

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання лабораторних, контрольних та самостійних робіт
з дисципліни

«БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

(для студентів 2 курсу заочної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напрямів підготовки 6.060101 – «Будівництво», 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)» та слухачів другої вищої освіти спеціальностей 7.06010101 «Промислове та цивільне будівництво», 7.06010103 «Міське будівництво та господарство», 7.06010107 «Теплогазопостачання та вентиляція», 7.06010108 «Водопостачання та водовідведення», 7.06010302 «Раціональне використання водних ресурсів»)

**Харків
ХНУМГ
2014**

Методичні вказівки для виконання лабораторних, контрольних та самостійних робіт з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» (для студентів 2 курсу заочної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напрямів підготовки 6.060101 – «Будівництво», 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)» та слухачів другої вищої освіти спеціальностей 7.06010101 «Промислове та цивільне будівництво», 7.06010103 «Міське будівництво та господарство», 7.06010107 «Теплогазопостачання та вентиляція», 7.06010108 «Водопостачання та водовідведення», 7.06010302 «Раціональне використання водних ресурсів») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова; уклад. : С. В. Шаповал, О. С. Лапшин. - Х.: ХНУМГ, 2014. – 53 с.

Укладачі: к.т.н., доц. Шаповал С.В., к.т.н., доц. Лапшин О.С.

Рецензент: к.т.н. доц. каф. ТБВ та БМ Баранова А.А.

Рекомендовано кафедрою ТБВ та БМ, протокол № 5 від 30.01. 2013 р.

Зміст

Вступ	4
Лабораторна робота № 1 «Визначення фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів»	5
Лабораторна робота № 2 «Керамічні матеріали і вироби»	16
Лабораторна робота № 3 «Випробування цементу»	19
Лабораторна робота № 4 «Визначення технічних характеристик нафтових бітумів і рулонних матеріалів на їх основі».....	25
Контрольна робота №1.....	29
Контрольна робота № 2.....	43
Теми для самостійної роботи.....	49
Список використаних джерел	52

ВСТУП

Для студентів заочної форми навчання та слухачів другої вищої освіти напряму підготовки 6.060101 – «Будівництво» спеціальностей МБГ, ТОРБ, ТГВ основною формою навчання є самостійна робота, що передбачає індивідуальну підготовку, поєднану з методологічною базою. Сучасний навчальний процес має на меті допомогти студентам, які вивчають курс «Будівельне матеріалознавство», оволодіти методикою і набути навички самостійно, творчо розв'язувати технологічні задачі, щоб грамотно і доцільно вибирати будівельні матеріали залежно від виду конструкції та умов їх експлуатації.

Дисципліна «Будівельне матеріалознавство» відноситься до нормативних дисциплін для підготовки бакалаврів. З метою найкращого засвоєння матеріалу студенти повинні до початку вивчення дисципліни опанувати базові знання з фізики, хімії, математики.

Програма побудована за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу відповідно КМСОНП, яка є українським варіантом ECTS. Програма навчальної дисципліни розроблена на основі:

— ГСВОУ МОНУ «Освітньо-кваліфікаційна характеристика бакалавра напряму підготовки 0926 - «Водні ресурси», затверджено наказом Міністерства освіти і науки України від 04.06.2004 р. № 452 (із 2006 р. напрям 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси));

— СВО ХНАМГ Навчальний план підготовки бакалавра за напрямом 6.060103 «Гідротехніка (водні ресурси)» спеціальності «Водопостачання та водовідведення», 2007 р.;

— ГСВОУ МОНУ «Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра напряму підготовки 0926 - «Водні ресурси», затверджено наказом Міністерства освіти і науки України від 04.06.2004 р. № 452 (із 2006 р. напрям 6.060103 – «Гідротехніка (водні ресурси));

- ГСВОУ 6.092100 (ОКХ)-04 Галузевий стандарт вищої освіти України «Освітньо-кваліфікаційна характеристика напряму підготовки 0921 «Будівництво» кваліфікації бакалавр» за спеціальностями 6.092100 – Міське будівництво і господарство, Промислове та цивільне будівництво, Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель. Теплогазопостачання і вентиляція, 2004 р. (з 2006 р. напряму підготовки – 6.060101 «Будівництво»).

- ГСВОУ 6.092100 (ОПП)-04 Галузевий стандарт вищої освіти України «Освітньо-професійна програма напряму підготовки 0921 «Будівництво» кваліфікації бакалавр» за спеціальностями 6.092100 – Міське будівництво і господарство, Промислове та цивільне будівництво, Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель, Теплогазопостачання і вентиляція, 2004р. (з 2006р. напряму підготовки – 6.060101 «Будівництво»).

- СВО ХНАМГ Навчальний план напряму підготовки 0921 «Будівництво» освітньо-кваліфікаційного рівня 6.060101 (6.092100, бакалавр, спеціальності Міське будівництво і господарство, Промислове та цивільне будівництво, Технічне обслуговування, ремонт та реконструкція будівель. Теплогазопостачання і вентиляція, 2008р.).

- Навчального плану перепідготовки спеціаліста за напрямом 6.060101 - «Будівництво», спеціальності 7.092100 – «Міське будівництво та господарство», 6.092100 – «Промислове та цивільне будівництво», 2010 р.

Програма дисципліни передбачає самостійне вивчення студентами теоретичних основ матеріалознавства за рекомендованою літературою. Під час самостійної підготовки слухачі виконують контрольні роботи, для чого протягом навчального року викладачами відповідної дисципліни проводяться консультації. Контрольна робота складається з теоретичних питань і задач з будівельного матеріалознавства. Вибирається один з 10 варіантів, що відповідає останній цифрі номера залікової книжки слухача.

Лабораторна робота № 1

Визначення фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів

До основних груп властивостей будівельних матеріалів належать:

1) *фізичні*:

- параметри стану (істинна, середня та насипна густина, пористість, пустотність);

- гідрофізичні - характеризують відношення матеріалів до дії води (водовбирання, вологість, водостійкість, водопроникність, гігроскопічність, морозостійкість тощо);

- теплофізичні (теплопровідність, теплоємність, вогнестійкість, вогнетривкість);

2) *механічні* (міцність при стиску, вигині, розтягненні, твердість, крихкість, стирання, пружність, пластичність, опір ударові, зносостійкість, повзучість);

3) *спеціальні* (хімічна, корозійна стійкість, газо- та паропроникність, довговічність, адгезія, акустичні властивості);

4) *технологічні* - характеризують придатність до механічної обробки (різання, свердлення, стругання, розпилування, подрібнювання тощо).

Мета роботи - оволодіти методиками визначення основних фізико-механічних властивостей будівельних матеріалів і виробів, за сукупністю яких оцінюють їх якість й придатність до застосування.

1 Фізичні властивості матеріалів

Густиною називають масу одиниці об'єму матеріалу (кг/м³). Для розрахунку значення густини треба знайти масу матеріалу m (кг) і його об'єм V (м³) за формулою

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3, \quad (1)$$

1.1 Визначення істинної густини

Істинною густиною (ρ) називають густину тієї речовини, з якої складається матеріал, це є фізична константа речовини. Об'єм матеріалу (V) визначають без

пор і пустот. Обладнання для виконання роботи: технічні терези, ваги, об'ємомір (колба Ле Шательє) (рис.1).

Істинну густину матеріалу розраховують за формулою

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{V}, \text{ кг/м}^3, \quad (2)$$

де m_1 - вихідна наважка, г; m_2 - маса залишку матеріалу, г; V - об'єм порошку, який засипали у прилад Ле Шательє, см³.

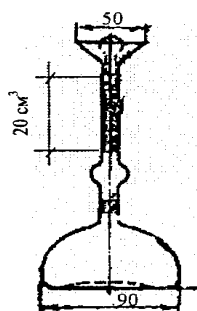


Рис. 1 - Прилад Ле Шательє

Методика визначення істинної густини

Для того, щоб отримати матеріал в абсолютно щільному стані, його тонко подрібнюють, щоб кожна часточка не мала пор. На технічних терезах зважують порошок матеріалу масою 70 г з похибкою не більше 0,01 г.

До приладу Ле Шательє по нижню мітку наливають воду або іншу рідину, яка є інертною по відношенню до матеріалу. Об'єм між верхньою і нижньою позначками приладу Ле Шательє складає 20 см³ і є його константою.

Порошок засипають у колбу невеликими порціями доти, поки рівень рідини у приладі підніметься до верхньої позначки. Таким чином, відповідно до закону Архімеда, визначають об'єм матеріалу. Залишок порошку зважують. Результати експерименту записують у таблицю 1.

Таблиця 1 – Результати експерименту

№ п/п	Найменування показників	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
	Назва матеріалу		
1	Вихідна наважка	m_1 , г	
2	Маса залишку порошку	m_2 , г	
3	Маса порошку в об'ємомірі	$m_1 - m_2$, г	
4	Об'єм порошку, см ³	V , см ³	
5	Істинна густина	г/см ³ (кг/м ³)	

1.2 Визначення середньої густини зразків правильної геометричної форми

Середньою густиною (ρ_0) називають густину матеріалу з урахуванням його повного об'єму у природному стані, включаючи пори і пустоти.

Обладнання для виконання експерименту: технічні терези, ваги, лінійка.

Методика визначення середньої густини.

Метод визначення середньої густини залежить від геометричної форми зразка матеріалу.

Зразки матеріалу правильної геометричної форми (куб, паралелепіпед, циліндр тощо)

Зразок матеріалу зважують з похибкою не більше 0,1 г (при масі до 500 г) і не більше 1 г (при масі більше 500 г). Розміри зразка визначають за допомогою штангенциркуля або металічною лінійкою. Об'єм зразка розраховують за геометричними формулами, відповідно до форми зразку. Результати дослідів заносять у таблицю 2.

Таблиця 2 – Результати дослідів

№ п/п	Найменування показників	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
	Назва матеріалу		
1	Геометричні розміри зразка	a, b, c (см)	
2	Об'єм зразка	V , см ³	
3	Маса зразка	m , г	
4	Середня густина	г/см ³ (кг/м ³)	

Визначення середньої густини зразків неправильної геометричної форми

Середню густину зразків неправильної геометричної форми визначають методом гідростатичного зважування або за допомогою об'ємоміру.

Метод гідростатичного зважування заснований на законі Архімеда, відповідно до якого об'єм тіла, зануреного у воду, дорівнює об'єму води, що була витиснута цим тілом.

Обладнання: гідростатичні терези (рис. 2), ваги.

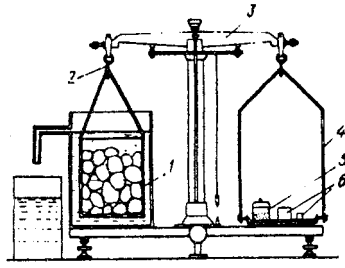


Рис. 2 - Гідростатичні терези

Зразок неправильної геометричної форми зважують у сухому стані (m), а потім насичують водою. М'якою вологою тканиною витирають зразок і зважують на гідростатичних терезах (m_1). Після визначення маси насиченого водою зразка, його занурюють у склянку 1 з водою і зважують у воді (m_2).

Середню густину матеріалу (ρ_o) розраховують за формулою

$$\rho_o = [m/(m_1 - m_2)] \cdot \rho_{H_2O}. \quad (3)$$

Об'ємомір (рис. 3) використовують при визначенні середньої густини крупних зразків (масою більше 500 г).

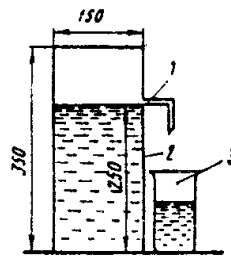


Рис. 3 - Об'ємомір.

Зразок зважують у сухому стані (m_1), парафінують і знову зважують (m_2). В об'ємомір наливають воду до рівня зливної трубки 1. Під трубку ставлять попередньо зважену склянку (m_3). Зразок на нитці занурюють в об'ємомір. Склянку з водою зважують (m_4). Маса води, витиснутої зразком, дорівнює об'єму зразка з парафіном. Об'єм парафіну визначають з урахуванням довідникових значень ($\rho_{парафіну} = 0,98 \text{ г/см}^3$). Середню густину матеріалу розраховують за формулою (4):

$$\rho_o = \frac{m_1}{\frac{m_4 - m_3}{\rho_{H_2O}} - \frac{m_2 - m_1}{\rho_{пар}}}. \quad (4)$$

1.3 Визначення насипної густини сипких матеріалів

Насипна густина ($\rho_{он}$) - характеристика сипких матеріалів (цемент, пісок, щебінь тощо), коли для розрахунків приймають увесь об'єм, включаючи порожнечу між частинками.

