

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 42 / 1

## **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»

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

### **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення практичних занять 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 42 / 2

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Програма навчальної дисципліни.....	4
Тема 1. «Основні властивості будівельних матеріалів».....	6
Теоретичні відомості.....	6
Індивідуальні завдання.....	13
Контрольні запитання.....	15
Тема 2. «Керамічні матеріали».....	16
Теоретичні відомості.....	16
Індивідуальні завдання.....	19
Контрольні запитання.....	21
Тема 3. «В'язучі речовини».....	22
Теоретичні відомості.....	22
Індивідуальні завдання.....	24
Контрольні запитання.....	25
Тема 4. «Розрахунок та підбір складу звичайного бетону».....	26
Теоретичні відомості.....	26
Індивідуальні завдання.....	31
Контрольні запитання.....	33
Тема 5. «Метали та металеві вироби».....	34
Теоретичні відомості.....	34
Індивідуальні завдання.....	37
Контрольні запитання.....	38
Теми рефератів.....	39
Питання, що виносяться на залік.....	40
Рекомендована література.....	42

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 42 / 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.

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.

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

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 42 / 4

## 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.

[1. стор. 12-32, 3. стор. 9-25]

**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.

[1. стор. 119-130, 137-138, 3. стор. 53-64]

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

[1. стор. 134-137, 3. стор. 68-94]

**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.

[1. стор. 38-119, 3. стор. 108-122]

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

[1. стор. 187-197, 3. стор. 27-47]

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

[1. стор. 138-147, 3. стор. 126-150]

**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.

[1. стор. 147-170, 3. стор. 156-187]

### *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.

[1. стор. 170-175, 3. стор. 188-197]

**Тема 9. Органічні в'язучі речовини.** 1. Класифікація органічних в'язучих речовин. Природні та нафтові бітуми, їх властивості. Дьогтьові в'язучі та їх

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 42 / 5

властивості. 2. Вироби на основі органічних в'язучих. Їх властивості та галузі використання.

[1. стор. 207-213, 3. стор. 229-245]

**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.

[1. стор. 235-241]

**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.

[1. стор. 213-219, 3. стор. 245-264]

**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.

[1. стор. 176-179, 3. стор. 197-206]

**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.

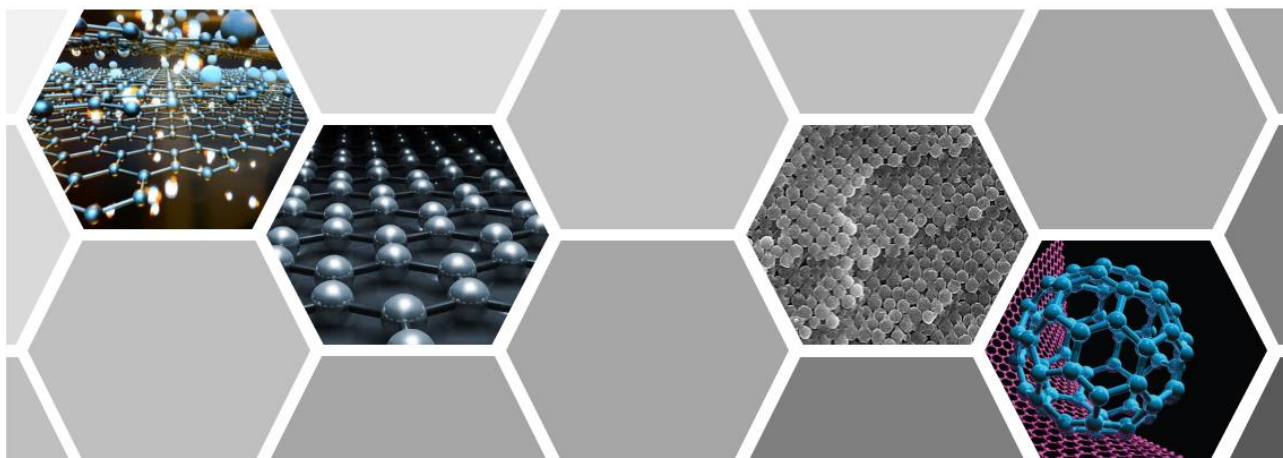
[1. стор. 199-207, 3. стор. 265-281]

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

[3. стор. 267-268]

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 42 / 6

## 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,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;

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 42 / 7

$m$  – 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.

**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.

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

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

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 42 / 8

Пористість буває відкрита та закрита.

**Відкрита пористість  $P_v$**  — 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  $P_z = P - P_v$** . Збільшення закритої пористості підвищує довговічність матеріалу, знижує звукопоглинання.

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:

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



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 42 / 9

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

$m_c$  – маса зразка в сухому стані.

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

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

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

де  $\gamma$  – об'ємна маса сухого матеріалу, виражена по відношенню до густини 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 ( $m^3$ ), що проходить через стінку площею  $1 m^2$ , товщиною  $1 m$ , за  $1$  годину при різниці гідростатичного тиску на межах стінки  $1 m$  вод. ст.

**Водонепроникність** матеріалу характеризується маркою W2; W4; W8; W10; W12, що позначає односторонній гідростатичний тиск  $kg/cm^2$ , 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

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 42 / 10

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. 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	$\rho_{сер}, \text{кг/м}^3$	$P, \%$	$\lambda, \text{Вт/(м}^{\circ}\text{К)}$
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 кДж/(кг·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

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 42 / 11

промислових печей. Тугоплавкі матеріали розм'якшуються при температурі вище 1350 °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:

- **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, мрамур) 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 °С і відтавання при температурі 12-20 °С, 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:

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

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 42 / 12

**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:

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

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 ( $B$ ) 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 густини ( $\rho$ ):

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

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

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 42 / 13

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.

