



**Міністерство освіти і науки України**

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет мехатроніки та інжинірингу**

**Кафедра надійності та міцності машин і споруд імені В.Я. Аніловича**

**БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ  
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
(частина 2)**

**для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної та заочної форм навчання зі спеціальності  
192 Будівництво та цивільна інженерія**

**Харків 2024**

Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет мехатроніки та інжинірингу

Кафедра надійності та міцності машин і споруд імені В.Я. Аніловича

## **БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

### **Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (частина 2)**

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

Затвердження рішенням  
Науково-методичної комісії  
факультету мехатроніки  
та інжинірингу  
Протокол № 6  
від 30 травня 2024 р.

Харків 2024

**УДК 691.161**

**Б-90**

Схвалено на засіданні кафедри надійності та міцності  
машин і споруд імені В.Я. Аніловича

протокол № 12 від 18.04.2024 р.

**Рецензенти:**

**О. П. Буряк**, доктор архітектури, професор кафедри надійності та міцності машин і споруд ім. В.Я. Аніловича Державного біотехнологічного університету.

**В. Б. Савченко**, кандидат технічних наук, доцент кафедри надійності та міцності машин і споруд ім. В.Я. Аніловича Державного біотехнологічного університету

**Б-90 Будівельне матеріалознавство:** методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (частина 2) для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» / уклад.: С. Ю. Шептун, М. В. Марченко, А. М. Петров, А. Б. Гасанов, М. А. Кусков ; ДБТУ. – Харків: [б. в.], 2024. – 53 с.

У методичних вказівках подано перелік тем лабораторних робіт, їх мету, хід роботи, правила організації робочого місця студента, короткі теоретичні відомості, прилади, матеріали, обладнання, які необхідні для проведення досліджень. Подано рекомендації до оформлення звіту з виконаної роботи. Призначені для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

**УДК 691.161**

**Відповідальний за випуск: В. Б. Савченко**, к.т.н., доцент.

©.: С. Ю. Шептун, М. В. Марченко,  
А. М. Петров, А. Б. Гасанов,  
М. А. Кусков., 2024  
© ДБТУ, 2024

## ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЩІЛЬНИХ ЗАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ ВАЖКОГО БЕТОНУ

### Короткі відомості

*Заповнювачі* – це природні або штучні сипкі матеріали визначеного зернового складу, які використовують для отримання розчинів і бетонів загальнобудівельного та спеціального призначення (теплоізоляційних, декоративних, жаростійких, вогнетривких, електропровідних, морозостійких, тампонажних, гідротехнічних тощо). Заповнювачі поділяють за величиною середньої густини зерна на *щільні* ( $\rho_m > 2 \text{ г/см}^3$ ) та *пористі* ( $\rho_m < 2 \text{ г/см}^3$ ).

Щільні заповнювачі використовують для отримання важких бетонів (із середньою густиною більше  $2000 \text{ кг/м}^3$ ).

Щільні заповнювачі класифікують:

- за крупністю: крупні (щебінь та гравій із зернами більше 5 мм) та дрібні (піски із зернами до 5 мм);
- за фракціями: до 5; 5-10; 10-20; 20-40 ; 40-70 мм (за домовленістю можуть бути й інші фракції);
- за видом сировини та способом отримання (природні, подрібнені класифіковані);
- за формою: щебінь, гравій;

*Гравій* (ДСТУ Б В.2.7-71-98) – це різного ступеня обкатані уламки кам'яної породи крупністю від 5 до 70 мм, що утворюються в результаті природного руйнування (вивітрювання) вивержених чи осадових гірських порід. За походженням розрізняють гравій яровий (гірський), річковий та морський. Якщо вміст піску становить 25...40%, то матеріал називають *піщано-гравійною сумішшю*. Внаслідок недостатнього зчеплення з цементним розчином гравій не застосовують у бетонах, які мають міцність при стиску вище 30 МПа. Крупні фракції гравію використовують для подрібнення на щебінь.

*Щебінь* (ДСТУ Б В.2.7-71-98) – це сипкий матеріал у вигляді зерен неправильної форми, що одержують подрібненням гірських порід, які мають міцність при стиску від 20 до 120 МПа. Зерна щебеню мають кутасту форму й більш розвинуту, ніж у гравію, шорстку поверхню, а тому міцність їх зчеплення з цементним каменем значно вища, ніж у гравію. Для виробництва щебеню подрібнюють вивержені породи – граніт, діабаз, діорит; щільні осадові породи – вапняк, доломіт; метаморфічні кварцити.