Методика визначення насипної густини матеріалів

Дрібнозернистий матеріал насипають у мірний посуд ємкістю 1 л за допомогою стандартного конуса (рис. 4).

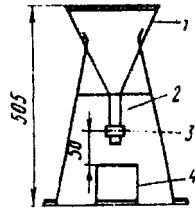


Рис. 4 - Стандартний конус

Мірний циліндр попередньо зважують. Циліндр заповнюють матеріалом з надлишком, який урізають лінійкою і повторно зважують. Результати експерименту заносять у таблицю 3.

Таблиця 3 – Результати дослідів

№ п/п	Найменування показників	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
	Назва матеріалу		
1	Об'єм циліндру	$V, \text{см}^3$	
2	Маса циліндру без матеріалу	$m_1, \text{г}$	
3	Маса циліндру з матеріалом	$m_2, \text{г}$	
4	Середня насипна густина	$\rho_{\text{он}}, \text{г/см}^3$	

Насипну густину матеріалів визначають за формулою

$$\rho_{\text{он}} = (m_2 - m_1) / V, \quad (5)$$

де m_1 - маса циліндру, г; m_2 - маса циліндру з матеріалом, г; V - об'єм циліндру, см^3 .

1.4 Визначення пористості

Пористість характеризує ступінь заповнення об'єму матеріалу порами:

$$П = \frac{\rho - \rho_o}{\rho} \cdot 100 \%, \quad (6)$$

де ρ - істинна густина матеріалу, г/см^3 ; ρ_o - середня густина матеріалу, г/см^3 .

Для визначення пористості треба заповнити таблицю 4.

Таблиця 4 – Результати дослідів

№ п/п	Найменування показників	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
	Назва матеріалу		
1	Істинна густина	ρ , г/см ³	
2	Середня густина	ρ_o , г/см ³ $\rho_{он}$	
3	Пористість	Π , %	

1.5 Визначення пустотності сипкого матеріалу

Пустотність - частина одиниці об'єму, що знаходиться між зернами сипкого матеріалу. Визначають пустотність за формулою

$$\Pi = \frac{\rho - \rho_{он}}{\rho} \cdot 100 \%, \quad (7)$$

де ρ - істинна густина матеріалу, г/см³; $\rho_{он}$ – середня насипна густина матеріалу, г/см³.

Для визначення пористості треба заповнити таблицю 5.

Таблиця 5 – Результати дослідів

№ п/п	Найменування показників	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
	Назва матеріалу		
1	Істинна густина	ρ , г/см ³	
2	Середня густина сипкого матеріалу	$\rho_{он}$, г/см ³	
3	Пустотність	Π , %	

1.6 Визначення водопоглинання

Водопоглинання - здатність матеріалу поглинати воду і утримувати її у своїх порах при безпосередньому контакті з водою. Водопоглинання характеризується максимальною кількістю води, віднесеною до маси сухого матеріалу (водопоглинання за масою (W_m , %) або до його об'єму (об'ємне водопоглинання W_v , %)). Водопоглинання за масою характеризує вологість будівельного матеріалу і визначається за формулою

$$W_m = \frac{m_{вол} - m_{сух}}{m_{сух}} \cdot 100 \%, \quad (8)$$

де $m_{сух}$ - маса матеріалу в сухому стані, г; $m_{вол}$ - маса вологого матеріалу, г.

Водопоглинання за об'ємом визначають за формулою

$$W_v = \frac{m_{\text{вол}} - m_{\text{сух}}}{V} \cdot 100 \%, \quad (9)$$

де $m_{\text{сух}}$ - маса матеріалу в сухому стані, г; $m_{\text{вол}}$ - маса вологого матеріалу, г, V - об'єм матеріалу в сухому стані, см³.

Методика визначення вологості матеріалу

Зразок вологого матеріалу зважують і висушують при температурі 105-110 °С до постійної ваги. Розраховують вологість зразка з похибкою не більше 0,1 %. Випробують два або три зразки, результат приймають як середнє арифметичне отриманих даних.

Методика визначення об'ємного водопоглинання

Випробування проводять на двох або трьох зразках. Зразки висушують до постійної маси і записують масу сухого зразка. Потім їх занурюють у воду так, щоб над ними був шар води не менше 2 і не більше 10 см і витримують деякий час, рекомендований стандартами. Після насичення зразки виймають з води, витирають вологою тканиною і зважують. Водопоглинання за об'ємом розраховують за формулою (9).

Результати експериментів заносять у таблицю 6.

Таблиця 6 - Результати експериментів

№ п/п	Назва показників	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
	Назва матеріалу		
1	Маса сухого зразка	$m_{\text{сух}}$, г	
2	Маса зразка, насиченого водою	$m_{\text{вол}}$, г	
3	Об'єм зразка	V , см ³	
4	Водопоглинання за об'ємом	W_v , %	

2 Механічні властивості матеріалів

Механічні властивості матеріали характеризують їх здатність опиратися впливу зовнішніх механічних сил.

Міцність - здатність матеріалу опиратися внутрішнім напруженням, що виникають внаслідок впливу зовнішніх сил. Міцність матеріалів характеризується межею міцності, тобто максимальним напруженням в матеріалі, що відповідає навантаженню, яке передуює моменту руйнування. Межа міцності визначається дослідом на серіях зразків встановлених розмірів


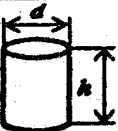
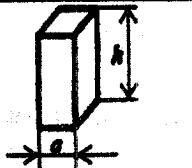
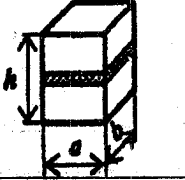
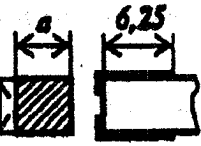
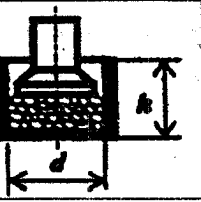
і форм. Міцність матеріалу одного і того ж складу залежить від густини матеріалу, а міцність пористих матеріалів - ще й від їх вологості.

Межу міцності матеріалу визначають не менше як на трьох зразках. Остаточним результатом вважають середнє арифметичне тільки тих показників, що відрізняються один від одного не більше ніж на 15 %.

2.1 Визначення межі міцності при стиску

Схеми стандартних методів визначення міцності при стиску наведені в таблиці 7.

Таблиця 7– Схеми стандартних методів визначення міцності при стиску

Зразок	Ескіз	Розрахункова формула	Матеріал	Розмір стандартного зразка, см
Куб		$R = \frac{P}{S}$	Бетон Розчин Природний камінь	10×10×10 15×15×15 20×20×20 7,07×7,07×7,07 5×5×5
Циліндр		$R = \frac{P}{S}$	Бетон Природний камінь	$d=15; h=30;$ $d= h=5; 7; 10;$ 15 і ін.
Призма		$R = \frac{P}{S}$	Бетон Деревина	$a =10; 15; 20$ $h=40; 60; 80$ $a =2; h=3$
Складений зразок		$R = \frac{P}{S}$	Цегла	$a =12$ $b=12,5;$ $h=14$
Половина зразка-призми, виготовленого з цементно-піщаного розчину		$R = \frac{P}{S}$	Цемент	$a =4$ $S=25 \text{ см}^2$
Проба щебеню (гравію) у циліндрі		$D_p = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100$	Великий заповнювач для бетону	$d=15; h=15$

При випробуваннях використовують гідравлічні преси з максимальним зусиллям 10 т; 100 т. Максимальне навантаження відповідає показанню

манометра, на який вказує фіксує стрілка. Руйнуюче зусилля визначають за тарировочними таблицями, що додаються до преса. Межу міцності при стиску розраховують за формулою

$$R = \frac{P}{S}, \quad (10)$$

де P - руйнуюче зусилля, кг; S - площа зразка, см^2 .

Результати експерименту заносять до таблиці 8.

Таблиця 8 - Результати експерименту

№ п/п	Найменування показників	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
	Назва матеріалу		
1	Розміри зразка: - довжина - ширина - діаметр - висота	l , см b , см d , см h , см	
2	Площа перерізу	S , см^2	
3	Руйнівна сила	P, H (кг)	
4	Межа міцності при стиску	R_{cm} , $\text{кг}/\text{см}^2$ (МПа)	

Замальовують схему випробувань.

2.2 Визначення межі міцності при вигині

Схеми стандартних методів визначення міцності при вигині наведені в таблиці 9. При випробуваннях на вигин використовують преси малої потужності із спеціальними пристроями з опорами або прилад-автомат МП-100.

При використанні приладу МП-100 значення межі міцності знаходять за лічильником без додаткових розрахунків. Результат випробування фіксують в одиницях виміру - $\text{кгс}/\text{см}^2$ ($1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 0,1 \text{ МПа}$). Розрахунок межі міцності при вигині виконують за формулою

$$R_{виг} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (11)$$

де P - руйнуюча сила, кг;

l - відстань між опорами, см;

b, h - ширина і товщина зразка, см.

Таблиця 9– Схеми стандартних методів визначення міцності при вигині й розтягуванні

Зразок	Ескіз	Розрахункова формула	Матеріал	Розмір стандартного зразка, см
Випробування на вигин				
Призма, цегла		$R_{виг} = \frac{3Pl}{2bh^2}$	Цемент	4×4×16
			Цегла	12×6,5×25
Призма		$R_{виг} = \frac{Pl}{bh^2}$	Бетон	15×15×15
			Деревина	2×2×30
Випробування на розтягування				
Стрижень, вісімка, призма		$R_p = \frac{4P}{\pi d^2}$ $R_p = \frac{P}{a^2}$	Бетон	5×5×50 10×10×80
			Сталь	$d = l$ $l = 5; l > 10d$
Циліндр		$R_p = \frac{2P}{\pi dl}$	Бетон	$d = 15$

Результати експерименту заносять до таблиці 10.

Таблиця 10 - Результати експерименту

№ п/п	Показники	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
	Назва матеріалу		
1	Розміри зразка: - ширина - висота	b , см h , см	
2	Відстань між опорами	l , см	
3	Руйнівна сила	P , H (кг)	
4	Межа міцності при вигині	$R_{виг}$, кг/см ² (МПа)	

2.3 Визначення величини опору удару

Опір удару - властивість матеріалу опиратися руйнуванню під впливом одно або багатократно миттєво прикладених механічних зусиль. Міцність матеріалу при ударі характеризується питомою роботою вантажу, що приходить на одиницю об'єму матеріалу, і визначається за формулою

$$R_{уд} = A = \frac{m \cdot (1 + 2 + 3 + \dots + n)}{V} \cdot 10^3, \text{ Дж/м}^3 \quad (12)$$

де m - маса вантажу копра, кг (дорівнює 2 кг);

n - кількість ударів до руйнування; V - об'єм зразка, см^3 .

На удар випробуються зразки-циліндри діаметром і висотою 25 мм. Випробування проводять на копрі. Удари (перший - з висоти 1 см, другий - 2, третій - 3 см і далі до руйнування зразка) наносять у центр верхньої площини зразка. Показником опору є порядковий номер удару, що передує руйнуванню. Результати експерименту заносять до табл.11.

Таблиця 11- Результати експерименту

№ п/п	Показники	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
	Назва матеріалу		
1	Розміри зразка	$d; h, \text{ см}$	
2	Об'єм зразка	$V, \text{ м}^3$	
3	Кількість ударів	n	
4	Робота	$A, \text{ Дж/м}^3$	

2.4 Визначення величини опору стиранню

Стирання показує стійкість матеріалу до абразивного зношування і оцінюється втратами маси матеріалу, віднесеними до одиниці його площі, або зменшенням товщини зразка.

Методика випробувань

Кам'яні матеріали (бетон, розчини, природний камінь, керамічну плитку) випробують на кругах стирання з використанням шліфувальних порошоків (пісок). Для випробувань готують 2 зразки-куби з ребром 70 мм. Їх зважують з похибкою не більше 0,1 г і вимірюють площу, яку будуть стирати. Цикл випробування - 560 обертів кола стирання. Стиранність визначають за формулою

$$St = \frac{m_n - m_k}{S}, \quad (13)$$

де m_n - маса зразка до стирання, г;

m_k - маса зразка після стирання, г;

S - площа стирання, см^2 .

Результати експерименту заносять до таблиці 12.