### Індивідуальні завдання

**Задача 1.** Зразок вапняку кубічної форми з довжиною ребра  $L$  у сухому стані при випробуванні на опір стиску зруйнувався під навантаженням  $P$ . Визначити межу міцності вапняку при стисканні у водонасиченому стані, якщо відомий коефіцієнт розм'якшення  $k_p$  (табл. 3).

Таблиця 3 – Вихідні дані до задачі 1

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$L, \text{ см}$	15	10	12	11	13	14	15	10	12	11
$P, \text{ тон}$	75	50	52	53	60	65	80	40	45	42
$k_p$	0,8	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$L, \text{ см}$	19	11	16	14	17	10	18	12	11	13
$P, \text{ тон}$	85	55	75	45	60	30	40	40	60	35
$k_p$	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,79	0,78	0,77	0,76
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$L, \text{ см}$	20	19	15	17	13	10	14	18	16	14
$P, \text{ тон}$	60	65	80	40	45	75	50	52	53	60
$k_p$	0,87	0,88	0,89	0,92	0,93	0,94	0,95	0,79	0,78	0,82

**Задача 2.** Зразок щільного (пористість дорівнює  $\Pi$ ) каменю має масу  $m_1$  (табл. 4). При зважуванні того ж зразка у воді (метод гідростатичного зважування) він врівноважується гирями масою 24,3 г. Обчислити середню щільність цього каменю.

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 42 / 14

Таблиця 4 – Вихідні дані до задачі 2

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P, \%$	8	9	7	5	11	15	17	10	3	5
$m_1, \text{г}$	40,1	34,3	39,5	37,2	42,5	45,0	44,4	36,7	35,4	33,1
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$P, \%$	2	0	10	1	20	13	7	14	5	3
$m_1, \text{г}$	35,3	36,1	31,8	40,2	42,5	34,9	35,2	32,7	41,2	39,9
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$P, \%$	0	15	2	9	11	16	14	8	10	4
$m_1, \text{г}$	34,3	39,5	44,8	39,7	36,3	39,9	42,4	45,6	36,9	32,1

**Задача 3.** Зразок цегли, взятий зі стіни, мав масу  $m$  (табл. 5). Після висушування в термошафі при  $105^\circ\text{C}$  до постійної маси маса цього зразка стала 215 г. Якою є вологість цегли в стіні?

Таблиця 5 – Вихідні дані до задачі 3

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m, \text{г}$	250	240	230	245	235	220	260	265	225	270
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$m, \text{г}$	300	290	280	275	285	295	305	310	302	222
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$m, \text{г}$	234	258	321	277	256	245	299	252	296	237

**Задача 4.** Визначити теплопровідність каменю, якщо маса  $m$  (табл. 6), розміри  $400 \times 200 \times 200$  мм.

Таблиця 6 – Вихідні дані до задачі 4

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m, \text{г}$	300	290	280	275	285	295	305	310	302	222
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$m, \text{г}$	234	258	321	277	256	245	299	252	296	237
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$m, \text{г}$	250	240	230	245	235	220	260	265	225	270

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 42 / 15

**Задача 5.** Розрахувати пористість цегли, якщо її середня щільність  $\rho$  (табл. 7). Істинна щільність  $\rho_m$ .

Таблиця 7 – Вихідні дані до задачі 5

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\rho, \text{кг/м}^3$	1600	1900	1500	1400	1550	1720	1860	1350	1400	1950
$\rho_m, \text{кг/м}^3$	2500	2700	1900	2300	2100	2200	2130	1800	1750	2050
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$\rho, \text{кг/м}^3$	1720	1860	1350	1400	1950	1600	1900	1500	1400	1550
$\rho_m, \text{кг/м}^3$	2050	2100	2200	2150	2250	2300	2400	2350	2100	2000
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$\rho, \text{кг/м}^3$	1350	1400	1950	1600	1900	1720	1860	1450	1400	1950
$\rho_m, \text{кг/м}^3$	2200	2130	1800	1750	2050	2500	2700	1900	2300	2100

### 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?
13. В яких одиницях вимірюється істинна густина
14. З якою теплопровідністю вигідніше застосувати матеріал для стін житлового будинку?
15. Як змінюється коефіцієнт теплопровідності при збільшенні середньої щільності матеріала?
16. Як називається здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією атмосферних факторів: сонячного випромінювання, вітру, пилу, газів у повітрі тощо?

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 42 / 16

## ТЕМА 2 «КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ»



### Теоретичні відомості

**Кераміка** — штучні кам'яні матеріали, одержувані формуванням з глиняних сумішей з мінеральними та органічними добавками з подальшим сушінням та випалюванням. Старогрецькою мовою «*кермос*» 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.