*Пісок* (ДСТУ Б В.2.7-32-95) – це дрібний заповнювач, який у бетоні поряд з цементним тістом сприяє утворенню ієрархічної структури матеріалу.

Піски класифікують: за хіміко-мінералогічним (петрографічним) складом: кварцові, польовошпатні, карбонатні;

- за умовами утворення: ярові (гірські), річкові та морські;
- за методами отримання: природні (необроблені, збагачені, фракціоновані); подрібнені (збагачені, фракціоновані), а також з відсівів, які отримують при розсіюванні подрібнених кам'яних порід.

**Метою роботи** є ознайомлення з основними методами випробування щільних заповнювачів для важкого бетону

### **Нормативне забезпечення**

1. ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0). Будівельні матеріали. Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань.
2. ДСТУ Б В.2.7-32-95. Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови.
3. ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний.

### **10.1. Визначення властивостей крупного щільного заповнювача**

Визначальними характеристиками якості крупного щільного заповнювача є його марка за міцністю, зерновий склад та вміст зерен пластинчастої або голчастої форми.

#### **10.1.1. Визначення міцності крупного щільного заповнювача**

**Матеріал:** проби крупного щільного заповнювача різних фракцій.

**Прилади:** стандартний сталевий циліндр, прес гідравлічний, ваги технічні, набір сит.

#### **Порядок виконання роботи**

Міцність оцінюється за показником дробимості щебеню (гравію), який визначають ступенем руйнування зерен при стискуванні (роздавлюванні) у циліндрі. Суть цього методу полягає в тому, що пробу заповнювача стискають із зусиллям 200 кН у сталевому циліндрі, а потім визначають, яка частина зерен роздробилася, шляхом просіювання подрібненої проби крізь сито, розмір отворів якого залежить від розміру фракції, що випробовується.

Залишок на ситі після просіювання зважують ( $m_1$ ) і розраховують показник дробимості (Др), %, з точністю до 1% за формулою:

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

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

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

Для визначення марки за міцністю, одержаний показник порівнюють зі значеннями, наведеними у відповідному стандарті, враховуючи вид гірської породи, з якої отримано заповнювач. У разі використання природної сировини марки щебеню за міцністю можуть бути у межах 200...1400 кгс/см<sup>2</sup> (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

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

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

**Висновок:** потрібно навести показник дробимості та марку заповнювача за міцністю.

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

**Матеріал:** проби крупного щільного заповнювача різних фракцій.

**Прилади:** ваги технічні, штангенциркуль.

#### Порядок виконання роботи

Вміст у щебені (гравії) зерен пластинчастої (плескатої) та голчастої форми оцінюють кількістю зерен, товщина яких менше довжини у три рази і більше, методом візуального відбору. Згідно з вимогами стандарту зерна щебеню за формою поділяють на 4 групи (табл.10.2).

**Класифікація щебеню залежно від форми зерен (ДСТУ Б В 2.7-74-98)**

Група щебеню за формою зерен	Вміст зерен пластинчастої (плескатої) та голчастої форм, мас. %
Обкатана	До 10 вкл.
Кубовидна	Від 11 до 15 вкл.
Поліпшена	Від 16 до 25 вкл.
Звичайна	Від 26 до 35 вкл.

Для визначення вмісту пластинчастих і голчастих зерен від кожної фракції щебеню (гравію) беруть аналітичні проби відповідно до таблиці 10. 3.

Вміст зерен пластинчастої або голчастої форм визначають окремо для кожної фракції щебеню (гравію). За наявності у щебені (гравії) будь-якої фракції в кількості менше 5% за масою вміст зерен пластинчастої та голчастої форм у цій фракції не визначають.

Таблиця 10.3

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

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

Пробу заповнювача зважують і з неї вибирають зерна, товщина яких менше і більше довжини в три рази. Вміст у кожній фракції щебеню (гравію) зерен пластинчастої та голчастої форми  $\Pi_{пл}$ , %, визначають за формулою:

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

де  $m$  – маса проби, г;

$m_1$  – маса зерен пластинчастої та голчастої форми, г.

Результати випробувань заносять до таблиці 1.4.