Таблиця 12 - Результати експерименту

№ п/п	Показники	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
1	Площа зразка	$S, \text{см}^2$	
2	Початкова маса зразка (до стирання)	$m_n, \text{Г}$	
3	Кінцева маса зразка (після стирання)	$m_k, \text{Г}$	
4	Стирання	$St, \text{г/см}^2$	

Контрольні запитання

1. Чим відрізняються істинна і середня густина будівельного матеріалу? Який показник більше?
2. На які властивості впливає пористість?
3. Від чого залежить міцність матеріалів?
4. Які матеріали добре працюють на стиск, на вигин?
5. Де застосовують матеріали, які мають малу стиранність?
6. Наведіть методи визначення істинної, середньої і насипної густини матеріалів.
7. Як розрахувати пористість і пустотність будівельних матеріалів?
8. Як розрахувати вологість і водопоглинання за об'ємом?
9. Наведіть методики визначення межі міцності при стиску, вигині.
10. Як визначається опір удару і стиранність матеріалу?

Лабораторна робота № 2 Керамічні матеріали і вироби

Керамічні матеріали отримують з глиняних мас способом формування, сушки і випалу.

Мета роботи - визначити відповідність звичайної глиняної цегли вимогам стандартів і встановити марку цегли.

1 Відбір проб для випробувань

Зразки для випробувань цегли і керамічних каменів відбирають методом випадкового відбору з різних місць партії у кількості:

- для партії 10000-35000 шт. - 80;
- для партії більше 35000 шт. - 125.

Для проведення конкретних випробувань число зразків, які треба вибрати з проби, складає, штук:

- розміри і правильність форми ... 24;
- присутність вапняних включень ...5;
- маса, густина, водопоглинання ...3;
- межа міцності при стиску ...10; при вигині...5;
- морозостійкість ... 5 (за втратою маси); ...20 (за втратою міцності).

2 Визначення якості цегли за зовнішніми ознаками

Граничні відхилення від номінальних розмірів (мм) не повинні перевищувати:

- за довжиною - ± 5 ;
- за довжиною $-\pm 4$;
- за товщиною: для цегли - ± 3 ; для каменів - ± 4 .

Розміри виробів, геометричні параметри пустот і розміри дефектів визначають з похибкою 1 мм металічною лінійкою.

На виробках не повинні бути дефекти зовнішнього виду, розміри і кількість яких перевищують вказані нижче:

- відбитості кутів глибиною від 10 до 15 мм - 2 шт.;
- відбитості й притупленості ребер глибиною не більше 10 мм і довжиною від 10 до 15мм ...2 шт.;
- тріщини довжиною від 30 мм: на ложкових гранях - 1 шт., на тичкових гранях - 1 шт. Результати вимірів заносять до таблиці 13.

Таблиця 13 - Результати експерименту

№ п/п	Показники	ГОСТ	Результати вимірювання
1	Відхилення від стандартних розмірів, мм - за довжиною - за шириною - за товщиною	± 5 ± 4 $+3$	
2	Кривизна ребер цегли, мм, не більш - по постелі - по ложку	3 4	
3	Відбитість кутів глибиною 10-15 мм	2 шт.	
4	Відбитість і затупленість ребер, які не доходять до пустот, глибиною більше 5 мм, довжиною по ребру 10-15 мм	2 шт.	
5	Наскрізні тріщини, довжиною до 30 мм	1 шт.	
6	Ступінь випалу	норма	
7	Вапнякові включення	нема	

3 Визначення марки цегли за міцністю

Марку цегли і каменів за міцністю встановлюють за результатами їх випробувань на міцність при стиску і вигині.

Межу міцності при стиску цегли визначають на зразках із двох цілих цеглин або з двох половинок. Цеглу ділять на половинки розпилюванням. Половинки кладуть одна на одну поверхнями розрізу в протилежні сторони, скріплюють цементним розчином, а їх опорні поверхні вирівнюють розчином такого складу: цемент марки не нижче 400 - 1 мас. ч.; пісок крупністю не більше 1,25 мм - 1 мас. ч.; В/Ц = 0,40..0,42 (рис. 5).

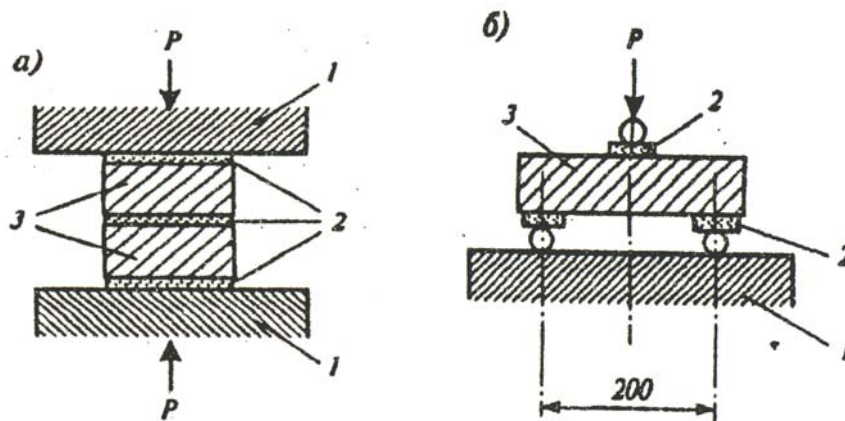


Рис. 5 - Схема випробування керамічної цегли на марку за міцністю:
а) при стиску; б) при вигині

Зразки вимірюють з похибкою до 1 мм для розрахунку їх площі перерізу. Для проведення випробувань використовують прес з максимальним зусиллям 1000 кН (100 т). Межу міцності при стиску зразка знаходять за формулою

$$R = \frac{P}{S}, \quad (14)$$

де P - найбільше навантаження, зафіксоване при випробуваннях зразка, кг, (Н);
 S - площа перерізу зразка, см² (м²).

Межу міцності при вигині визначають за схемою балки, що вільно лежить на двох опорах і до якої в середині прольоту прикладають навантаження. Відстань між опорами прийнята 20 см. Згідно з цим на грані цегли наносять із цементного розчину три смужки шириною 2-3 см кожна: одну - посередині верхньої грані, дві - по краях протилежної грані на відстані 20 см.

Перед випробуванням вимірюють ширину і товщину цегли в середині прольоту. Випробування проводять на 5-тонному гідравлічному пресі. Межу міцності при вигині розраховують за формулою

$$R_{\text{виг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \quad (15)$$

де P - руйнуюче навантаження, кг; l - довжина прольоту між опорами, см; b - ширина цегли, см; h - висота (товщина) цегли, см.

Марку знаходять за середнім значенням міцності з урахуванням міцності найгіршого зразка. Результати випробувань заносять до таблиць 14, 15.

Таблиця 14- Результати експерименту з визначення межі міцності при стиску цегли

№ п/п	Показник	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
1	Розмір зразка: - довжина - ширина	a , см b , см	
2	Площа перерізу зразка	S , см ²	
3	Руйнуюче навантаження	P , кг (Н)	
4	Межа міцності при стиску	$R_{ст}$, кг/см ² (МПа)	

Таблиця 15 - Результати експерименту з визначення межі міцності при вигині цегли

№ п/п	Показник	Показник та одиниці виміру	Експериментальні значення
1	Розмір зразка: - ширина - висота	b , см h , см	
2	Відстань між опорами	l , см	
3	Руйнівне навантаження	P , кг (Н)	
4	Межа міцності при вигині	$R_{виг}$, кг/см ² (МПа)	

Контрольні запитання

1. Які будівельні матеріали називають керамічними?
2. Назвати основні властивості керамічної цегли.
3. Як визначають марку цегли за міцністю?
4. Які є марки цегли за морозостійкістю?
5. Які вимоги стандартів до якості цегли за зовнішніми ознаками?
6. На які групи поділяють цеглу за теплотехнічними властивостями?

Лабораторна робота № 3

Випробування цементу

Цемент – узагальнена назва групи гідралічних в'язучих речовин, які одержують високотемпературною обробкою природних кам'яних матеріалів. Цементи відрізняються один від одного складом речовини, міцністю, строками тужавлення і твердіння.

Цементи класифікують за такими ознаками:

І. За видом клінкеру й складом речовини:

а) на основі портландцементного клінкеру

- 1) без активних мінеральних добавок (АМД) – портландцемент ПЦ-О;
- 2) з АМД до 20 % - портландцемент з мінеральними добавками: ПЦ-5 - АМД до 5 %, ПЦ-20 - АМД до 20 %;

- 3) з АМД понад 20 % - пуцолановий портландцемент;
 - 4) з добавками гранульованого шлаку понад 20 % - шлакопортландцемент;
- б) *на основі глиноземистого клінкеру*
- 1) глиноземистий;
 - 2) високоглиноземистий;
 - 3) гіпсоглиноземистий.

II. За міцністю при стиску з урахуванням міцності при вигині:

- 1) високоміцні - марок 550, 600 й вище;
- 2) підвищеної міцності марка 500;
- 3) звичайні - марок 300 и 400;
- 4) низькомарочні - нижче марок 300.

III. За швидкістю тужавлення:

- 1) швидкотужавіючі, з початком тужавлення до 45 хв.;
- 2) середньотужавіючі, з початком тужавлення не пізніше 90 хв.;
- 3) повільнотужавіючі з початком тужавлення понад 90 хв.

IV. За швидкістю твердіння:

- 1) звичайні з нормуванням міцності у віці 28 діб;
- 2) швидкотверднучі з нормуванням міцності у віці до 28 діб;
- 3) особливошвидкотверднучі з нормуванням міцності у віці 1 доби й менше.

V. За нормуванням спеціальних властивостей:

- 1) цементи, до яких не ставлять спеціальних вимог;
- 2) цементи, до яких ставлять спеціальні вимоги за сульфатостійкістю, об'ємною деформацією у процесі твердіння, тепловиділенням, декоративними властивостями тощо.

До фізичних властивостей цементу відносяться: тонкість помелу; водопотреба цементного тіста; строки тужавлення; рівномірність зміни об'єму в процесі твердіння.

До механічних властивостей цементу відносяться марка та активність цементу.

1 Визначення тонкості помелу

Тонкість помелу цементу визначають за залишком на стандартному ситі з сіткою № 008. Виконують випробування на приладі для механічного просіювання або ручним просіюванням. Оцінюють тонкість помелу в процентах по відношенню до початкової маси проби цементу. Залишок на ситі за ДСТУ не повинен перевищувати 15 %. Пробу цементу висушують у сушильній шафі при температурі 105 – 110 °С протягом 2 год., після чого охолоджують в ексікаторі.

Для проведення експерименту беруть наважку цементу в кількості 50г і висипають на сито. Через 5 - 7 хвилин просіювання треба прочищати сітку м'якою щіткою. Просіювання вважається закінченим, коли за 1 хв. крізь сито проходить не більше 0,05 г цементу.

Тонкість помелу цементу визначають як залишок на ситі з сіткою №008 у відсотках по відношенню до початкової маси наважки. Крізь сито повинно проходити не менше 85 % (для глиноземистого цементу – не менше 90 %) цементу.

Результати визначення записують послідовно:

1. Використане обладнання – сито № 008.
2. Наважка цементу – 50 г.
3. Залишок на ситі, г.
4. Залишок на ситі, %.

Висновок (порівняння з ДСТУ).

2 Визначення водопотреби цементного тіста

Водопотребу цементного тіста (суміш цементу з водою) визначають експериментально на приладі Віка з пестиком Тетмайера. Маса стрижня дорівнює 300 г, діаметр 10 мм.

Водопотребою вважають консистенцію цементного тіста, коли пестик приладу Віка не доходить до дна кільця на 5-7 мм. Водопотреба цементного тіста характеризує вміст води у цементі і визначається у процентах. Дослідження цієї властивості проводять декілька разів доки не отримають потрібний результат.

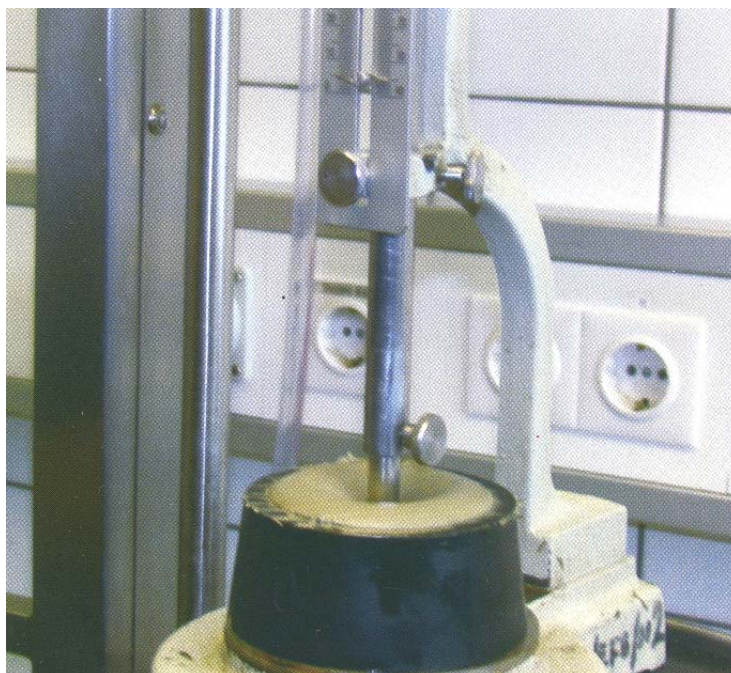


Рис. 6 - Визначення водопотреби цементного тіста

Дослід проводять у такій послідовності: наважку цементу 400 г перемішують з водою у металевій чаші протягом 30 с, а потім розтирають 5хв.

