$ 2. $\lambda=0,5$ 3. $\lambda=0,05$ 4. $\lambda=0,9$ 5. $\lambda=0,7$
5	Стандартний кубик з стороною 7,07 см зруйновано навантаженням в 50 кН. Яка границя міцності на стиск цього матеріалу?	1. 5 МПа; 2. 8,5 МПа; 3. 10 МПа; 4. 15 МПа; 5. 2,5 МПа.
6	При збільшенні середньої щільності коефіцієнт теплопровідності ....	1. зменшується; 2. збільшиться; 3. залишиться без змін. 4. не впливає 5. немає правильної відповіді
7	Ступінь заповнення об'єму будівельного матеріалу порами розміром до 3 мм —...	1. вологовіддача; 2. вогнетривкість; 3. пористість;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 68

		4. атмосферостійкість 5. немає правильної відповіді
8	Здатність матеріалу віддавати воду при зміні температури та вологості навколишнього середовища – ...	1. вологовіддача; 2. вогнетривкість; 3. пористість; 4. атмосферостійкість; 5. токсичність.
9	Здатність матеріалу витримувати тривалу дію високих температур, не деформуючись і не розплавляючись –...	1. вологовіддача; 2. вогнетривкість; 3. пористість; 4. атмосферостійкість; 5. токсичність.
10	Властивість матеріалу зменшуватися за масою і об'ємом під дією стиральних зусиль абразивного матеріалу, ця властивість називається ...	1. вологовіддача; 2. вогнетривкість; 3. пористість; 4. атмосферостійкість; 5. стираність
11	Здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією атмосферних факторів: сонячного випромінювання, вітру, пилу, газів у повітрі тощо, називається ...	1. вологовіддача; 2. вогнетривкість; 3. пористість; 4. атмосферостійкість; 5. токсичність
12	Яка вологість деревини вважається стандартною?	1) 15 % 2) 12 % 3) 5 % 4) 25 % 5) 50%
13	Яка вологість кімнатно-сухої деревини?	1) 15...20 % 2) 8...12 % 3) 35...100 % 4) 5...20 % 5) 50%
14	Якщо вологість деревини більше 35% то це буде...	1) кімнатно-суха 2) повітряно суха 3) свіже зрубана 4) мокра 5) немає правильної відповіді
15	Яку назву має круглий матеріал діаметром 15 см і довжиною 4 м?	1) колода; 2) підтоварник; 3) жердина;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВКЗ.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 69

		4) кряж. 5) немає правильної відповіді
16	Якщо діаметр верхнього поперечника 10 см, а довжина 4 м, то це буде...	1) колода; 2) підтоварник; 3) жердина; 4) кряж 5) немає правильної відповіді
17	Якщо ширина пиломатеріалу 120 мм, товщина 140 мм, то це буде...	1) брусок; 2) брус; 3) дошка; 4) обапіл. 5) немає правильної відповіді
18	Назвіть який це буде пиломатеріал, якщо товщина 60 мм, а ширина 80 мм?	1) брусок; 2) брус; 3) дошка; 4) обапіл. 5) немає правильної відповіді
19	Щебінь має мінімальні розміри...	1) 150 мм; 2) 5 мм; 3) 2,5 мм; 4) 100 мм. 5) немає правильної відповіді
20	Коефіцієнт конструктивної якості матеріалу збільшується при:	1 зниження його щільності. 2 зниження його міцності. 3 зниження його вартості. 4 не впливає 5 немає правильної відповіді
21	До матеріалів, які при впливі вогню або високої температури не спалахують, не тліють і не обвуглюються, належать:	1 фіброліт. 2 бетон. 3 дерево. 4. асфальтобетон 5. немає правильної відповіді

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВКЗ.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 70