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 42 / 17

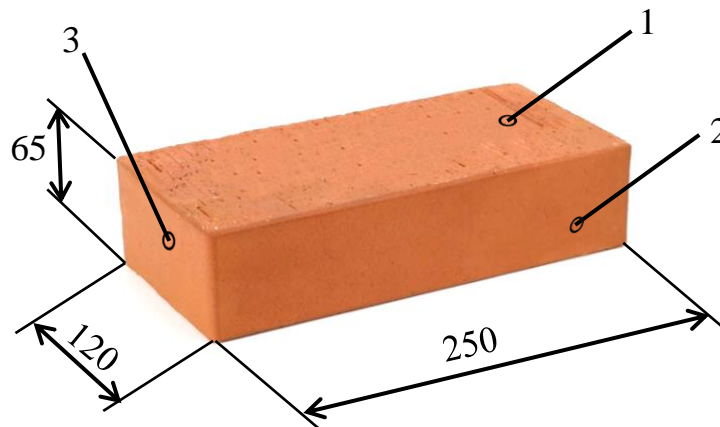
Виробництво керамічних матеріалів включає наступні етапи: видобуток сировинних матеріалів, підготовку сировинної маси, формування виробів, сушіння та випалювання.

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 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 швидкоотвердіючому 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 половинку цегли так, щоб грані, що утворилися при її

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 42 / 18

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 випробовувань, 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 формулою:

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

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;

$P_{руйн}$  – 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. 8).

Таблиця 8 – 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	min
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

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 42 / 19

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:

- 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.

Порожнистими 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».

### Індивідуальні завдання

**Задача 1.** Глиняна маса, з якої формують цеглу, має вологість  $W$  (табл. 9). 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?

Таблиця 9 – Вихідні дані до задачі 1

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$W, \%$	20	17	15	25	23	30	14	9	7	16
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$W, \%$	28	26	24	21	6	5	3	33	22	18
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$W, \%$	19	25	27	4	2	11	10	12	29	13

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 42 / 20

**Задача 2.** 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  $P_{руйн}$  (табл. 10). Яка марка цеглини за результатами її випробування на стиск?

Таблиця 10 – Вихідні дані до задачі 2

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{руйн}, кН$	255	265	275	285	295	305	205	245	240	230
	277	287	290	298	290	300	240	210	230	220
	250	234	237	240	260	226	250	230	225	215
	263	250	280	275	284	280	263	237	242	212
	265	246	263	268	275	287	258	234	235	224
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$P_{руйн}, кН$	295	245	245	240	230	260	240	210	230	250
	277	287	270	268	260	255	265	245	255	295
	226	250	230	225	215	250	234	237	240	260
	263	250	280	275	254	280	263	237	242	262
	287	258	234	235	224	265	246	253	268	275
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$P_{руйн}, кН$	255	265	275	285	255	245	248	240	242	230
	305	240	210	230	220	255	265	245	255	265
	250	234	237	240	260	226	250	230	225	215
	280	263	231	242	212	280	263	237	242	262
	265	246	263	268	275	287	258	234	235	224

**Задача 3.** Скільки автомашин вантажопідйомністю  $P$  (табл. 11) знадобиться для перевезення цегли для зведення стін одноповерхового будинку розміром  $a \times b$ ? Висота стін  $h$ . Площа дверних та віконних отворів у будинку  $A_1$ . 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 42 / 21

Таблиця 11 – Вихідні дані до задачі 3

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P, \text{т}$	5	7	10	12	15	20	25	30	35	40
$a, \text{м}$	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
$b, \text{м}$	5	6	7	8	7	8	9	5	10	5
$h, \text{м}$	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
$A_1, \text{м}^2$	10	9	8	7	8	9	10	11	12	13
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$P, \text{т}$	20	25	30	35	40	5	7	10	12	15
$a, \text{м}$	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$b, \text{м}$	10	9	8	7	6	5	8	3	4	5
$h, \text{м}$	3,5	3,4	3,3	3,2	3,6	3,7	3,8	3,1	3,0	2,9
$A_1, \text{м}^2$	14	15	14	13	12	11	10	11	12	13
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$P, \text{т}$	30	35	40	5	7	10	12	15	20	25
$a, \text{м}$	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
$b, \text{м}$	5	6	7	8	7	8	9	5	10	5
$h, \text{м}$	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$A_1, \text{м}^2$	12	11	10	5	6	7	8	9	10	8

### 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 порожнини?
8. У чому відмінність керамічної цегли від керамічного каменю?
9. Назвіть сировину для виробництва цегли.
10. Які ви знаєте керамічні вироби?
11. Якими керамічними виробами виконують зовнішнє облицювання?
12. Що таке керамзит і аглопорит?
13. Перелічіть види санітарно-технічної кераміки
14. Які керамічні вироби належать до вогнетривких?
15. Які керамічні вироби застосовують для облицювання внутрішніх стін?
16. Які керамічні вироби використовують для передачі навантажень?

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 42 / 22

### ТЕМА 3 «В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ»



#### Теоретичні відомості

**В'язкими 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 зачинають 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 гідралічні.

**Повітряні** в'язучі здатні твердіти і довго зберігати міцність тільки на повітрі. За хімічним складом можна виділити чотири групи:

- **вапняні**, що складаються, переважно, з гідроксиду кальцію  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ;
- **гіпсові**, що складаються із сульфату кальцію ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  або  $\text{CaSO}_4$ );
- **магнезіальні**, головним компонентом яких є оксид магнію  $\text{MgO}$ ;
- **рідке скло** - розчин силікату натрію або калію.

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

- гідралічне вапно та романцемент;

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 42 / 23

- силікатні цементи, що складаються переважно (> 75%) із силікатів кальцію; до них відносяться портландцемент та його різновиди;
- алюмінієві цементи, що складаються в основному з алюмінатів кальцію (глиноземистий цемент та його різновиди);
- в'язучі етtringітового типу, основними компонентами яких є алюмінати кальцію і сульфат кальцію (розширюються і безусадкові цементи).