Готовим цементним тістом заповнюють кільце приладу Віка і струшують. Залишок тіста зрізають ножем. Пестик доводять до поверхні тіста і за допомогою гвинта надають пестику можливість довільно занурюватися у тісто під дією своєї ваги протягом 30 с.

За водопотребу приймають стандартну консистенцію цементного тіста такого стану, коли пестик приладу Віка не досягне дна кільця на 5 – 7мм. Водопотреба характеризує вміст води в цементному тісті. Спробу роблять кілька разів, поки не досягнуть потрібного результату.

Результати дослідів доцільно подавати у вигляді табл. 16.

Таблиця 16 – Результати випробувань

Найменування показників	Номер досліду			
	1	2	3	4
Кількість цементу, г				
Кількість води, мл				
Кількість води, %				
Пестик не дійшов до дна, мм				
Водотреба				

3 Визначення строків тужавлення

Строки тужавлення цементу (процес загустіння цементного тіста і втрата ним рухливості) встановлюють за допомогою приладу Віка на цементному тісті стандартної водопотреби. Пестик Тетмайера замінюють голкою.

За початок тужавлення цементного тіста приймають час від початку замішування цементу з водою до того моменту, коли голка не буде доходити до дна кільця на 1-2 мм. Початок тужавлення цементного тіста характеризує початок процесів гідратації клінкерних мінералів цементу (аліта, беліта та ін.). При цьому змінюється в'язкість тіста.

За кінець тужавлення цементного тіста приймають час від моменту замішування цементу з водою до моменту, коли голка буде входити в тісто не більш ніж на 1 мм. Кінцем тужавлення вважається стадія процесу гідратації, коли відбувається перехід цементного тіста в каменеподібний стан - цементний камінь.

Строки тужавлення цементного тіста враховують при виборі технологічних режимів приготування будівельних розчинів і бетонів.

4 Визначення нормальної консистенції цементного розчину

Нормальна консистенція цементного розчину характеризується водоцементним відношенням. Для досліду треба взяти 500 г цементу і 1500 г піску. Суміш перемішують у металевій півсфері, потім додають 200 г води (В/Ц

більше або дорівнює 0,4) і знову перемішують 1 хв. руками і 2,5 хв. у лабораторному змішувачі зі швидкістю обертання 8 об./хв. Перемішаним розчином заповнюють конус струшуючого столика (рис. 7). Нижній шар ущільнюють пестиком 15 разів, а верхній – 10 разів. Поверхню розчину розрівнюють, а конус знімають у вертикальному напрямку. Розчин струшують 30 разів протягом 30 с. І замірюють діаметр розпливу конусу.

Консистенція вдовольняє ДСТУ, коли розплив знаходиться в межах 106 – 115 мм. Визначення нормальної консистенції проводять підбором, змінюючи кількість води.



Рис. 7 - Струшуючий столик

Результати дослідів записують в таблицю 17.

Таблиця 17 – Результати дослідів

Найменування показників	Номер дослідів			
	1	2	3	4
Кількість цементу, г				
Кількість води, мл				
Кількість води, %				
Діаметр розпливу, мм				
Нормальна консистенція, В/Ц, %				

4 Визначення марки цементу

Відповідно до стандартів властивості найбільш розповсюджених цементів повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці 18.

Таблиця 18 – Марки цементів залежно від межі міцності стандартних зразків

Види цементів	Марка цементу	Межа міцності при стиску в МПа (кг/см ²) у віці не менше		Межа міцності при вигині, МПа (кг/см ²) у віці не менше	
		3 доби	28 діб	3 доби	28 діб
1	2	3	4	5	6
Портландцемент	300	-	29,4(300)	-	4,4(45)
Портландцемент АМД	300,500	-	39,2(400) 49(500)	-	5,4(55) 5,9(60)
Шлакопортландцемент	550,600	-	53,9(550) 58,8(600)	-	6,1(62) 6,4(65)
Швидкотвердіючий портландцемент	400,500	24,5(250) 27,5(280)	39,2(400) 49,0(500)	3,9(40) 4,4(45)	5,4(55) 5,9(60)
Швидкотвердіючий шлакопортландцемент	400	19,6(200)	39,2(400)	3,4(35)	5,4(55)

Марка цементу характеризується його активністю (межа міцності при стиску) з урахуванням межі міцності при вигині стандартних зразків-балочок розміром 4x4x16 см, віком 28 діб. Для проведення випробувань використовують машину МП-100 і гідравлічний прес ПГ-10. Машина МП-100 дозволяє визначити межу міцності при вигині. Після випробування на вигин шість половинок випробують на стиск. Кожну половинку балочки розміщують між двома металевими пластинками зі стандартною площею перерізу 25 см².

Дані випробувань заносять до таблиці 19.

Таблиця 19 - Результати випробувань

№ п/п	Розміри зразка		Випробування на вигин		Випробування на стиск		
	Ширина, см	Висота, см	Відстань між опорами, см	Межа міцності, МПа	Площа перерізу, см ²	Руйнуюче навантаження, кг	Границя міцності, МПа

Контрольні запитання:

1. Що називають цементом?
2. Дати класифікацію цементів.
3. Як визначається тонкість помелу?
4. Чим характеризується водопотреба цементного тіста, як вона визначається?
5. Як визначають строки тужавлення цементного тіста?
6. Що таке марка та активність цементу?
7. Викласти методику визначення марки цементу.

Лабораторна робота № 4

Визначення технічних характеристик нафтових бітумів і рулонних матеріалів на їх основі

1.1 Визначення технічних характеристик нафтових бітумів

1.1 Визначення в'язкості (твердості) бітумів

Для напівтвердих та твердих бітумів в'язкість (твердість) визначається з використанням приладу, який називається *пенетрометром*.

В'язкість (твердість) оцінюється за глибиною занурення голки протягом 5 сек. у спеціально підготовлений зразок бітуму при $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$, або $T=0\text{ }^{\circ}\text{C}$ у градусах пенетрації (1 градус відповідає 0,1 мм). Визначення повторюють 3 рази у різних місцях, розташованих на відстані не менш ніж 10 мм. Данні заносять до таблиці 20.

Таблиця 20 - Результати випробувань

№ п/п	Глибина занурення голки $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 0,1 мм	Середній показник
1.		
2.		
3.		

Схему пенетрометра замальовують в журналі лабораторних робіт

1.2 Визначення розтяжності бітумів

Пластичність бітумів пов'язана з їхньою розтяжністю, яка оцінюється за видовженням зразків бітуму у вигляді, «вісімки» стандартної форми та розмірів за допомогою приладу – *дуктилометра*.

Показником розтяжності бітуму є значення деформації шийки зразка в момент розриву, виражене в сантиметрах. Це випробування виконують при швидкості розтягування 5 см/хв. і температурах 25 та 0°C . Випробування повторюють 3 рази. Дані заносять до табл. 21.

Таблиця 21 - Результати випробувань

№ п/п	Початковий показник приладу см	Кінцевий показник приладу см	Різниця показників см
1.			
2.			
3.			

Схему дуктилометра замальовують в лабораторному журналі.

1.3 Визначення температури розм'якшення бітумів

Температура розм'якшення характеризує верхню температурну границю застосування бітуму та надає можливість порівняти відносну теплостійкість. Вона визначається з використанням приладу «Кільце і куля». Прилад складається з двох металевих дисків, розташованих на відстані 25,4 мм. Верхній диск має чотири отвори, в яких встановлені латунні кільця. Кільця перед цим заповнюють розплавленим бітумом і після охолодження у центр кладуть сталеву кульку масою 3,45 – 3,55 г. Термометр установлюють по осі. Прилад з кільцями розміщують у склянці, яку нагрівають на газовому пальнику. Температуру, при якій деформований бітум під дією маси кульки доторкнеться до нижнього диска, приймають за температуру розм'якшення. Результати трьох визначень заносять до таблиці 22.

1.4 Визначення марки бітуму

Позначення марки бітуму складається з літер, які пов'язані з його призначенням. Наприклад: **БНК-90/30** – бітум нафтовий покрівельний (кровельный) та цифр, перша з яких відповідає температурі розм'якшення, а друга пенетрації. Результати випробувань заносять до таблиці 22.

Таблиця 22 - Результати випробувань

№ п/п	Глибина проникнення голки t = 25°C	Температура розм'якшення °C	Розтягуність см	Марка бітуму

Марку бітуму визначають з урахуванням вимог ГОСТ і ДСТУ (табл. 23).

Таблиця 23 – Визначення марки бітуму

Показники	Марки будівельних бітумів			Марки покрівельних бітумів		
	БН-50/50	БН-70/30	БН-90/10	БНК-45/180	БНК-90/40	БНК-90/30
Глибина проникнення голки при температурі 25°C, град	41-60	21-40	5-20	140-220	35-45	23-35
Розтягуність при 25°C, не менше	40	3	1	-	-	-
Температура розм'якшування, °C	50	70	90	40-50	85-95	85-95
Температура спалаху °C, не нижче	220	230	240	240	240	240

2 Визначення технічних характеристик рулонних покрівельних матеріалів

Технічні вимоги до рулонних покрівельних матеріалів наведені в таблиці 24.

Для визначення технічних характеристик беруть зразки в кількості 1% від партії (зазвичай 1000 рулонів), та не менше двох рулонів. На відстані не менше як 1м від початку рулону беруть зразки завдовжки 1,5 м по ширині з яких вже виготовляють зразки потрібних розмірів і в кількості потрібних для кожного іспиту.

Рулонні покрівельні матеріали перед перевіркою повинні бути витримані не менше 10 годин при $t = 20 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

2.1 Оцінка зовнішнього вигляду рулонних покрівельних матеріалів

При оцінюванні зовнішнього вигляду звертають увагу на маркування, пакування, рівномірність розподілу посипки, наявність або відсутність злипання, дір, тріщин, розривів, складок, і роблять відповідні записи у лабораторному журналі.

Таблиця 24 - Технічні вимоги до рулонних покрівельних матеріалів

Назва матеріалу	Марка	Назва показника			
		Розривне зусилля при розтягуванні кгс, не менше	Гнучкість, мм	Водонепроникність хв. не менше	
				Тиск	Час випробувань хв.
Руберойд покрівельний з крупнозернистою посипкою	РКК-А420	333 (34)	15	0,7	10
	РКК-420Б	333 (34)	15	0,7	10
	РКК-350Б	333 (34)	15	0,7	10
Руберойд покрівельний з лускоподібною посипкою	РКЧ-350Б	313 (32)	15	Не нормовані	Не нормовані
Руберойд покрівельний з пилюватою посипкою	РКП - 350А		15		10
	РКП-350Б		15		10
Руберойд підкладочний з пилюватою посипкою	РПП-300А		10		10
	РПП-300Б		10		10
Руберойд підкладочний з пилюватою підсипкою еластичний	РПЕ-300		10		10

Гідроізол гідроізоляційний	ГИ-Г		20		10
Гідроізол покрівельний	ГИ-К		30		10
Ізол без полімерних домішок	И-БД		-	-	-
Ізол з полімерними домішками	И-ПД		-	-	-

2.2 Визначення розривного зусилля при розтягуванні

Для випробувань виготовляють 3 стрічки матеріалу в поздовжньому напрямку розміром 250 x 50 мм. Витримують у воді при $t = 20 \pm 5^\circ\text{C}$ протягом 2-х годин. Розтягують зразки на динамометрі до моменту розриву і визначають зусилля у кілограмах (кгс).

2.3 Визначення гнучкості рулонних будівельних матеріалів

Гнучкість визначають на 3-х зразках розміром 20x50 мм на приладі «Шкала гнучкості», який зроблений у вигляді набору стрижнів різного діаметру (20, 15, 5, 3, 1 мм). Зразки утримують у воді протягом 10-15 хв. при $t = 16-20^\circ\text{C}$. Потім вигинають на півколі стрижня і досліджують наявність на поверхні зразка тріщин. Результат записують як діаметр стрижня, на якому при вигині зразок не руйнується.