22	Відмінність щебеню від гравію полягає в тому, що:	<p>1 у щебеню округла форма, у гравію - ламана.</p> <p>2 у щебеню ламана форма, у гравію - округла.</p> <p>3 міцність щебеню більше, ніж міцність гравію.</p> <p>4 міцність щебеню менше, ніж міцність гравію.</p> <p>5. немає правильної відповіді</p>
23	Гіпсові в'язучі речовини відносяться до групи:	<p>1 автоклавних в'язучих речовин.</p> <p>2 органічних в'язучих речовин.</p> <p>3 повітряних в'язучих речовин.</p> <p>4. гідравлічних в'язучих речовин.</p> <p>5. немає правильної відповіді</p>
24	До органічних в'язучих речовин відносяться:	<p>1 бітум</p> <p>2 гіпсові в'язучі</p> <p>3 цемент</p> <p>4 вапно</p> <p>5. немає правильної відповіді</p>
25	Силікати кальцію у складі портландцементу можуть становити:	<p>1 60%</p> <p>2 70%</p> <p>3 75%</p> <p>4 20%</p> <p>5. немає правильної відповіді</p>
26	Повітряна усадка глини може бути в межах:	<p>1. 2...12 %</p> <p>2. 1...2 %</p> <p>3. 15...20 %</p> <p>4. 25...50 %</p> <p>5. 51...70 %</p>

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 71

		5. немає правильної відповіді
27	Для підвищення пластичності маси при формуванні керамічних виробів додають...	1. шамот 2. доломіт 3. крейду 4. бентоніти 5. пісок
28	Яка максимальна температура створюється у печах для випалювання керамічних виробів	1. до 200 °С 2. до 400 °С 3. до 1100 °С 4. до 1500 °С 5. до 2000 °С
29	Яка середня щільність звичайної керамічної цегли?	1. 1600...1900 кг/м <sup>3</sup> 2. 1400...1600 кг/м <sup>3</sup> 3. 2000...2100 кг/м <sup>3</sup> 4. менше 1000 кг/м <sup>3</sup> 5. 1100...1400 кг/м <sup>3</sup>
30	Визначте середню щільність цегли, якщо розміри стандартні, а маса 3,4 кг	1 1950 кг/м <sup>3</sup> 2 3400 кг/м <sup>3</sup> 3 1740 кг/м <sup>3</sup> 4 570 кг/м <sup>3</sup> 5. 3,4 кг/м <sup>3</sup>
31	Яка основна сировина утворює каркас скла?	1 кальцинована сода 2 пісок 3 доломіт 4 каолін 5. сульфат натрію
32	Скло, яке пропускає промені ультрафіолетового діапазону не менше 25 % називається:	1. теплавбирне 2. увіолове 3. вітринне 4. візерункове 5. армоване скло
33	Назвіть вихідні матеріали для виробництва чавуну	1. залізні руди 2. флюси 3. кокс, залізні руди, флюси 4. боксити 5. апатити
34	Якщо розплавлений чавун продувається киснем, то ми маємо такий спосіб виплавки сталі	1. мартенівський 2. конверторний 3. електроплавильний 4. чавунний

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 72

		5. магнітний
35	Чавун – це сплав металу, який має такий склад...	1. залізо, вуглецю до 2 %, домішки 2. залізо, вуглецю 2,1...4 %, домішки 3. алюміній, кремній 4. мідь, цинк 5. латунь, молібден
36	Для чого при виплавлюванні чавуну додають вапняки	1. це флюс для зниження температури плавлення 2. це паливо для створення температури 3. це легуюча добавка, для збільшення міцності 4. для зменшення міцності 5. немає правильної відповіді
37	Визначте вид термічної обробки сталі, якщо сталь нагрівається на 50 <sup>0</sup> С вище критичної точки і швидко охолоджується у маслі	1. загартування 2. відпускання 3. відпалювання 4. нормалізація 5. немає правильної відповіді
38	Якщо загартовану сталь нагріти до температури нижче критичної, витримати при цій температурі повільно охолодити, то це буде...	1. відпускання 2. нормалізації 3. відпалювання 4. загартовування 5. немає правильної відповіді
39	Металеві антикорозійні покриття наносять методом...	1. фарбування 2. емальовання 3. гальванізації 4. електрофікації 5. немає правильної відповіді
40	Яким способом виготовляються швелери?	1. пресування 2. волочіння 3. штамповка 4. прокатка 5. немає правильної відповіді