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

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

#### Показники якості в'язучих

**Міцність** в'язучих 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'язучого 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** — гідралічне в'язуче, одержуване тонким подрібненням портландцементного клінкеру (обпаленої до спікання сировинної суміші вапняку та глини) та невеликої кількості гіпсу (1,5...3 %).

**Повітряне вапно.** Сировиною для одержання вапна служать осадові гірські породи: вапняки, крейда, доломіти, що складаються переважно з карбонату кальцію (CaCO<sub>3</sub>). 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 води аж до кипіння, називають **гасінням вапна**.

Пластичне тісто, що утворюється при надлишку взятої 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 42 / 24

використовують як в'яжуче. При випаровуванні води тісто загусає і перетворюється на каменеподібний стан (рис. 2).

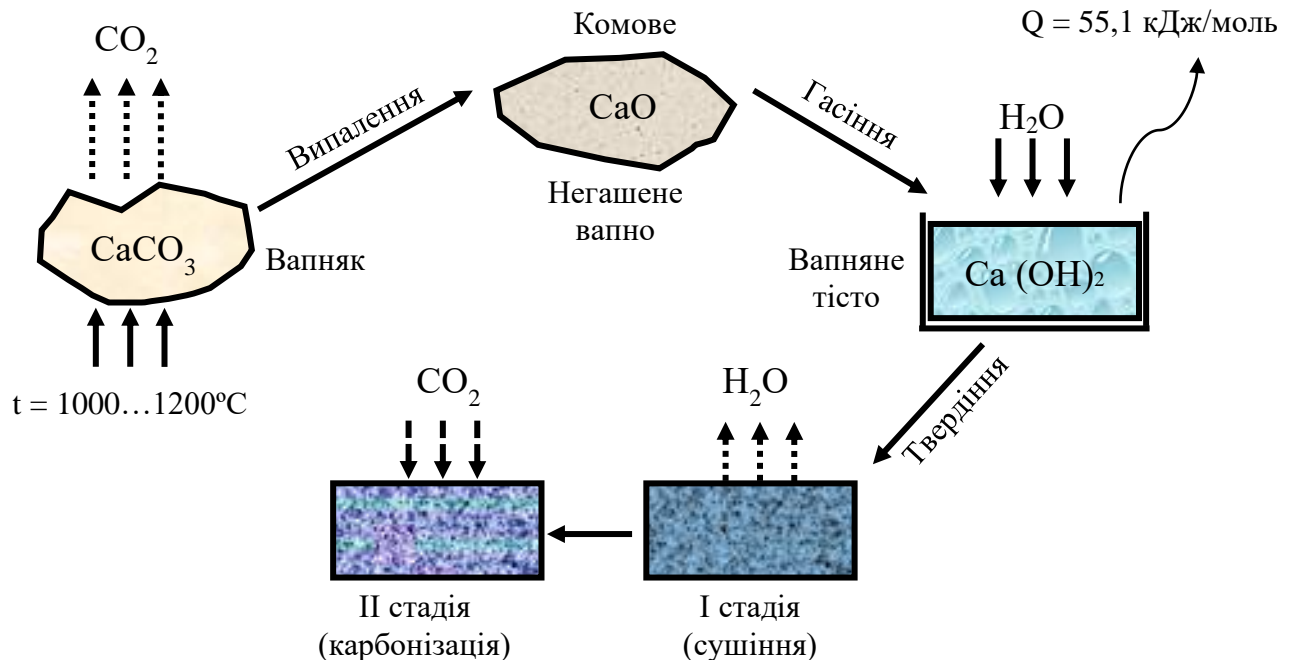


Рис. 2 – Отримання, гасіння та твердіння повітряного вапна

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%;
- магнезіальне —  $\text{MgO}$  5...20%;
- доломітове —  $\text{MgO}$  20...40%.

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

### Індивідуальні завдання

**Задача 1.** Розрахувати кількість негашеного вапна, отриманого при випалюванні  $m$  (табл. 12) чистого вапняку, що мав вологість  $W$ . Атомні маси  $\text{Ca}$



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 42 / 25

– 40, С – 12, О – 16, Н – 1.

Таблиця 12 – Вихідні дані до задачі 1

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m, \text{т}$	20	15	10	8	5	13	14	25	20	17
$W, \%$	28	26	24	21	6	5	3	33	22	18
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$m, \text{т}$	12	14	16	18	20	11	13	15	17	19
$W, \%$	20	17	15	25	23	30	14	9	7	16
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$m, \text{т}$	13	14	25	20	17	12	14	16	18	20
$W, \%$	19	25	27	4	2	11	10	12	29	13

**Задача 2.** Розрахувати, скільки потрібно чистого вапняку з вологістю  $W$ , щоб отримати  $m$  тон негашеного вапна (табл. 13)?

Таблиця 13 – Вихідні дані до задачі 2

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$W, \%$	28	26	24	21	6	5	3	33	22	18
$m, \text{т}$	12	14	16	18	20	11	13	15	17	19
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$W, \%$	19	25	27	4	2	11	10	12	29	13
$m, \text{т}$	13	14	25	20	17	12	14	16	18	20
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$W, \%$	20	15	10	8	5	13	14	25	20	17
$m, \text{т}$	20	17	15	25	23	30	14	9	7	16

### Контрольні запитання

1. Які неорганічні речовини ви знаєте?
2. Що таке в'яжучі речовини?
3. Що таке гідравлічні в'яжучі?
4. Як отримати повітряне вапно?
5. Які є види вапна, як їх одержують і де застосовують?
6. Що таке портландцемент, з якої сировини його виготовляють?
7. Який мінералогічний склад портландцементного клінкеру?
8. Які властивості має портландцемент, де він застосовується?