**Визначення вмісту у заповнювачі зерен пластинчастої та голчастої форм**

Розмір фракції щебеню (гравію)	Маса проби, $m$ , г	Вміст зерен пластинчастої та голчастої форми	
		за масою, $m_1$ , г	відносний, $P_{пл}$ , %
5...10			
10...20			
20...40			
Понад 40			

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

### 10.2. Визначення властивостей дрібного заповнювача

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

#### 10.2.1. Визначення вмісту пилуватих та глинистих частинок у складі піску

**Матеріал:** проби піску кварцового.

**Прилади:** посудина для відмулювання, ваги технічні, сушильна шафа.

#### **Порядок виконання роботи**

Вміст пилуватих та глинистих частинок визначають методом відмулювання (промиванням проби) за зміною маси проби піску після відмулювання частинок, розмір яких менше 0,05 мм. Ці частинки є шкідливими домішками, оскільки їх наявність на поверхні зерен піску знижує міцність його зчеплення з цементним каменем.

Сумарний вміст вказаних домішок у піску, який визначається з урахуванням маси проби піску до та після відмулювання, у випадку його використання для приготування бетонів не повинен перевищувати 3% за масою (ДСТУ Б В 2.7-32-95).

**Висновок** передбачає визначення за вмістом пилуватих та глинистих частинок придатності піску до використання як дрібного заповнювача при виготовленні бетонної суміші.



## 10.2.2. Визначення вмісту органічних домішок у складі піску

**Матеріал:** проби піску кварцового.

**Прилади:** скляний циліндр, еталон.

### **Порядок виконання роботи**

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

Наявність органічних домішок (гумусових речовин) визначають порівнянням забарвлення лужного розчину над пробю піску із забарвленням еталону (колориметричним методом). Як еталон використовують спеціально приготовлений розчин таніну. Пісок вважається придатним для використання у бетонах або будівельних розчинах, якщо рідина над пробю піску не має кольору або має колір не темніший за еталон. За наявності темнішого кольору порівняно з еталоном проводять випробування заповнювачів у бетонах або будівельних розчинах.

**Висновок** передбачає визначення за вмістом органічних домішок придатності піску до використання як дрібного заповнювача при виготовленні бетонної суміші.

## 10.2.3. Визначення зернового складу і модуля крупності дрібного заповнювача

Зерновий (гранулометричний) склад піску характеризується відносним (процентним) вмістом у ньому зерен різних розмірів. Модуль крупності – умовний показник крупності піску, визначається як сума повних залишків на контрольних ситах, поділена на 100.

**Матеріал:** проби піску кварцового.

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

### **Порядок виконання роботи**

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

Спочатку висушену пробу піску масою не менше 2000г просіюють крізь сита з круглими отворами діаметрами 10 та 5 мм. Залишки на ситах зважують і розраховують вміст у пробі піску фракцій гравію з розмірами зерен від 5 до 10 мм ( $G_{p5}$ ) і більше 10 мм ( $G_{p10}$ ) у процентах за масою за формулою:

$$G_{p10} = \frac{m_{10}}{m} \cdot 100\%, \quad G_{p5} = \frac{m_5}{m} \cdot 100\%$$

де  $m_{10}$ ,  $m_5$  – залишки на ситі з круглими отворами діаметрами 10 та 5 мм відповідно, г;

$m$  – маса досліджуваної проби піску, г.

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

Підготовлену наважку піску просіюють механічним або ручним способами крізь набір сит з круглими отворами діаметром 2,5 мм та з сітками з розмірами отворів 1,25; 0,63; 0,315 і 0,16 мм (рис.10.1).

Просіювання вважають закінченим, коли при контрольному ручному струшуванні кожного сита протягом 1 хв крізь сито проходило не більше 0,1% від загальної маси наважки. При механічному просіюванні його тривалість встановлюють експериментально залежно від приладу, який застосовується. При ручному просіюванні допускається визначати закінчення просіювання, інтенсивно струшуючи кожне сито над аркушем паперу. В цьому випадку просіювання вважають закінченим, якщо практично не спостерігається падіння зерен піску.