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 73

41	. Що означає індекс “сп” у марок сталі?	1. напівспокійна 2. кипляча 3. спокійна 4. суцільна 5. сучасна
42	Висота двутавра 200 мм. Який його номер?	1. 2 2. 20 3. 200 4. 0,02 5. 0,2
43	Яку сировину потрібно використати на цементному заводі, щоб виготовити портландцементний клінкер:	1. мергель 2. вапняк 3. магнезит 4. доломіт 5. немає правильної відповіді
44	Повітряне вапно одержується при випалюванні:	1. природного гіпсового каменю 2. вапняків з вмістом глини до 6 % 3. вапняків з вмістом глини до 6...20 % 4. граніту 5. мармуру
45	Строки тужавіння будівельного гіпсу нормального твердіння знаходяться в межах:	1. 6...20 хв 2. 2...15 хв 3. 4...25 хв 4. 40...60 хв 5. 20...30 хв
46	Для визначення марки цементу за міцністю потрібно визначити:	1. строки тужавіння 2. границю міцності на стиск і згин 3. насипну щільність 4. водопотребу цементу 5. немає правильної відповіді
47	Для випробування на міцність гіпсу, портландцементу виготовляють еталонні зразки:	1. 40×40×160 мм 2. 40×40×100 мм 3. 20×20×30 4. 100×100×100 5. 150×150×150

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 74

48	Гравій для бетону має крупність:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 0,14...5 мм</li> <li>2. 5...70 мм</li> <li>3. 15...90 мм</li> <li>4. 25...100 мм</li> <li>5. 50...250 мм</li> </ol>
49	Щоб приготувати важкий бетон необхідні компоненти:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. цемент, вода, пісок, гранітний щебінь</li> <li>2. цемент, вода, пісок, керамзитовий щебінь</li> <li>3. цемент, вода, милонафт, пісок</li> <li>4. цемент, вода, перліт</li> <li>5. немає правильної відповіді</li> </ol>
50	Рухомість бетонної суміші визначають:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. за допомогою стандартного конуса в секундах</li> <li>2. за допомогою стандартного конуса в см</li> <li>3. за допомогою приладу Віка в см</li> <li>4. за допомогою віскозиметра в секундах</li> <li>5. немає правильної відповіді</li> </ol>

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 75

## ТЕМИ РЕФЕРАТІВ

1. Методи визначення міцності будівельних матеріалів.
2. Природні кам'яні матеріали. Магматичні гірські породи.
3. Природні кам'яні матеріали. Осадкові гірські породи.
4. Природні кам'яні матеріали. Метаморфічні гірські породи. Отримання та обробка природних кам'яних матеріалів. Характеристики якості будівельного каменю.
5. Будівельна кераміка. Сировинні матеріали.
6. Стінові керамічні вироби. Керамічні вироби для зовнішнього та внутрішнього облицювання будівель.
7. Скло. Властивості, види, вироби зі скла.
8. Ситали, плавлені кам'яні вироби.
9. Повітряне вапно.
10. Отримання клінкеру при виробництві портландцементу.
11. Структура цементного каменю.
12. Властивості цементного каменю.
13. Довговічність цементного каменю.
14. Спеціальні види цементу.
15. Властивості важкого бетону.
16. Особливі види бетону.
17. Легкі бетони.
18. Основи технології бетону. Застосування бетону в зимових умовах.
19. Вироби із залізобетону для цивільних, виробничих будівель та інженерних споруд.
20. Виготовлення збірних залізобетонних виробів.
21. Силікатні бетони.
22. Будова металів і сплавів.
23. Виробництво чавуну і сталі.
24. Зміцнення сталі.
25. Основні види металів, що застосовуються в будівництві.
26. Обробка та зварювання металів.
27. Будова та основні породи деревини.
28. Властивості деревини.
29. Вади деревини. Довговічність деревини та способи її підвищення.
30. Сушіння деревини. Лісоматеріали та вироби з деревини.
31. Органічні та неорганічні теплоізоляційні матеріали та вироби.
32. Акустичні матеріали.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 76