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 42 / 26

## ТЕМА 4 «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).

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 42 / 27

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 ( $m^3$ ) дорівнює  $1 m^3$  готового щільного бетону (незначним об'ємом, який займають повітряні пори – нехтують), тобто:

$$C/\rho_c + B + P/\rho_n + Ш/\rho_{ш} = 1. \quad (22)$$

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

$$\frac{C}{\rho_c} + B + \frac{P}{\rho_n} = V_{оц} \cdot \frac{Ш}{\rho_{оц}} \cdot a, \quad (23)$$

де  $C$ ,  $B$ ,  $P$  і  $Ш$  – витрати цементу, води, піску та щебеню на  $1 m^3$  бетону відповідно, кг;

$\rho_c$ ,  $\rho_n$ ,  $\rho_{ш}$  – щільність цементу, піску та щебеню відповідно, кг/л;

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

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

$a$  – коефіцієнт розсування зерен щебеню.

Розв'язуючи спільно рівняння (22), (23) отримаємо, що витрата щебеню,  $Ш$ , кг на  $1 m^3$  бетону:

$$Ш = \frac{1}{V_{оц} \cdot \frac{a}{\rho_{оц}} + \frac{1}{\rho_{ш}}}. \quad (24)$$

Витрата піску  $P$ , кг/ $m^3$  можна визначити як:

$$P = \left[ 1000 \cdot \left( \frac{C}{\rho_c} + B + \frac{Ш}{\rho_{ш}} \right) \right] \cdot \rho_n. \quad (25)$$

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 42 / 28

## Міцність бетону

Міцність бетону на стиск витриманого впродовж 28 діб,  $\text{кгс/см}^2$  (при  $V/C \geq 0,4$ ):

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

$C/B$  – 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  $A = 0,55$ ;

$R_{\text{ц}}$  – активність цементу, МПа.

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

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. 14.

Таблиця 14 – 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.

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 42 / 29

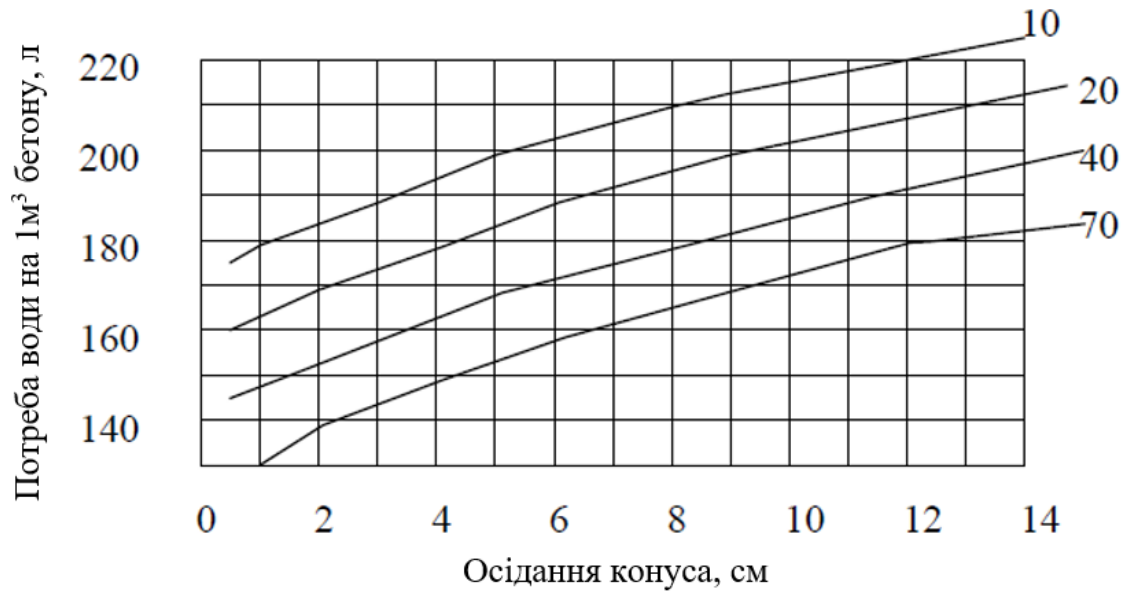


Рис. 3 – Графік водопотреби пластичної бетонної суміші, виготовленої з витратою портландцементу 200-400 кг/м<sup>3</sup> піску середньої крупності та гравію найбільшої крупності 10, 20, 40, 70 мм.