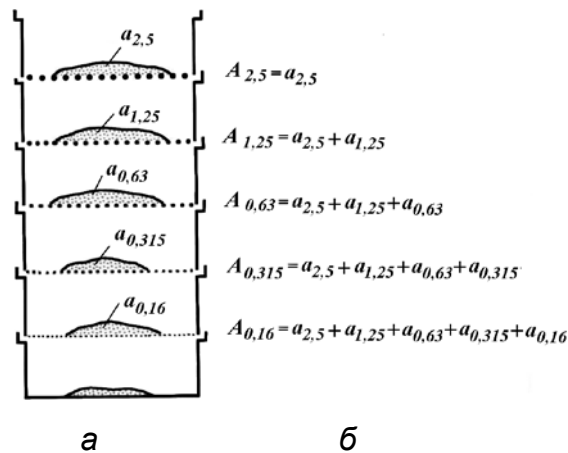


Рис.10. 1. Визначення часткових (а) та повних (б) залишків на ситах

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

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

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

де  $m_i$  – маса залишку на даному ситі, г;  $m$  – маса проби піску, що просіюється, г;

- повний залишок на кожному ситі ( $A_i$ ) у процентах, як суму часткових залишків на всіх ситах із більшим розміром отворів і залишку на даному ситі за формулою:

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

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

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

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

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

Результати розрахунку заносять до таблиці 10.5, а також зображують графічно у вигляді кривої просіювання відповідно до рис. 10.2.

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

Таблиця 10.5

#### Результати визначення зернового складу піску

Показник	Розміри отворів сит, мм					Пройшло крізь сито з розмірами отворів 0,16 мм, мас. %	M <sub>k</sub>	Група піску за крупністю
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16			
Маса залишку на ситі $m_i$ , г	$m_{2,5}$	$m_{1,25}$	$m_{0,63}$	$m_{0,315}$	$m_{0,16}$	$m_0$		
Частковий залишок $a_i$ , мас. %	$a_{2,5}$	$a_{1,25}$	$a_{0,63}$	$a_{0,315}$	$a_{0,16}$	$a_0$		
Повний залишок $A_i$ , мас. %	$A_{2,5}$	$A_{1,25}$	$A_{0,63}$	$A_{0,315}$	$A_{0,16}$	-		

Умовними показниками крупності піску є його модуль крупності ( $M_k$ ) та повний залишок на ситі №063 ( $A_{0,63}$ ). Для загальної оцінки крупності піску можна використати дані таблиці 10.6. Якщо за модулем крупності та повним залишком на ситі №063 ( $A_{0,63}$ ) піски відносяться до різних груп, то визначальним є модуль крупності.



Рис.10.2. Криві зернового складу піску:

1 – допустима нижня границя крупності ( $M_k=1,5$ ); 2 – рекомендована нижня границя крупності піску для бетонів класу *B 15* і вище; 3 – те ж для бетонів класу *B 25* та вище ( $M_k=2,5$ ); 4 – допустима верхня границя крупності пісків ( $M_k=3,25$ )

Таблиця 10.6

### Класифікація пісків за крупністю

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

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

### Лабораторна робота № 11

## БЕТОНИ ЗАГАЛЬНОБУДІВЕЛЬНОГО ТА СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

### Короткі відомості

**Бетон** – штучний камінь, отриманий при твердненні раціонально підібраної бетонної суміші, що складається з в'язучої речовини, дрібного (піску), крупного (щебінь, гравій) заповнювачів, добавок і води. Класифікацію

бетонів здійснюють за такими ознаками як основне призначення, вид в'язучих, вид заповнювачів, характер структури.

За основним призначенням бетони поділяють на конструкційні і спеціальні (гідротехнічні, дорожні, хімічностійкі, жаростійкі, декоративні, радіаційно-захисні, та ін.).

Конструкційні бетони – бетони несучих і огорожувальних конструкцій будівель та споруд, визначальними для яких є вимоги до фізико-механічних характеристик.

Спеціальні бетони – бетони, до яких висуваються вимоги залежно від призначення. Наприклад, бетони жаростійкі – спеціальні бетони, призначені для сприйняття дії температур вище 200°C. Бетони хімічностійкі – спеціальні бетони, які призначені для роботи в умовах дії агресивних середовищ. Бетони радіаційно-захисні – спеціальні бетони, призначені для захисту від дії радіаційних випромінювань.

За видом в'язучої речовини, що використовується, бетони поділяють на портландцементні, вапняні, гіпсові, спеціальні (лужні, полімерні та ін.). За видом заповнювачів бетони можуть бути на щільних заповнювачах, пористих заповнювачах, спеціальних заповнювачах. За розмірами крупного заповнювача розрізняють бетони: крупнозернисті, що містять заповнювач розміром від 10 до 150 мм; дрібнозернисті – з найбільшою крупністю зерен не більше 10 мм, піщані – розглядаються як різновид дрібнозернистих і містять пісок крупністю до 5 мм. За характером структури бетони можуть бути щільні, поризовані, ніздрюваті та крупнопористі.