## ОСНОВНІ ТЕРМІНИ

- Азбоцемент** — цементний композиційний матеріал, зміцнений азбестовим волокном.
- Арматура** — сталеві стрижні або каркаси і сітки, розташовані в масі бетону відповідно до характеру роботи конструкції.
- Безвідмовність** — властивість виробу зберігати працездатність у певних режимах і умовах експлуатації протягом деякого часу без вимушених перерв на ремонт.
- Бетон** — штучний кам'яний матеріал, який отримують унаслідок затвердіння ретельно перемішаної та ущільненої суміші з в'язучої речовини, води, дрібного і крупного заповнювачів, узятих у певних пропорціях.
- Бетонна суміш** — складна багатокомпонентна система, що складається з частинок в'язучого, новоутворень, що виникають під час взаємодії в'язучого з водою, зерен заповнювача, води, спеціальних добавок, що вводять у деяких випадках, залученого повітря.
- Бітумні та дьогтьові емульсії** — дисперсні системи, в яких вода є середовищем, і в ній бітум або дьоготь дисперговані у вигляді частинок розміром близько 1 мкм.
- Будівельний розчин** — штучний кам'яний матеріал, отриманий унаслідок затвердіння розчинної суміші, що складається з в'язучої речовини, води, дрібного заповнювача і добавок, що поліпшують властивості суміші та розчинів.
- Бутовий камінь (бут)** — шматки каменю неправильної форми розміром не більше ніж 50 см за найбільшим виміром.
- Вогнестійкість** — властивість будівельного матеріалу чинити опір дії вогню під час пожежі протягом певного часу.
- Вогнетривкість** — властивість будівельного матеріалу витримувати тривалий вплив високої температури (від 15800 °С і вище), не розм'якшуючись і не деформуючись.
- Водонепроникність матеріалу** — марка, що позначає односторонній гідростатичний тиск, за якого зразок-циліндр не пропускає воду в умовах стандартного випробування.
- Водопоглинання** — ступінь заповнення будівельного матеріалу водою.
- Водопотреба цементу** — кількість води (% маси цементу), необхідна для отримання цементного тіста нормальної густоти.
- Водоцементне відношення** — відношення маси води до маси цементу у свіжоприготовленій бетонній суміші.
- Вологісні деформації** — здатність пористих органічних і неорганічних будівельних матеріалів під час зміни вологості змінювати свій

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 77

об'єм і розміри.

**Газо- і паропроникність** — здатність газу або пари переміщатися через пори і тріщини будівельного матеріалу.

**Гігроскопічність** — властивість капілярно-пористого будівельного матеріалу поглинати водяну пару з повітря.

**Гідравлічне вапно** — вапно, отримане випалюванням у шахтних печах не до спікання (900-11000 °С) мергелястих вапняків із вмістом глини 6-20%.

**Гіпсові в'язучі речовини** — повітряні в'язучі речовини, що складаються здебільшого з напівводного гіпсу або ангідриду, які отримують тепловою обробкою сировини і помелом.

**Гниття** — розкладання целюлози деревини внаслідок діяльності дереворуйнівних грибів і мікроорганізмів.

**Гравій** — складається з окатаних зерен тих самих розмірів, що і шматки щебеню, отриманих просіюванням пухких осадових порід.

**Деревина** — звільнена від кори тканина волокон, яка міститься в стовбурі дерева.

**Довговічність** — властивість виробу зберігати працездатність до граничного стану за умови виконання періодичного відновлення.

**Залізобетон** – матеріал, у якому з'єднані в єдине ціле сталева арматура і бетон.

**Збереження** — здатність виробу зберігати обумовлені експлуатаційні показники протягом і після терміну зберігання і транспортування, встановленого технічною документацією.