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

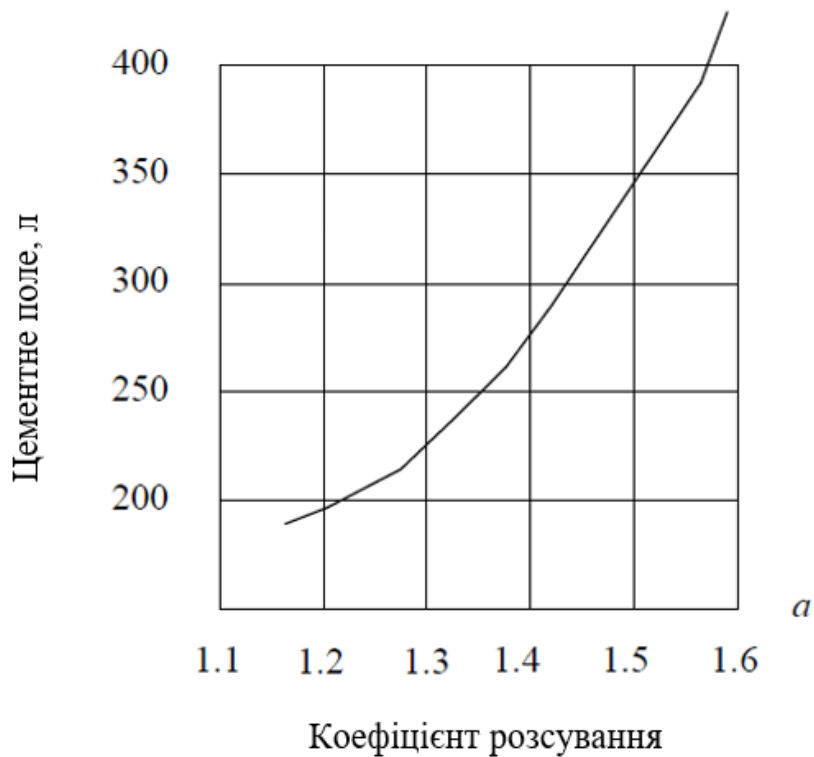


Рис. 4 – Залежність коефіцієнту розсування зерен щебеню розчинною сумішшю від витрати цементного тіста на 1 м<sup>3</sup>

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 42 / 30

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:

$$B_n = П \cdot W_n, \quad (27)$$

$$B_{щ} = Щ \cdot W_{щ}. \quad (28)$$

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.

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

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

$$П_{пр} = П + П \cdot W_n, \quad (30)$$

$$Щ_{пр} = Щ + Щ \cdot W_{щ}, \quad (31)$$

де  $П_{пр}, Щ_{пр}$  – 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.

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 42 / 31

### Індивідуальні завдання

**Задача 1.** Бетон, що наповнений гранітним щебенем, при 14-денному терміні твердіння має межу міцності при стисканні  $R^{14}_6$  (табл. 15). Визначити активність та марку цементу при  $V/C = 0,4$ .

Таблиця 15 – Вихідні дані до задачі 1

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R^{14}_6$ , МПа	40	35,5	37	42	38	26	30	41,6	39,5	34
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$R^{14}_6$ , МПа	22,4	26,7	31,4	33,8	46	21	22,7	32,9	39,1	40,8
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$R^{14}_6$ , МПа	28,1	26,3	23,1	24,2	21,2	28,6	26,8	23,7	24,2	26,2

**Задача 2.** Бетонна суміш наступного складу (витрата матеріалів на 1 м<sup>3</sup> бетону): цемент  $C$ ; вода  $B$ ; пісок  $P$ ; щебінь  $Ш$  (табл. 16) 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?

Таблиця 16 – Вихідні дані до задачі 2

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C$ , кг	300	125	150	175	200	225	250	275	325	100
$B$ , кг	214	89	107	124	142	160	178	196	231	71
$P$ , кг	600	250	300	350	400	450	500	550	650	200
$Ш$ , кг	630	275	330	385	440	495	550	605	715	220
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$C$ , кг	75	50	112,5	137,5	162,5	187,5	212,5	237,5	262,5	312,5
$B$ , кг	53	35	80	98	115	133	151	169	187	222
$P$ , кг	150	100	225	275	325	375	425	475	525	625
$Ш$ , кг	165	110	247	302	357	412	467	522	577	687
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$C$ , кг	87,5	62,5	37,5	95	120	145	170	195	220	245
$B$ , кг	62,4	44	2	67	85,6	103	121	139,1	156	174
$P$ , кг	175	125	75	190	240	290	340	390	440	490
$Ш$ , кг	192	137,5	82,5	209	264	319	374	429	484	539

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 42 / 32

**Задача 3.** Бетонні зразки були випробувані після 14 днів твердіння. Розрахована за результатами цих випробувань міцність бетону становила  $R_b$  (табл. 17). Яку міцність цей бетон мав би після 28 днів твердіння і яка його марка?

Таблиця 17 – Вихідні дані до задачі 3

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_b$ , МПа	22,4	26,7	31,4	33,8	46	21	22,7	32,9	39,1	40,8
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$R_b$ , МПа	28,1	26,3	23,1	24,2	21,2	28,6	26,8	23,7	24,2	26,2
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$R_b$ , МПа	40	35,5	37	42	38	26	30	41,6	39,5	34

**Задача 4.** Визначити кількість складових матеріалів при приготуванні заданого обсягу цементного бетону  $V_b$  (табл. 18), якщо на  $1 \text{ м}^3$  його витрачається  $\Pi$  цементу. Вологість піску  $W_{\text{п}}$ , щебеню  $W_{\text{щ}}$ ,  $В/\Pi = 0,4$ , номінальний склад цементного бетону 1:2,7:3,9 (цемент : пісок : щебінь).