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

За середньою густиною у сухому стані бетони поділяють на:

- особливо важкі (понад 2500 кг/м<sup>3</sup>), що отримують з використанням заповнювачів у вигляді бариту, залізних або сталевих руд;
- важкі (2200...2500 кг/м<sup>3</sup>), що передбачають застосування заповнювачів із щільних гірських порід;
- полегшені (2000...2200 кг/м<sup>3</sup>) виготовляють з використанням нещільних заповнювачів (вапняк-черепашник, цегельний бій);
- легкі (500...2000 кг/м<sup>3</sup>) виготовляють з використанням легких пористих заповнювачів;
- особливо легкі (менше 500 кг/м<sup>3</sup>) представлені насамперед ніздрюватими бетонами та бетонами на основі штучних пористих заповнювачів (спученого перліту і вермикуліту).

Група бетонів, що має середню густину менше 2000 кг/м<sup>3</sup> і відноситься до легких, розглянута в лабораторній роботі №12.

Важкий бетон за головним призначенням є конструкційним матеріалом і тому відрізняється поліфункціональними властивостями, в тому числі міцністю, відповідними деформаційними характеристиками та стійкістю в умовах експлуатації, в тому числі, морозо- та корозійною стійкістю, водонепроникністю.

Основним показником міцності бетону, що подається в нормативних документах, є його клас, тобто міцність, яка приймається з гарантованою забезпеченістю 0,95. Це означає, що гарантована міцність (МПа) досягається не менш ніж у 95 випадках зі 100. Для важкого бетону стандартизовані класи за міцністю при стиску від  $B_{3,5}$  до  $B_{80}$ ; за міцністю при розтягу – від  $B_t 0,4$  до  $B_{4,0}$ ; за міцністю при згині від  $B_{tb} 0,4$  до  $B_{tb} 8,0$ .

*Морозостійкість* бетону характеризується найбільшим числом циклів наперемінного заморожування і відтавання, що спроможні витримати зразки бетону (в насиченому водою або сольовим розчином стані) без зниження міцності більше 5% та втрати маси до 3%. За морозостійкістю бетони поділяють на марки від  $F_{50}$  до  $F_{1000}$ .

Характеристикою *водонепроникності* бетону є його марка, що відповідає максимальному тиску (0,2...2 МПа), при якому не спостерігається фільтрація води крізь стандартний зразок. Розрізняють марки бетону за водонепроникністю від  $W_2$  до  $W_{20}$ .

Залежно від призначення якість бетону оцінюють за допомогою таких технічних показників як міцність при стиску та розтягу, середня густина, вологість, водопоглинання, пористість, водонепроникність, морозостійкість, стираність, призмova міцність, модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, деформації усадки і повзучості, витривалість та тепловиділення.

Для бетонів спеціального призначення визначають їх властивості, які обумовлені умовами використання.

Для високоміцних бетонів визначальним показником якості є міцність при стиску, яка повинна становити не менш ніж 50 МПа.

Для жаростійких бетонів визначальними, крім показників середньої густини та міцності, є максимальна температура використання, величина залишкової міцності та температура деформації під навантаженням.

Гідротехнічний бетон повинен відрізнятись достатньою міцністю при стиску та розтягу, водостійкістю, водонепроникністю, морозостійкістю, стійкістю до хімічної корозії у водному середовищі та низьким тепловиділенням при твердінні.

Дорожній бетон відрізняється від звичайного високою міцністю при розтягу та стиску, підвищеною морозостійкістю, зносостійкістю та корозійною стійкістю.

Декоративні бетони, які застосовують для надання художньої виразності фасадам та інтер'єрам будівель, а також для елементів благоустрою навколишнього середовища, повинні відрізнятись різноманіттям кольорів, фактур поверхні та форм з одночасним збереженням

експлуатаційних властивостей (залежно від призначення бетону – для стін, підлог, доріг та ін.).

Визначальним показником для корозійностійкого бетону є коефіцієнт хімічної стійкості до дії агресивного середовища.

Бетон для захисту від радіації повинен мати відповідну міцність при стиску та відносно низький модуль пружності, бути стійким до радіації, а також вогне- та жаростійким.