2.4 Визначення водонепроникності покрівельних рулонних матеріалів

Водонепроникність рулонного матеріалу визначають за термін часу, протягом якого він не перепускає воду при постійному гідростатичному тиску.

Для випробування зразок розміром 300x 300 мм згинають у формі коробки з площею грані 100x100 мм. Під коробку кладуть лакмусовий папірець (це індикатор кислотності середовища) У коробку заливають воду на висоту 50 мм, $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$. У воду додають трохи соляної кислоти.

Показник водонепроникності – хв. (годин) від початку випробування до зміни кольору лакмусового папірця, якщо вода пройшла скрізь матеріал.

За допомогою табл. 5. по даним проведених визначень встановлюють марку покрівельного рулонного матеріалу.

Контрольні запитання

1. Який матеріал називають бітумом ?
2. Як класифікують бітуми ?

3. Які основні властивості бітумів ?
4. Яка методика визначення в'язкості бітумів ?
5. Що називають температурою розм'якшення бітуму ?
6. За якими показниками визначають марку бітуму ?
7. Як в будівництві застосовують бітуми?
8. Які існують різновиди рулонних покрівельних матеріалів ?
9. За якими показниками визначають марку рулонного покрівельного матеріалу?
10. Як застосовують рулонні покрівельні матеріали ?

КОНТРОЛЬНА РОБОТА №1

Таблиця 25 - Розрахункові формули й базові одиниці основних фізичних і механічних властивостей будівельних матеріалів

Властивість	Одиниці виміру	Розрахункові формули з поясненнями
Істинна щільність	кг/м ³ , г/см ³	$\rho = m/v$, де m – маса абсолютно щільного матеріалу, v – об'єм матеріалу в щільному стані
Середня щільність	кг/м ³ , г/см ³	$\rho_o = m/v_1$, де v_1 – об'єм матеріалу з урахуванням пор і дефектів
Насипна щільність	кг/м ³ , г/см ³	$\rho_{oH} = m/v_H$, де v_H – об'єм матеріалу в пухконасипному стані
Пористість	%	$\Pi = (1 - \rho_o / \rho) \cdot 100\%$
Водопоглинання за масою	%	$W_m = (m_b - m) / m$, де m_b - маса матеріалу, насиченого вологою; m - маса сухого матеріалу
Водопоглинання за об'ємом	г/см ³	$W_v = (m_b - m) / v$, де v - об'єм матеріалу
Коефіцієнт розм'якшення	—	$K_p = R_{нас} / R_c$, де $R_{нас}$ - межа міцності при стиску у насиченому стані; R_c - межа міцності при стиску у сухому стані
Теплопровідність	Вт/(м·°C)	$\lambda = \frac{Q}{S \cdot (T_1 - T_2) \cdot \tau}$, де Q – кількість тепла; S – товщина матеріалу; T_1 , T_2 – температури по обидва боки матеріалу; τ - час.

Межа міцності при стиску	МПа, кг/см ²	$R = F / S$, де F - руйнівне навантаження; S – площа перерізу зразка
Межа міцності при вигині	МПа	$R = 3Pl / 2bh^2$, де P - руйнівне навантаження; l - відстань між опорами; b, h –розміри зразка
Стиранність	г/см ²	$U = (m_1 - m_2) / S$, де m_1 - вага зразка до випробування, m_2 - вага зразка після випробування, S - площа стирання
Ударна міцність	Дж/м ³	$R_{уд} = m (1+2+3...+n) / V$, де m – маса вантажу копра, що руйнує зразок; n – кількість ударів до руйнації зразка; V - об'єм зразка

Варіант № 1

1. Як впливає вивітрювання на стійкість гірських порід, які існують способи захисту виробів і конструкцій з природного каменя?

2. Навести різновиди будівельного вапна та їх характеристики відповідно до державних стандартів (ДСТУ).

3. Дайте характеристику безусадкових і розширювальних цементів. Де вони застосовуються у будівництві?

4. Як виготовляють газосилікат і газобетон? У чому полягає відмінність способів їх поризації?

5. Навести види теплоізоляційних матеріалів на основі неорганічних в'язучих речовин.

6. Дати характеристику масляних фарб, навести області їх використання.

7. Що таке дьоготь, де він знаходить застосування у будівництві?

Задача 1. Відомо водопоглинання за масою та об'ємом і істинна щільність матеріалу. Знайти середню щільність і пористість.

№	Назва матеріалу	ρ , г/см ³	W_m , %	W_v , г/см ³	Середня щільність ρ_0 , г/см ³	Пористість, P , %
1	Керамічна цегла	2,1	4,2	9,5		
2	Керамічна цегла	2,5	4,9	8,9		
3	Цементно-піщаний розчин	2,55	4,0	9,9		
4	Цементно-піщаний розчин	2,66	3,7	7,9		
5	Силікатна цегла	2,9	3,5	7,0		
6	Цементно-піщаний розчин	2,41	4,2	8,4		
7	Силікатна цегла	2,7	3,9	8,0		
8	Силікатна цегла	2,65	2,9	7,8		
9	Деревина	2,7	3,1	8,4		
10	Деревина	2,3	2,7	8,1		

Приклад рішення задачі. Водопоглинання матеріалу за масою і об'ємом відповідно складає $W_m = 4,2 \%$, $W_v = 9,4 \text{ г/см}^3$. Розрахувати пористість матеріалу, якщо його істинна щільність дорівнює $2,6 \text{ г/см}^3$.

Вирішення. Для вирішення цієї задачі необхідно знати, що відношення водопоглинання за об'ємом до водопоглинання за масою дорівнює середній щільності матеріалу. Таким чином

$$\rho_o = 9,4 / 4,2 = 2,2 \text{ (г/см}^3\text{)}.$$

Пористість матеріалу визначаємо: $\Pi = [(2,6 - 2,2) / 2,6] \cdot 100 \% = 16 \%$.

Задача 2. Зразок матеріалу у вигляді циліндра діаметром D та висотою h випробували на удар. Вага вантажу, що падає, дорівнює 2 кг . Руйнування матеріалу відбулося при n -му ударі. Розрахувати величину опору удару.

№	Назва матеріалу	D, см	n	h, см	R _{уд} , Дж/м ³
1	Цементно-піщаний розчин	2,5	10	2,5	
2	Цементно-піщаний розчин	2,4	11	2,5	
3	Цементно-піщаний розчин	3,0	12	3,0	

Задача 3. Знайти межу міцності при вигині $R_{\text{виг}}$ для, стандартних зразків, якщо відомі значення руйнівного тиску (P) і умови ДСТУ до проведення випробувань.

№	Назва матеріалу	P, кг	l, см	b, см	h, см	R _{виг} кг/см ²
1	Керамічна цегла	480	20	12,5	6,5	
2	Керамічна цегла	773	20	12,1	6,3	
3	Керамічна цегла	650	20	12	6,4	

Варіант № 2

1. Що таке коефіцієнт теплопровідності, від чого він залежить? Проаналізувати на прикладах вплив пористості й вологості на величину коефіцієнта теплопровідності.

2. До якої групи гірських порід відносяться гравій, кварцит, доломіт, базальт, пісок, вапняк, мрамур?

3. Вказати види вологи, яка знаходиться у деревині. Як впливає зміна вологості на властивості деревини?

4. Навести технологію виготовлення ніздрюватого бетону з використанням алюмінієвої пудри?

5. Які фізико-хімічні процеси протікають при пропарюванні в автоклаві вапняно-піщаних виробів. Навести хімічні реакції.

6. Що таке пластмаси, які їх основні властивості?

7. Навести види пігментів, які використовують в лакофарбових матеріалах.

Задача 1. Знайти й порівняти пористість і пустотність пісків різних видів, якщо відомі їх істинна, середня та насипна густина.

№ п/п	ρ , кг/м ³	ρ_0 , кг/м ³	$\rho_{он}$, кг/м ³	Пористість, %	Пустотність, %
1	2680	1560	953		
2	2650	1390	485		
3	2670	1550	200		
4	2650	1520	1450		
5	2630	1540	895		
6	2620	1380	455		
7	2670	1530	1480		
8	2650	1540	2580		
9	2610	1545	2200		
10	2650	1380	1550		

Задача 2. Зведеного гранулометричного складу пісків (часткові залишки %) зробити висновки про відповідність його вимогам ДСТУ і розрахувати його модуль крупності /1,8/ (див. варіант4).

№ п/п	№ сита, часткові залишки, %					
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
1	19,1	12,6	20,7	31,4	11,0	2,3
2	0,6	3,0	8,4	41,0	29,0	18,0
3	0	7,3	16,4	35,5	24,6	15,1

Задача 3. При випробуванні кубів розміром ребра 10 см з важкого бетону у віці n діб, руйнівне навантаження дорівнювало R т. Визначити міцність бетону у віці 28 діб.

№ п/п	n , діб	R , кг	Міцність бетону у віці 28 діб, МПа
1	3	11500	
2	7	12000	
3	14	10000	

Методика вирішення задачі. При вирішенні задач, пов'язаних з визначенням міцності бетону в різні строки твердіння, треба пам'ятати, що інтенсивний набір міцності як цементного каменя, так і цементних бетонів

триває до 28 діб. Характер зростання міцності можна описати логарифмічною залежністю, яка дозволяє розрахувати міцність цементного каменя у різному віці:

$$R_{28} = R_n \cdot \frac{\lg 28}{\lg n},$$

де R_{28} - міцність бетону у віці 28 діб; R_n - міцність бетону у віці n діб.

Приклад . Визначити міцність важкого бетону у віці 7 діб, якщо його міцність при стиску у віці 28 діб складає 34 МПа.

Вирішення. $R_7 = R_{28} \cdot \frac{\lg 7}{\lg 28} = 19,87$ МПа.

Варіант № 3

1. Дати порівняльну характеристику збірного й монолітного залізобетону в розвитку індустріального будівництва в нашій країні

2. Скласти таблицю найважливіших вивержених гірських порід, вказати їх середню густину, межу міцності при стиску та мінералогічний склад.

3. Дати характеристику глиноземистому цементу, навести його властивості й області використання у будівництві.

4. Навести різновиди легких бетонів. Области їх використання.

5. Що таке склоруберойд, для чого він застосовується?

6. Основні властивості і області використання ситалопластів.

7. Дати характеристику вуглецевої сталі, її використання у будівництві.

Задача 1. Знайти межу міцності при вигині $R_{\text{виг.}}$ для, стандартних зразків, якщо відомі значення руйнівного тиску (P) і умови ДСТУ до проведення випробувань.

№	Назва матеріалу	P , кг	l , см	b , см	h , см	$R_{\text{виг.}}$
1	Цементно-піщаний розчин	550	10	4	4	
2	Цементно-піщаний розчин	450	10	4	4	
3	Цементно-піщаний розчин	300	10	4	4	

Задача 2. Куби розміром $7,07 \times 7,07 \times 7,07$ (см) випробували на стирання. Яка буде маса зразків після стирання, якщо відома величина опору стиранню і середня густина матеріалу?

№	I , г/см ²	ρ_0 , г/см ³	m , г	№	I , г/см ²	ρ_0 , г/см ³	m , г
1	0,04	2700		6	0,25	2500	
2	0,2	1800		7	0,03	2300	
3	0,02	2650		8	0,43	1900	
4	0,06	2300		9	0,09	2800	
5	0,15	2370		10	0,2	1200	

Задача 3. Під час випробування зразка цегли на стиск показання манометру становило M . Розрахувати межу міцності цегли стандартного розміру при стиску, коли відомо, що діаметр поршня пресу D .

№ п/п	M , кг/см ²	D , см	$R_{\text{вигин}}$, МПа	№ п/п	M , кг/см ²	D , см	$R_{\text{вигин}}$, МПа
1	400	3,9		6	600	3,8	
2	300	5,6		7	800	4,5	
3	350	4,5		8	350	5,6	
4	250	3,8		8	200	3,9	
5	400	4,0		10	100	5,6	

Приклад рішення задачі. При стандартному випробуванні керамічної цегли на вигин її межа міцності при вигині склала $36,3 \text{ кг/см}^2$. Визначити, яким було показання манометра пресу відповідно до цього навантаження, якщо діаметр поршня пресу дорівнює 8 см .

Вирішення. При стандартному випробуванні цегли на вигин приймається наступна розрахункова формула:

$$R = 3P \cdot 1/2b \cdot h^2,$$

де значення l , b , h відповідають стандарту.