Таблиця 18 – Вихідні дані до задачі 4

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_b$ , $\text{м}^3$	125	100	50	125	200	220	270	156	140	130
$\Pi$ , кг	320	257	129	323	520	574	707	410	369	344
$W_{\text{п}}$ , %	12	14	16	18	20	11	13	15	17	19
$W_{\text{щ}}$ , %	20	17	15	25	23	30	14	9	7	16
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$V_b$ , $\text{м}^3$	120	115	105	100	80	90	85	95	75	175
$\Pi$ , кг	319	307	281	269	216	243	231	259	205	481
$W_{\text{п}}$ , %	28	26	24	21	6	5	3	33	22	18
$W_{\text{щ}}$ , %	12	14	16	18	20	11	13	15	17	19
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$V_b$ , $\text{м}^3$	193	166	154	147	133	123	234	321	243	258
$\Pi$ , кг	532	459	428	410	372	345	659	908	690	735
$W_{\text{п}}$ , %	19	25	27	4	2	11	10	12	29	13
$W_{\text{щ}}$ , %	13	14	25	20	17	12	14	16	18	20

**Задача 5.** Лабораторний склад бетону (витрата матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону): цемент  $\Pi$ , вода  $B$ , пісок  $\Pi$ , щебінь  $\Pi\Pi$ . Як зміниться витрата матеріалів, якщо вологість піску дорівнює  $W_{\text{п}}$ , а щебеню  $W_{\text{щ}}$  (табл. 19)?



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 42 / 33

Таблиця 19 – Вихідні дані до задачі 5

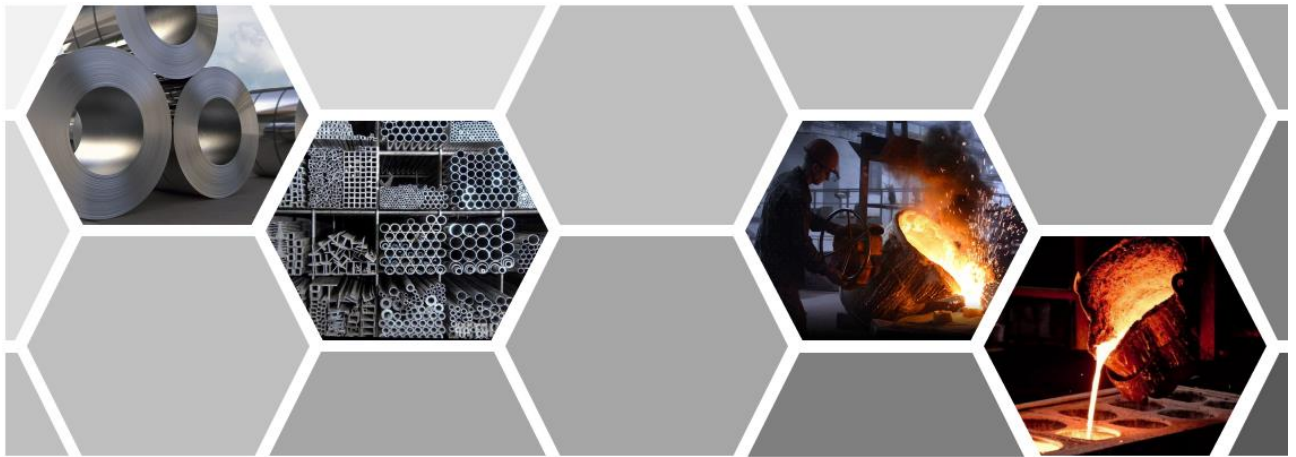
Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ц, кг</b>	87,5	62,5	37,5	95	120	145	170	195	220	245
<b>В, кг</b>	62,4	44	2	67	85,6	103	121	139,1	156	174
<b>П, кг</b>	175	125	75	190	240	290	340	390	440	490
<b>Щ, кг</b>	192	137,5	82,5	209	264	319	374	429	484	539
<b>W<sub>п</sub>, %</b>	19	25	27	4	2	11	10	12	29	13
<b>W<sub>щ</sub>, %</b>	13	14	25	20	17	12	14	16	18	20
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>Ц, кг</b>	75	50	112,5	137,5	162,5	187,5	212,5	237,5	262,5	312,5
<b>В, кг</b>	53	35	80	98	115	133	151	169	187	222
<b>П, кг</b>	150	100	225	275	325	375	425	475	525	625
<b>Щ, кг</b>	165	110	247	302	357	412	467	522	577	687
<b>W<sub>п</sub>, %</b>	12	14	16	18	20	11	13	15	17	19
<b>W<sub>щ</sub>, %</b>	20	17	15	25	23	30	14	9	7	16
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
<b>Ц, кг</b>	75	50	112,5	137,5	162,5	187,5	212,5	237,5	262,5	312,5
<b>В, кг</b>	53	35	80	98	115	133	151	169	187	222
<b>П, кг</b>	150	100	225	275	325	375	425	475	525	625
<b>Щ, кг</b>	165	110	247	302	357	412	467	522	577	687
<b>W<sub>п</sub>, %</b>	28	26	24	21	6	5	3	33	22	18
<b>W<sub>щ</sub>, %</b>	12	14	16	18	20	11	13	15	17	19

### 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 42 / 34

## ТЕМА 5 «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 20.

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

Таблиця 20 – 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

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).