**Знос** — властивість матеріалу чинити опір одночасному впливу стирання і ударів.

**Капілярне всмоктування будівельного матеріалу** — здатність ґрунтових вод підніматися капілярами будівельного матеріалу, що частково перебуває у воді, і зволожувати його.

**Керамічні вироби** — вироби, одержувані з мінеральної сировини шляхом її формування та випалювання за високих температур.

**Клінкер** (у складі портландцементу) — зернистий матеріал (у вигляді порошку), отриманий випалюванням до спікання (за 14500 °С) сировинної суміші, що складається з карбонату кальцію, алюмосилікатів і невеликої добавки гіпсу.

**Корозія** — процес хімічного або електрохімічного руйнування металів під дією навколишнього середовища.

**Круглі лісоматеріали** — відрізки стовбурів дерев з обрубаними сучками з корою або без кори.

**Лаки** — фарбові склади у вигляді дисперсії плівкоутворювальної речовини (природної або синтетичної смоли, бітуму, оліфи) в леткому

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 78

розчиннику.

**Лакофарбові матеріали** – в'язкорідкі склади, що наносяться на поверхню конструкції тонким шаром, який за кілька годин твердне і утворює плівку, що міцно зчіплюється з основою.

**Мастика** – суміш нафтового бітуму або дьогтю з мінеральним наповнювачем і добавкою антисептика.

**Метал** – речовина, характерними ознаками якої за звичайних умов є висока міцність, пластичність, тепло- та електропровідність, особливий блиск, що називається металічним.

**Металізація** – покриття поверхні деталі розплавленим металом, розпорощеним стисненим повітрям.

**Міцність** – властивість матеріалу чинити опір руйнуванню під дією внутрішньої напруги, спричиненої зовнішніми силами або іншими факторами.

**Надійність** – загальна властивість, що характеризує прояв усіх інших властивостей виробу (довговічності, безвідмовності, ремонтпридатності, збереження) у процесі експлуатації.

**Неорганічні в'язучі речовини** – порошкоподібні матеріали, які під час змішування з водою утворюють пластично-в'язке тісто, здатне з часом мимовільно тверднути внаслідок фізико-хімічних процесів.

**Пісок** – складається із зерен різних мінералів розмірами 0,14 - 5 мм.

**Плакування** – накладення на основний метал тонкого шару захисного металу (біметалу) і закріплення його шляхом гарячої прокатки.

**Повітростійкість цементного каменю** – здатність цементного каменю зберігати міцність у сухих умовах, за умови сильного нагрівання сонячними променями, а також в умовах поперемінного зволоження і висихання.

**Повітряне вапно** – продукт помірного випалу кальцієво-магнієвих карбонатних гірських порід із вмістом глини не більше 6%.

**Полімерні матеріали** – матеріали, до складу яких як основний компонент входять високомолекулярні органічні речовини (полімери).

**Портландцемент** – гідралічна в'язуча речовина, у складі якої переважають силікати кальцію (70 - 80%). Це продукт тонкого подрібнення клінкеру з добавкою (3 - 5%) гіпсу.

**Радіаційна стійкість** – властивість матеріалу зберігати свою структуру і фізико-механічні характеристики після впливу іонізуючих випромінювань.

**Ремонтпридатність** – властивість виробу, що характеризує його пристосованість до відновлення, справності та збереження заданої технічної характеристики в результаті запобігання, виявлення та усунення відмов.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 79