З цієї формули можна знайти величину навантаження P :

$$P = R \cdot 2b \cdot h^2 / 3 \cdot l = 36,3 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 6,5^2 / 3 \cdot 20 = 613,43 \text{ кг}.$$

Показник манометра вираховують з формули

$$P = M \cdot S_{\text{поршня}},$$

де M – показник манометра, що відповідає тиску масла в циліндрі пресу, МПа;

$S_{\text{поршня}}$ – площа поршня пресу.

Площу поршня пресу розраховуємо за геометричною формулою:

$$S_{\text{поршня}} = \pi R^2 = 3,14 \cdot 4^2 = 50,24 \text{ см}^2,$$

тоді показник манометру буде дорівнювати:

$$M = 613,43 / 50,24 = 12,2 \text{ кг/см}^2.$$

Варіант № 4

1. Навести класифікацію будівельних матеріалів за вогнестійкістю і вогнетривкістю. Дати приклади використання цих властивостей.

2. Дати характеристику магнезіальних в'язучих речовин. Їх властивості, використання у будівництві.

3. Що таке цементний бетон? Від чого залежить його міцність?

4. Що таке азбестоцемент? Які існують види азбестоцементних виробів?

Навести їх властивості.

5. Які види вологи знаходяться у деревині? Що називають точкою насичення волокон, чим вона характеризується?

6. Який матеріал називають бітумом? Навести властивості бітуму і його використання у будівництві.

7. Основні властивості пластичних мас, які застосовують у будівництві.

Задача 1. Зразок деревини вагою m_1 висушували при температурі 100-110 °С. При кінцевому зважуванні його вага дорівнювала m_2 . Визначити вологу деревини у відсотках.

№ п/п	m_1 , г	m_2 , г	Волога деревини, %	№ п/п	m_1 , г	m_2 , г	Волога деревини, %
1	50	40		6	150	128	
2	70	65		7	80	65	
3	100	85		8	250	227	
4	56	41		9	70	56	
5	72	65		10	60	52	

Задача 2. При визначенні межі руйнування на стиск цегли показник манометра мав значення M . Коефіцієнт розм'якшення цегли дорівнював $k_p = 0,9$. Визначити межу руйнування цегли на стиск у насиченому водою стані, якщо площа поршня пресу дорівнює $S_{\text{порш}} = 50,24 \text{ см}^2$. (Див. зразок рішення у варіанті №3).

Задача 3. З приведеного гранулометричного складу пісків (часткові залишки %) зробити висновки про відповідність його вимогам ДСТУ і розрахувати його модуль крупності [1].

№ п/п	№ сита, часткові залишки, %					
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
1	28,6	9,4	8,7	8,1	23,0	16,0
2	8,3	7,2	20,1	26,9	21,3	15,1
3	0	7,3	16,4	35,5	24,6	15,1

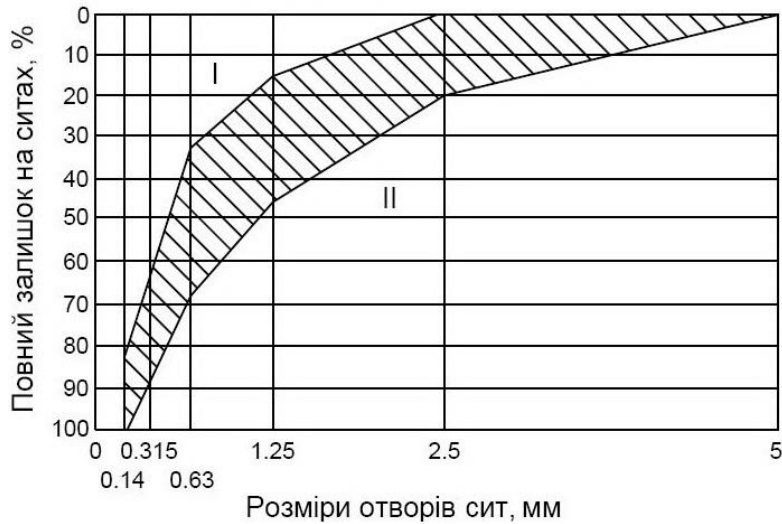


Рис.1 - Графік зернового складу піску.



- область допустимих значень;

I - область дрібних пісків;

II - область крупних пісків.

Варіант № 5

1. Навести класифікацію будівельних матеріалів.
2. Охарактеризувати технічні властивості гірських порід осадового походження, які використовуються у будівництві.
3. Перелічити різновиди керамічної цегли, вказати основні технічні властивості.
4. Яку сировину використовують для виробництва портландцементу, за якими технологічними схемами його отримують?
5. Що таке корозія бетону, які заходи його захисту використовують?
6. Що таке ніздрювате скло? Які його основні властивості?
7. Який асфальтовий бетон називають гарячим? Де його використовують?

Задача 1. Розрахувати середню густину матеріалу та його теплопровідність, якщо відомі маса та геометричні розміри зразка - паралелепіпеда.

№	m, кг	a, м	b, м	h, м	ρ_0 , кг/м ³	λ_0 , Вт/м·°C	№	m, кг	a, м	b, м	h, м	ρ_0 , кг/м ³	λ_0 , Вт/м·°C
1	3	1	0,5	0,3			6	2,0	1	0,5	0,3		
2	1,9	0,5	0,5	0,5			7	4,0	2,5	0,5	0,4		
3	6	2,5	0,5	0,3			8	4,5	2,7	0,55	0,47		
4	2,9	1	0,5	0,3			9	3	2,5	0,5	0,3		
5	2,6	1	0,3	0,5			10	2,0	1	0,3	0,3		

Приклад рішення задачі. Орієнтовно розрахувати теплопровідність матеріалу, якщо його середня густина дорівнює $\rho_0 = 900 \text{ кг/м}^3$.

Вирішення. Для оцінки теплофізичних властивостей матеріалу доцільно використати формулу В.П. Некрасова, яка показує залежність коефіцієнта теплопровідності λ від середньої густини матеріалу:

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

де d – відносна густина матеріалу.

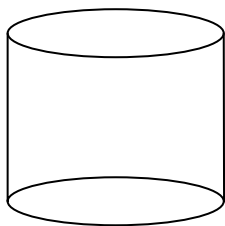
Для цієї задачі $d = 900/1000 = 0,9$, тоді $\lambda = 1,16 - \sqrt{0,0196 + 0,22 \cdot 0,9^2} - 0,16$.

Задача 2. Розрахувати коефіцієнт конструктивної якості матеріалу (ККЯ), якщо відомі його межа міцності при стиску $R_{ст}$, маса й геометричні розміри.

№ п/п	$R_{ст}$, МПа	m , кг	a , см	b , см	h , см	ККЯ, МПа
1	60	2	15	15	15	
2	120	0,5	7	7	7	
3	72	1,5	15	15	15	
4	80	1,8	10	10	10	
5	85	2,1	10	10	10	
6	100	6,0	15	15	15	
7	30	5,5	15	15	15	
8	25	7,0	15	15	15	
9	17,5	4,5	15	15	15	
10	80	3,0	10	10	10	

Вирішення. Коефіцієнт конструктивної якості (ККЯ) матеріалу дорівнює відношенню показників його міцності (R) до відносної густини матеріалу ρ_0 . Відносна густина – це відношення густини матеріалу до густини води, є безрозмірною величиною.

Задача 3. Визначити діаметр циліндричного силосу для зберігання цементу. Висота силосу 10 м. Треба зберігати 100 т цементу. Насипна щільність цементу 1300 кг/м^3 . Коефіцієнт заповнення силосу 0,9.



$$V_{\text{циліндр}} = \pi R^2 H; \quad V_{\text{матеріал}} = m/\rho.$$

Варіант № 6

1. Як впливає структура матеріалів на їх властивості?
2. Проаналізуйте властивості червоної будівельної цегли.
3. Обґрунтувати заходи захисту виробів з природного каменя від корозії.
4. Назвіть властивості й сфери використання газобетону. В яких умовах твердне силікатний бетон?
5. Дайте класифікацію збірних залізобетонних виробів, які використовують у житловому й промисловому будівництві.
6. Дайте характеристику руберойду, для яких цілей він використовується?
7. Дайте характеристику сталям. Наведіть види сталей та вироби з них.

Задача 1. Визначити кількість циліндричних силосів, які входять до складу цементу ємкістю 1500 т. Висота силосної банки 10 м, діаметр 6 м. Насипна щільність цементу 1300 кг/м^3 . Коефіцієнт заповнення силосу 0,9. (див. варіант 5).

Задача 2. Зразок матеріалу у вигляді циліндра діаметром D та висотою h випробували на удар. Вага вантажу, що падає, дорівнює 2 кг. Руйнування матеріалу відбулося при n -му ударі. Розрахувати величину опору удару.

№	Назва матеріалу	D , см	n	h , см	$R_{уд}$, Дж/м ³
1	Цементно-піщаний розчин	2,5	10	2,5	
2	Цементно-піщаний розчин	2,5	12	2,5	
3	Цементно-піщаний розчин	2,5	15	2,5	

Задача 3. Знайти межу міцності при вигині $R_{виг.}$ для, стандартних зразків, якщо відомі значення руйнівного тиску (P) і умови ДСТУ до проведення випробувань.

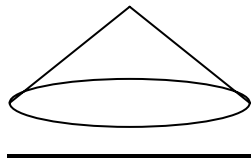
№	Назва матеріалу	P , кг	l , см	b , см	h , см	$R_{виг.}$, кг/см ²
1	Керамічна цегла	480	20	12,5	6,5	
2	Силікатна цегла	338	20	12,5	8,8	
3	Цементно-піщаний розчин	300	10	4	4	

Варіант № 7

1. Проаналізувати хімічні властивості будівельних матеріалів. Наведіть приклади.
2. До якої групи гірських порід відносяться гравій, кварцит, доломіт, базальт, пісок, вапняк, мрамур?
3. Вказати види вологи, яка знаходиться у деревині. Як впливає зміна вологості на властивості деревини?

4. Навести технологію виготовлення ніздрюватого бетону з використанням алюмінієвої пудри.
5. Проаналізуйте основні властивості органічних в'язучих матеріалів.
6. Проаналізувати сировинні компоненти для виготовлення асфальтобетону.
7. Обґрунтуйте, які будівельні матеріали відносяться до акустичних.

Задача 1. Визначити площу складу піску ємкістю 3000 т. Насипна щільність піску 1300 кг/м^3 . Кут відкосу 45° . Висота штабелю 3 м.



$$V_{\text{конус}} = \frac{1}{3} \pi R^2 H; \quad V_{\text{матеріал}} = m/\rho.$$

Задача 2. З приведеного гранулометричного складу пісків (часткові залишки %) зробити висновки про відповідність його вимогам ДСТУ і розрахувати його модуль крупності. (див. варіант 4)

№ п/п	№ сита, часткові залишки, %					
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
1	19,1	12,6	20,7	31,4	11,0	2,3
2	28,6	9,4	8,7	8,1	23,0	16,0
3	0	7,3	16,4	35,5	24,6	15,1

Задача 3. При випробуванні кубів розміром ребра 10 см з важкого бетону у віці 7 діб, руйнівне навантаження дорівнювало 10 т. Визначити міцність бетону у віці 28 діб (див. варіант 2).

Варіант № 8

1. Дати характеристику технологічних властивостей будівельних матеріалів. Наведіть приклади.
2. Обґрунтувати як впливає структура матеріалів на їх властивості.
3. Проаналізуйте властивості полімерних матеріалів.
4. Обґрунтувати заходи захисту виробів та споруд з природного каменя від корозії.
5. Перелічіть і охарактеризуйте основні властивості розчинної суміші.
6. Назвіть основні види азбестоцементних виробів, їх використання у будівництві.
7. Охарактеризуйте лакофарбові матеріали й області їх використання?

Задача 1. Куби розміром 7,07×7,07×7,07 (см) випробували на стирання. Яка буде маса зразків після стирання, якщо відома величина опору стиранню і середня густина матеріалу?

№	И, г/см ²	ρ _о , г/см ³	м, г	№	И, г/см ²	ρ _о , г/см ³	м, г
1	4	2200		6	25	2130	
2	2	1700		7	3	2300	
3	2	2450		8	43	1900	
4	6	2100		9	9	2800	
5	15	1670		10	2	1200	

Задача 2. Розрахувати коефіцієнт конструктивної якості матеріалу (ККЯ), якщо відомі його межа міцності при стиску R_{ст}, маса й геометричні розміри (див. варіант 5).