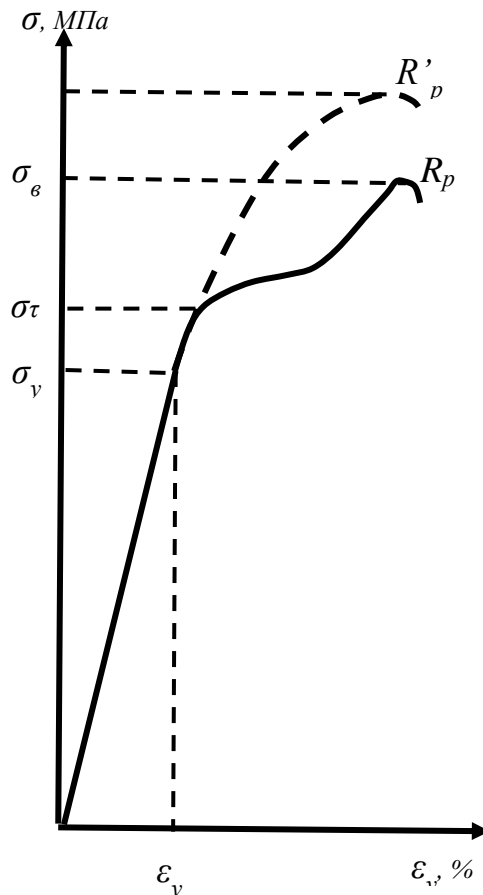


Рис. 5 – Діаграма випробування сталі на розтяг:  $\sigma_y$  – межа пружності;  $\epsilon_y$  – пружна деформація;  $\sigma_\epsilon$  – тимчасовий опір;  $R_p$  – межа міцності

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 42 / 36

На початку випробувань величина деформації сталі буде пропорційна напруженням. Максимальне напруження, при якому зберігається ця залежність, називається межею пропорційності (при цьому значенні напружень залишкові деформації не повинні перевищувати 0,05%).

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

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, цементациєю – 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).

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 42 / 37

### Індивідуальні завдання

**Задача 1.** Яке максимальне навантаження здатний витримати сталевий стрижень довжиною  $l$  і діаметром  $d$  (табл. 21), якщо під дією розривних навантажень його довжина становить  $L$ , а модуль поздовжньої пружності сталі  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.

Таблиця 21 – Вихідні дані до задачі 1

Показник и	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l$ , м	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,1	1,05	1,15	1	1,45
$d$ , см	2,5	2,25	2,34	2,43	2,52	1,98	1,89	2,07	1,8	2,61
$L$ , мм	1201,2	1012,5	1053	1093,5	1134	891	850,5	931,5	810	1174,5
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$l$ , м	1,1	1,05	1,15	1	1,45	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4
$d$ , см	2,2	2,1	2,3	2	2,9	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8
$L$ , мм	1056	1008	1104	960	1392	1152	1200	1248	1296	1344
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$l$ , м	1,05	1,15	1	1,45	1,35	1,4	1,1	1,2	1,25	1,3
$d$ , см	2,205	2,415	2,1	3,045	2,835	2,94	2,31	2,52	2,625	2,73
$L$ , мм	1102,5	1207,5	1050	1522,5	1417,5	1470	1155	1260	1312,5	1365

**Задача 2.** Який мінімальний діаметр повинен мати сталевий стрижень завдовжки  $l$ , якщо потрібно утримувати на ньому вантаж масою  $P$  (табл. 22)? Обчислити відносну  $\epsilon$  і абсолютну  $\Delta l$  деформації стрижня під навантаженням (допустиме значення напруги на розрив для даної марки сталі 170 МПа, а модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа).

Таблиця 22 – Вихідні дані до задачі 2

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l$ , м	1,1	1,05	1,15	1	1,45	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4
$P$ , т	5	4,1	4,2	4,9	4,7	4,8	4,6	4,4	4,5	4,3
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$l$ , м	1,05	1,15	1	1,45	1,35	1,4	1,1	1,2	1,25	1,3
$P$ , т	4,8	4,6	4,4	4,5	4,3	5	4,1	4,2	4,9	4,7
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$l$ , м	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,1	1,05	1,15	1	1,45
$P$ , т	4,1	4,2	4,9	4,7	4,8	4,6	4,4	4,5	4,3	5

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 42 / 38

**Задача 3.** Який діаметр сталевого стрижня довжиною  $l$  (табл. 23), якщо при розривному навантаженні  $P$ , його довжина становить  $L$ . Модуль поздовжньої пружності сталі  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа.

Таблиця 23 – Вихідні дані до задачі 3

Показники	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l$ , м	1,05	1,15	1	1,45	1,35	1,4	1,1	1,2	1,25	1,3
$P$ , т	4,6	4,4	4,5	4,3	5	4,1	4,2	4,9	4,7	4,6
$L$ , мм	1200	1207	1050	1522	1417	1470	1155	1260	1312	1365
	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
$l$ , м	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,1	1,05	1,15	1	1,45
$P$ , т	4,1	4,2	4,9	4,7	4,8	4,6	4,4	4,5	4,3	5
$L$ , мм	1012	1053	1093	1134	891	850,5	931,5	810	1174	1201
	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>
$l$ , м	1,1	1,05	1,15	1	1,45	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4
$P$ , т	4,7	4,8	4,6	4,4	4,5	4,3	5	4,1	4,2	4,9
$L$ , мм	1008	1104	960	1392	1152	1200	1248	1296	1344	1056

### 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 42 / 39

## 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.
5. Отримання та обробка природних кам'яних матеріалів.
6. Характеристики якості будівельного каменю.
7. Будівельна кераміка. Сировинні матеріали.
8. Стінові керамічні вироби. Керамічні вироби для зовнішнього та внутрішнього облицювання будівель.
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 42 / 40

## 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 набризк-бетон 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 42 / 41</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. Швидкодіючий, 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 42 / 42

## 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 «Гірнична 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.