- Рідке скло** — колоїдний водний розчин силікату натрію або силікату калію, що має щільність 1,3 - 1,8 т/м<sup>3</sup>.
- Романцемент** — гідравлічна в'язуча речовина, яку отримують тонким помелом обпалених не до спікання (9000 °С) вапняків і магнезійних мергелів, що містять 25% і більше глини.
- Силікатна цегла** — штучний безвипалювальний стіновий будівельний матеріал, виготовлений пресуванням із суміші кварцового піску і вапна з подальшим твердінням в автоклаві.
- Силікатні бетони** — група бетонів автоклавного твердіння на основі вапняно-кремнеземистого в'язучого і мінеральних заповнювачів.
- Співливість глин** — властивість глин ущільнюватися при випалюванні й утворювати каменеподібний черепок.
- Стиранність** — втрата первісної маси зразка матеріалу, віднесеної до площі поверхні стирання.
- Твердість** — властивість матеріалу чинити опір місцевій пластичній деформації, що виникає при впровадженні в нього більш твердого тіла.
- Теплоізоляційні матеріали** — неорганічні або органічні малотеплопровідні матеріали, призначені для теплової ізоляції будівельних конструкцій, промислового обладнання та трубопроводів.
- Укладаність розчинної суміші** — це властивість розчинної суміші легко укладатися щільним і тонким шаром на пористу основу і не розшаровуватися під час зберігання, перевезення і перекачування розчину насосами.
- Усадка бетону** — зменшення об'єму бетону під час його твердіння в атмосферних умовах або за недостатньої вологості середовища, що сприяє висиханню бетону.
- Усадка глини** — зменшення лінійних розмірів і об'єму глиняного сирцю під час його сушіння (повітряна усадка) і випалу (вогнева усадка).
- Фосфатування** — отримання на виробі поверхневої плівки з нерозчинних солей заліза або марганцю в результаті обробки металу фосфатами заліза або марганцю.
- Щебінь** — шматки каменю розміром 5 – 70 мм, отримані дробленням з міцних і морозостійких гірських порід.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 81 / 80

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бузило В. І., Сердюк В. П., Яворський А. В., Гайдай О. А. Матеріалознавство : навч. посіб. М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро : НТУ «ДП», 2021. 243 с. ISBN 978-966-350-756-9
2. Кривенко П. В., Пушкарьова К. К., Барановський В. Б., Кочевих М. О., Гасан Ю. Г., Константи́нівський Б. Я., Ракша В. О. Будівельне матеріалознавство. Підручник. К.: Ліра-К, 2012. 624 с. ISBN 978-966-2609-04-2
3. Пащенко Т. М., Світла З. І. Будівельне матеріалознавство: Навчальний посібник. К.: Аграрна освіта, 2009. 434 с. ISBN 978-966-7906-59-7
4. Бурак М. П., Рищенко Т. Д. Будівельне матеріалознавство. Навчальний посібник. Харків: ХНАМГ, 2007. 126 с.
5. Кривенко П. В. Будівельне матеріалознавство. Підручник. К.: ЕксОб, 2006. 704 с. ISBN 966-7769-35-6.
6. Дворкін Л. Й. Гарніцький Ю. В. Шестаков В. Л. Дворкін О. Л. Ніхаєва Л. І. Будівельне матеріалознавство. Курс лекцій і практикум. Навчальний посібник. За ред. Л. Й. Дворкіна. Рівне. УДУВГП, 2002. 366 с.
7. Бакка М. Т., Лягутенко А. С., Пчолкін Г. Д. Основи гірничого виробництва: Навчальний посібник. Житомир: ЖІТІ, 1999. 430 с.
8. Клочко І. І., Виговський Д. Д., Новіков О. О., Виговська Д. Д. Конспект лекцій з курсу «Матеріалознавство» для студентів напрямку 0903 «Гірнича справа». Донецьк, ДонНТУ, 2010. 148с.
9. Камських О. В., Камських Т. Є. Методичні вказівки для самостійного вивчення дисципліни «Гірниче матеріалознавство» для студентів за напрямом підготовки: 6.050301 «Гірництво». Житомир: ЖДТУ, 2015. 54 с.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-23.05- 05.01/4/184.00.1/Б/ВК3.8- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 81 / 81</i>

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»  
Факультет гірничої справи, природокористування та будівництва  
Кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3  
з навчальної дисципліни  
«ГІРНИЧЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»  
Тема: «Керамічні матеріали. В'яжучі речовини»

Виконав:  
студент групи РР-49  
Шевченко О.А.

Перевірив:  
доц. Павлов Є.Є.

Житомир 2023