№ п/п	R _{ст} , МПа	м, кг	а, см	в, см	h, см	ККЯ, МПа
1	65	2.1	15	15	15	
2	125	0,6	7	7	7	
3	78	1,5	15	15	15	

Задача 3. Заповнити таблицю та побудувати криву розсіву щебеню. Зробити висновок про відповідність заповнювача до вимог стандартів.

Залишки на ситах, мм	Часткові залишки		Повні залишки	Примітки
	г	%		
20	75			D _{max}
10	805			
5	320			
2,5	135			D _{min}
Менше 2,5	2460			

Приклад вирішення

Залишки на ситах, мм	Часткові залишки		Повні залишки	Примітки
	г	%		
20	0,620	12,5	12,50	D _{max}
10	3,795	76,51	89,01	
5	0,335	6,75	95,76	D _{min}
2,5	0,035	0,71		
Менше 2,5	0,175	3,53		

$$D_{cp} = (12,5 + 95,76) / 2 = 54,13\%$$

$$1,25 * D_{max} = 1,25 * 12,5 = 15,63\%$$

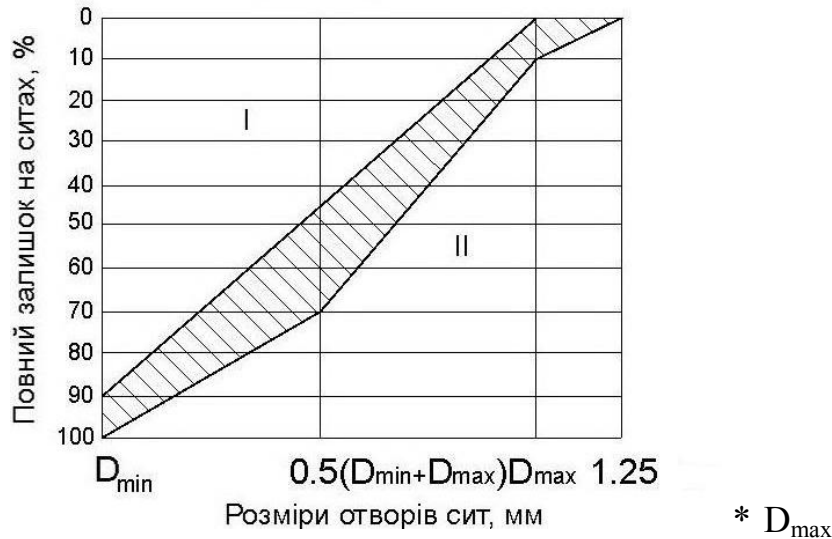



Рис.2 - Графік зернового складу щебеню (гравію).
 - область допустимих значень;
 I - область дрібного щебеню (гравію);
 II - область крупного щебеню (гравію).

Варіант № 9

1. Навести класифікацію будівельних матеріалів за вогнестійкістю і вогнетривкістю. Дати приклади використання цих властивостей.
2. Дати характеристику магнезійних в'язучих речовин. Їх властивості, використання у будівництві.
3. Що таке цементний бетон? Від чого залежить його міцність?
4. Що таке азбестоцемент? Які існують види азбестоцементних виробів? Навести їх властивості.
5. Які види вологи знаходяться у деревині? Що називають точкою насичення волокон, чим вона характеризується?
6. Який матеріал називають бітумом? Навести властивості бітуму і його використання у будівництві.
7. Основні властивості пластичних мас, які застосовують у будівництві.

Задача 1. Зразок деревини вагою m_1 висушували при температурі 100-110°C. При кінцевому зважуванні його вага дорівнювала m_2 . Визначити вологу деревини у відсотках.

№ п/п	m_1 , г	m_2 , г	Вологість деревини, %	№ п/п	m_1 , г	m_2 , г	Вологість деревини, %
1	51	40		6	50	45	
2	70	67		7	67	65	
3	110	85		8	100	85	
4	130	128		9	150	127	
5	80	65		10	84	63	

Задача 2. Заповнити таблицю та побудувати криву розсіву щебеню. Зробити висновок про відповідність заповнювача до вимог стандартів. (Див. зразок рішення у варіанті №8).

Залишки на ситах, мм	Часткові залишки		Повні залишки	Примітки
	г	%	%	
40	610			D _{max}
20	2750			
10	1020			D _{мін}
Менше 10	310			

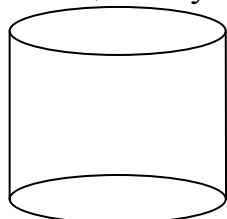
Задача 3. Які властивості гіпсового в'язучого відображені в умовних позначеннях його марки ?

№ п/п	Позначки	Властивості гіпсового в'язучого
1	Г-4,II,A	
2	Г-20,I,B	
3	Г-2,II,B	
4	Г-5,II,A	

Варіант № 10

1. Проаналізувати значення будівельного комплексу в розвитку економічного потенціалу України.
2. Охарактеризувати технічні властивості гірських порід метаморфічного походження, які використовуються у будівництві.
3. Перелічити різновиди керамічної цегли, вказати основні технічні властивості.
4. Яку сировину використовують для виробництва портландцементу, за якими технологічними схемами його отримують?
5. Що таке корозія бетону, які заходи його захисту використовують?
6. Що таке ситали і шлакоситали, які їх властивості?
7. Який асфальтовий бетон називають гарячим? Де його використовують?

Задача 1. Визначити діаметр циліндричного силосу для зберігання цементу. Висота силосу 10 м. Треба зберігати 100 т цементу. Насипна щільність цементу 1300 кг/м³. Коефіцієнт заповнення силосу 0,9.



$$V_{\text{циліндр}} = \pi R^2 H; \quad V_{\text{матеріал}} = m/\rho.$$

Задача 2. Знайти межу міцності при вигині $R_{\text{виг.}}$ для стандартних зразків, якщо відомі значення руйнівного тиску (P) і умови ДСТУ до проведення випробувань.

№	Назва матеріалу	P , кг	l , см	b , см	h , см	$R_{\text{виг.}}$
1	Силікатна цегла	580	20	12,4	8,5	
2	Силікатна цегла	763	20	12,1	8,3	
3	Силікатна цегла	655	20	12	8,4	

Задача 3. Заповнити таблицю та побудувати криву розсіву щебеню. Зробити висновок про відповідність заповнювача до вимог стандартів. (Див. зразок рішення у варіанті №8).

Залишки на ситах, мм	Часткові залишки		Повні залишки	Примітки
	г	%	%	
40	1070			$D_{\text{мах}}$
20	2120			
10	760			$D_{\text{мін}}$
Менше 10	470			

КОНТРОЛЬНА РОБОТА № 2

Студенти мають виконати проектування складу бетону за варіантами та підготувати реферат за темою, визначеною викладачем.

Проектування складу бетону

Бетон — композиційний матеріал, який отримують шляхом формування і твердіння раціонально дібраної суміші, що складається з в'язучої речовини, заповнювачів і спеціальних добавок. Склад бетонної суміші має забезпечити бетону задані фізико-технічні властивості (міцність, морозостійкість, водонепроникність тощо).

За видом в'язучого бетони розрізняють:

- цементні;
- силікатні (вапняно-кремнеземисті);
- гіпсові;
- змішувані (цементно-вапняні, вапняно-шлакові тощо);
- спеціальні (жаростійкі, хімічностійкі тощо).

За видом заповнювачів розрізняють бетони:

- щільні (щебінь, гравій);
- на пористих заповнювачах (керамзит, аглопорит, металургійні шлаки);
- на спеціальних заповнювачах (магнезит, барит та ін.).

За густиною бетони класифікують на:

- особливо важкі ($\rho_0 > 2500 \text{ кг/м}^3$);
- важкі ($2200 < \rho_0 < 2500 \text{ кг/м}^3$);

- полегшені ($1800 < \rho_0 < 2200 \text{ кг/м}^3$);
- легкі ($1200 < \rho_0 < 1800 \text{ кг/м}^3$);
- ніздрюваті ($500 < \rho_0 < 1200 \text{ кг/м}^3$).

Під час проектування бетонних і залізобетонних конструкцій визначають такі необхідні характеристики бетону, як клас (марка) за міцністю, марка за морозостійкістю та водонепроникністю. За проектну марку бетону за міцністю при стисканні приймають величину, яка відповідає опору стисканню (МПа) зразків-кубів із ребром 15 см, віком 28 діб.

Клас бетону — це числова характеристика будь-якої його властивості, що приймається з гарантованою забезпеченістю 0,95.

За міцністю бетони поділяють на такі класи: В1; В2; В2,5: 33,5; В7,5; В10, В 12,5; В15; В20; В25; В30; В40; В45; В50: В55: В60.

Послідовність розрахунку

При статистичному контролі однорідності та міцності бетону його склад проектують за міцністю R_6 :

$$R_6^T = 1,28 B \cdot K_T / 100,$$

де K_T — коефіцієнт необхідної міцності, який приймають за таблицею.

За відсутності даних контролю міцності за період, що передує, приймають $K_T = 100$.

Кількість води для замішування залежить від рухливості бетонної суміші (ОК) і крупності заповнювачів. Визначають кількість води замішування за табл. 2.1 або за графіком проф. Миронова, складеним за експериментальними даними.

Таблиця 2.1 — Водопотреба бетонної суміші

Характеристика бетонної суміші		Витрати води, л/м ³ за найбільшої крупності щебеню, 1 мм		
Осадка конуса, мм	Жорсткість, с	10	20	40
	40—50	160	150	135
	15—20	175	165	150
2—4	—	200	190	175
5—7	—	210	200	185
8—10	—	215	205	190
10—12	—	225	215	200
12—16	—	230	220	207

Примітки:

1. Витрати води для суміші на портландцементі з НГЦТ 26—28 % і на піску з $M_{кр} = 2,5$.
2. За зміни НГЦТ на кожний процент витрати води змінюються на 3—5 л/м³.
3. За зміни модуля крупності піску на кожні 0,5 у менший або більший бік, витрати води відповідно зменшуються або збільшуються на 3—5 л.

Співвідношення між класом і маркою бетону за міцністю за нормативного коефіцієнта варіації $V = 13,5 \%$ слід приймати 0,778, наприклад, для класу B5 середня міцність дорівнює $R = 6,43$ МПа.

Розрахунок складу бетону

Мета розрахунку — визначення витрат вихідних матеріалів на 1 м^3 бетону.

Таблиця 2.2 — Вихідні дані для розрахунку за варіантами

№	Показники	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Клас бетону за міцністю, В, МПа	15	20	25	30	15	20	25	30	15	20
2	Рухливість бетонної суміші, ОК, см	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	Властивості в'язучого: - марка цементу, М	400	500	400	550	300	400	550	400	500	300
	- істинна густина, $\rho_{\text{ц}}, \text{т/м}^3$	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
	- насипна густина, $\rho_{\text{онц}}, \text{т/м}^3$	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
4	Властивості та якість дрібного заповнювача:	Р я д о в и й									
	крупність піску $M_{\text{кр}}$	1,7	1,8	2,1	2,4	2,5	1,7	1,8	2,1	2,4	2,5
	істинна густина піску, $\rho_{\text{п}}, \text{т/м}^3$	2,6	2,61	2,63	2,64	2,65	2,61	2,59	2,58	2,55	2,59
	насипна густина піску, $\rho_{\text{онп}}, \text{т/м}^3$	1,4	1,41	1,42	1,43	1,38	1,39	1,41	1,42	1,35	1,41
	вологість піску, $W_{\text{п}} \%$	4	3	5	6	5	6	7	8	9	10
5	Властивості та якість крупного заповнювача:	Р я д о в и й									
	істинна густина щебеню, $\rho_{\text{щ}}, \text{т/м}^3$	2,57	2,51	2,55	2,53	2,54	2,55	2,53	2,52	2,51	2,56
	насипна густина щебеню, $\rho_{\text{онщ}}, \text{т/м}^3$	1,46	1,45	1,47	1,48	1,44	1,45	1,46	1,45	1,49	1,43
	крупність зерна, $D_{\text{max}}, \text{мм}$	40	20	40	70	40	40	40	40	40	40
	вологість, $W_{\text{щ}} \%$	2	3	4	5	1	2	3	4	2	5
6	Об'єм бетонозмішувача, $V_{\text{зм}}, \text{м}^3$	0,5	0,75	2	2,5	0,5	0,75	2	0,5	0,75	2

Витрати цементу знаходять з цементно-водного відношення за вже відомої кількості води:

$$Ц = V_{\text{од}} (Ц/V_{\text{од}}),$$

де $V_{\text{од}}$ — витрати води, л;

$\text{Ц}/\text{В}_{\text{од}}$ — цементно-водяне відношення, визначають за формулою міцності бетону Болломея – Скрамтаєва (3), (4):

$$R_6^T = R_{\text{ц}} \cdot A(\text{Ц}/\text{В}_{\text{од}} - 0,5) \text{ при } \text{Ц}/\text{В}_{\text{од}} < 2,5; \quad (3)$$

$$R_6^T = R_{\text{ц}} \cdot A_1(\text{Ц}/\text{В}_{\text{од}} + 0,5) \text{ при } \text{Ц}/\text{В}_{\text{од}} > 2,5, \quad (4)$$

де R_6^T – необхідна міцність бетону у віці 28 діб, МПа;

$R_{\text{ц}}$ — активність цементу, МПа;

A, A_1 — коефіцієнти, що залежать від якості складників матеріалів (визначають за табл. 2.3).

Таблиця 2.3 — Коефіцієнти якості заповнювачів

Характеристика матеріалів	A	A ₁
Високоякісні	0,65	0,43
Звичайні	0,60	0,40
Низької якості	0,55	0,37

Визначення витрати крупного заповнювача:

$$\text{Щ} = \frac{1000}{\frac{V_{\text{пуст}} \cdot K_{\text{разд}}}{\rho_{\text{н.щ.}}} + \frac{1}{\rho_{\text{ц}}}},$$

де $V_{\text{пуст}}$ – відносний об'єм пустот (пустотність) крупного заповнювача;

$$V_{\text{пуст}} = 1 - \rho_{\text{н.щ.}} / \rho_{\text{щ.}}$$

$K_{\text{разд}}$ – коефіцієнт розсунення зерен щебеню (табл. 2.4) залежно від витрати цементу і В/Ц.

Таблиця 2.4 — Коефіцієнт надлишку розчину

Витрати цементу, кг на 1 м ³ бетону	При В/Ц				
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
250	—	—	—	1,26	1,32
300	—	—	1,3	1,36	1,42
350	—	1,32	1,38	1,44	—
400	1,31	1,4	1,46	—	—
500	1,52	1,56	—	—	—

Визначення витрати піску:

$$\text{П} = \left[1000 - \frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} - \text{В} - \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{щ}}} \right] \cdot \rho_{\text{п.}}$$

Сума отриманих значень (Ц, П, Щ, В) буде розрахунковою густиною бетонної суміші:

$$\rho_{\text{об}} = (\text{Ц} + \text{П} + \text{Щ} + \text{В}), \text{ кг/м}^3.$$

Склад бетону можна подати й у відносних одиницях:

$$1: \text{В/Ц} : \text{П/Ц} : \text{Щ/Ц}.$$

Уточнення розрахунків складу бетону

Оскільки розрахунки проводили за емпіричними формулами, необхідно перевірити рухливість і міцність бетону за допомогою пробних замісів (об'єм — 10 л).

За рухливістю бетонної суміші коригують витрати води за збереження водо-цементного відношення.

Для перевірки відповідності фактичної міцності бетону необхідний із пробного замісу виготовляють 3 штуки стандартних зразка-куба з ребром 15 см і випробовують їх відповідно до ДСТУ.

Розрахунок виробничого складу бетону

У зв'язку з тим, що заповнювачі в реальних умовах зберігаються просто неба, вони мають вологість, яку треба брати до уваги під час розрахунків кількості води замішування. Тому при визначенні виробничого складу бетону розраховують кількість води, яку містять заповнювачі:

$$B_{щ} = W_{щ} \cdot Щ / 100;$$

$$B_{п} = W_{п} \cdot П / 100,$$

де $W_{щ}$, $W_{п}$ — вологість щебеню та піску, %.

Кількість води замішування треба зменшити на величину кількості води в заповнювачах:

$$B_{вз} = B - (B_{щ} + B_{п}).$$

Відповідно збільшуються витрати заповнювачів.

Розрахунок витрати вихідних матеріалів на один заміс бетонозмішувача

При заповненні бетонозмішувача вихідними матеріалами сума сипких об'ємів твердих складників бетонної суміші дорівнює об'єму барабану змішувача:

$$V_{бз} = V_{ц} + V_{п} + V_{щ}.$$

При перемішуванні об'єм суміші зменшується шляхом заповнення міжзернових порожнеч. Відношення об'єму бетонозмішувача до суми об'ємів вихідних компонентів у сипкому стані називається коефіцієнтом виходу бетону, який характеризує ефективність роботи бетонозмішувача:

$$\beta = \frac{1}{V_{ц} + V_{п} + V_{щ}} = \frac{1}{\frac{Ц}{\rho_{онц}} + \frac{П}{\rho_{онп}} + \frac{Щ}{\rho_{онщ}}} = 0,55—0,75.$$

Таким чином, об'єм бетону з одного бетонозмішувача можна визначити за формулою:

$$V_{б} = \beta \cdot V_{бз}.$$

Витрати вихідних матеріалів на один заміс бетонозмішувача визначають за наступними формулами:

$$Ц = \frac{\beta \cdot V_{бз}}{1000} \cdot Ц ;$$

$$\Pi = \frac{\beta \cdot V_{\text{бз}}}{1000} \cdot \Pi;$$

$$\text{Щ} = \frac{\beta \cdot V_{\text{бз}}}{1000} \cdot \text{Щ};$$

$$\text{В} = \frac{\beta \cdot V_{\text{бз}}}{1000} \cdot \text{В},$$

де Ц, П, Щ, В – витрати вихідних матеріалів на 1м³ бетону.

Теми для самостійної роботи

1. Перспективи розвитку мінерально-сировинної бази промисловості будівельних матеріалів України.
2. Проблеми довговічності та захист кам'яних матеріалів від корозії.
3. Використання відходів промисловості для виготовлення будівельних матеріалів і конструкцій.
4. Характеристика керамічних виробів різного призначення.
5. Шляхи підвищення ефективності виробництва та використання керамічних матеріалів.
6. Основні відомості про скло.
7. Ситали та шлакоситали. Вироби з кам'яного литва.
8. Основи виробництва чавуну і сталі. Властивості чавуну і його застосування в будівництві. Види та властивості сталей. Використання сталей у будівництві.
9. Кольорові метали і сплави.
10. Захист металів від корозії та вогню.
11. Основні відомості про мінеральні в'язучі та їхня класифікація.
12. Повітряні в'язучі речовини. Повітряне будівельне вапно, виробництво, гашення вапна, твердіння, властивості й використання.
13. Будівельний гіпс як сировина, виробництво, властивості й застосування.
14. Ангідритові, магнезіальні в'язучі, їхнє застосування.
15. Рідке скло та кислототривкий цемент.
16. Гідравлічні в'язучі речовини. Гідравлічне вапно й романцемент.
17. Портландцемент: виробництво, хімічний і мінералогічний склад.
18. Фізико-хімічні процеси, що відбуваються при твердінні портландцементу. Властивості портландцементу.
19. Корозія цементного каменя.
20. Використання портландцементу.
21. Бітумні й дьогтьові в'язучі речовини, їхні властивості.
22. Асфальтові й дьогтеві розчини та бетони. Марки бітумів.
23. Рулонні покрівельні й гідроізоляційні матеріали.
24. Будівельні матеріали та вироби на основі полімерів.
25. Склад, властивості й основні технологічні процеси виготовлення виробів із пластмас.
26. Загальні відомості про бетони, їхня класифікація.
27. Проектування складу бетону. Приготування, транспортування та укладання бетонної суміші.
28. Твердіння бетону. Контроль якості. Спеціальні види важких бетонів.
29. Легкі бетони на пористих заповнювачах.
30. Силікатний бетон. Основи технології приготування, властивості, використання.
31. Гіпсобетон: склад, властивості та застосування.

32. Приготування, основні властивості й використання ніздрюватих бетонів.

33. Асфальтобетон: склад, приготування й використання.

34. Полімербетон: склад, властивості та використання.

35. Загальні відомості про залізобетон як композиційний матеріал.

36. Технологія і способи виготовлення залізобетонних виробів.

Контроль якості залізобетонних конструкцій.

37. Основи технології монолітного залізобетону. Методи прискорення твердіння бетону в конструкціях.

38. Властивості розчинних сумішей і розчинів.

39. Приготування та транспортування розчинів.

40. Азбестоцементні вироби: склад, властивості, використання.

41. Покрівельні й гідроізоляційні матеріали, мастики.

42. Види будівельних полімерних матеріалів, вимоги до них та основи виробництва.

43. Лаки, емалеві фарби.

44. Ніздрюваті бетони — пінобетон й газобетон.

45. Приготування, основні властивості й використання ніздрюватих бетонів.

46. Економічна ефективність застосування легких бетонів.

47. Різновиди портландцементу: швидкотвердінючий, сульфатостійкий, гідрофобний.

48. Спеціальні види цементу.

49. Сировина й основи технології виготовлення скла.

50. Властивості скла.

51. Вироби зі скла: віконні, вітринні, конструкційні, оздоблювальні, теплоізоляційні.

52. Матеріали для важкого бетону.

53. Основні властивості бетонної суміші й бетону.

54. Природні кам'яні матеріали.

55. Скло і плавлені вироби.

56. Теплоізоляційні матеріали та вироби.

57. Акустичні матеріали та вироби.

58. Сухі будівельні суміші.

59. Залізобетонні вироби.

60. Гідроізоляційні матеріали.

61. Метали і сплави в будівництві.

62. Личкувальні матеріали на основі неорганічних в'язучих.

63. Личкувальні матеріали на основі органічних в'язучих.

64. Перспективи розвитку цементної промисловості України.

65. Проблеми довговічності та захист металевих матеріалів від корозії.

66. Використання матеріалів розбирання будівель і споруд для виготовлення будівельних матеріалів і конструкцій.

67. Характеристика металевих виробів різного призначення.

68. Шляхи підвищення ефективності виробництва та використання покрівельних матеріалів.
69. Основні відомості про пластмаси.
70. Властивості чавуну і його застосування в будівництві.
71. Види і властивості сталей. Використання сталей у будівництві.
72. Захист деревини від гниття та вогню.
73. Основні відомості про органічні в'язучі та їхня класифікація.
74. Ангідритові, магнезіальні в'язучі, їхнє застосування.
75. Рідке скло та кислототривкий цемент.
76. Гідравлічні в'язучі речовини. Гідравлічне вапно й романцемент.
77. Портландцемент: виробництво, хімічний і мінералогічний склад.
78. Фізико-хімічні процеси, що відбуваються при твердінні портландцементу. Властивості портландцементу.
79. Корозія цементного каменя.
80. Використання портландцементу.
81. Бітумні й дьогтеві в'язучі речовини, їх властивості.
82. Асфальтові й дьогтеві розчини та бетони. Марки бітумів.
83. Рулонні покрівельні й гідроізоляційні матеріали.
84. Будівельні матеріали та вироби на основі полімерів.
85. Склад, властивості й основні технологічні процеси виготовлення виробів із пластмас.
86. Загальні відомості про бетони, їхня класифікація.
87. Проектування складу бетону. Приготування, транспортування та укладання бетонної суміші.
88. Твердіння бетону. Контроль якості. Спеціальні види важких бетонів.
89. Легкі бетони на пористих заповнювачах.
90. Силікатний бетон. Основи технології приготування, властивості, використання.
91. Гіпсобетон: склад, властивості та застосування.
92. Асфальтобетон: склад, приготування й використання.
93. Полімербетон: склад, властивості та застосування.
94. Загальні відомості про залізобетон як композиційний матеріал.
95. Технологія і способи виготовлення залізобетонних виробів. Контроль якості залізобетонних конструкцій.
96. Основи технології монолітного залізобетону. Методи прискорення твердіння бетону в конструкціях.
97. Властивості розчинних сумішей і розчинів.
98. Приготування та транспортування розчинів.
99. Азбестоцементні вироби: склад, властивості, використання.
100. Покрівельні й гідроізоляційні матеріали, мастики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чехов А.П., Глущенко В.М. Строительные материалы. Лабораторные занятия: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа, Головное изд-во, 1981. – 208с.
2. Горчаков В.И. Строительные материалы. Учебник для студентов вузов - М: Высшая школа, 1981. – 412с. ил.
3. Микульский В.Г., Гончаров Г.Н. и др. Строительные материалы. - М.: Ассоциация строительных вузов, 1996. – 356 с.
4. Захарченко П.В., Долгий Е.М. та ін. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали. – К.: КНУБА, 2005. – 512 с.
5. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К. та інші. – Будівельне матеріалознавство – Київ – 2004. – 456 с.
6. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Суханов В.Г. Композиционные строительные материалы и конструкции. Структура, самоорганизация, свойства Одесса – 2010. – 342 с.