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

### **Нормативне забезпечення**

1. ДСТУ Б В.2.7-41-96. Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови.
2. ДСТУ Б В.2.7-221:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Класифікація і загальні технічні вимоги
3. ДСТУ Б В.2.7-288:2011 Бетони хімічно стійкі. Технічні умови
4. ГОСТ 20910-90 Бетони жаростійкі. Технічні умови
5. ДСТУ Б В.2.7-43-96 Бетони важкі. Технічні умови

**Матеріали:** зразки важкого бетону конструкційного, гідротехнічного, дорожнього, декоративного, корозійностійкого, жаростійкого, радіаційно захисного.

**Прилади:** лінійка, штангенциркуль, ваги.

### **Порядок виконання роботи**

Виконання роботи передбачає експериментальне визначення середньої густини різних видів бетонів та вивчення вимог стандартів до бетонів загальнобудівельного та спеціального призначення. За допомогою навчальної та нормативно-технічної літератури встановлюють вихідні матеріали (види в'язучих речовин, заповнювачів, добавок) для отримання різновидів важких бетонів, основні властивості і вимоги до бетонів та особливості їх застосування і результати заносять до таблиці 11.1.

Середню густину визначають випробуванням зразків правильної геометричної форми (куби, циліндри, прямокутні паралелепіпеди). Для цього зразки досліджуваних матеріалів попередньо висушують до сталої маси. Спочатку зразки зважують на вагах з похибкою не більше 1 г при масі зразків від 20 до 1000 г і не більше 5 г при масі від 1000 до 10000 г. Потім вимірюють їх розміри (з похибкою для кубів і циліндрів не більше 0,1 мм, інших зразків – не більше 1мм) і розраховують об'єм кожного зразка.

Таблиця 11.1

## Характеристика важких бетонів різного призначення

Різновиди бетонів	Вихідні компоненти	Розміри зразка, м			Об'єм, $V, \text{ м}^3$	Маса, $m, \text{ кг}$	Середня густина, $\rho_m, \text{ кг/м}^3$	Властивості, вимоги стандартів	Особливості застосування
		довжина	ширина	висота					
Конструкційний									
Гідротехнічний бетон (для різних зон зволоження конструкцій)									
Дорожній									
Декоративний									
Жаростійкий									
Радіаційно-захисний									
Корозійностійкий									



Середню густину зразка  $\rho_m$  (г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>) обчислюють за формулою:

$$\rho_m = \frac{m}{V}$$

де  $m$  – маса зразка в сухому стані, г (кг);  $V$  – об'єм зразка, см<sup>3</sup> (м<sup>3</sup>).

**Висновки:** потрібно скласти перелік властивостей, що є визначальними для кожного виду бетону, та за завданням викладача навести вимоги стандартів до конкретного виду бетону.

## Лабораторна робота № 12

### ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГКИХ БЕТОНІВ

#### Короткі відомості

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

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

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

За показниками середньої густини легкі бетони поділяють на марки від Д 300 до Д 2000, а за гарантованою міцністю – на класи від В 0,35 до В 40, випробовуючи стандартні зразки-куби розмірами 150x150x150 мм.

За структурою легкі бетони поділяють на:

- щільні, в яких простір між зернами заповнювача зайнятий затверділим цементним тістом із повітряними порами;
- поризовані та ніздрюваті – розчинова «матриця» поризується за рахунок введення спеціальних добавок різного механізму дії;
- крупнопористі – не мають дрібного заповнювача, міжзерновий простір заповнений повітрям, в'язуча речовина лише скріплює між собою зерна крупного заповнювача.

За призначенням розрізняють такі види щільних та крупнопористих легких бетонів :

- *конструкційні* – для несучих будівельних конструкцій, з підвищеними вимогами до фізико-механічних показників, а також дії кліматичних та інших факторів (середня густина 1200...2000 кг/м<sup>3</sup>, класи за міцністю В2,5...В10);
- *конструкційно-теплоізоляційні* – для огорожувальних конструкцій з певними вимогами до механічних та теплоізоляційних властивостей, а також вимогами

щодо впливу зовнішнього середовища (середня густина 600...1600 кг/м<sup>3</sup>, класи за міцністю B2,5...B10);

- *теплоізоляційні* – для теплової ізоляції будівель і споруд (середня густина 300...600 кг/м<sup>3</sup>, класи за міцністю B0,5...B2).

Для ніздрюватих бетонів, одного із різновидів легких бетонів, класифікація за призначенням носить дещо інший вигляд залежно від середньої густини:

- теплоізоляційні – 300...500 кг/м<sup>3</sup>;
- конструкційно-теплоізоляційні – 500...800 кг/м<sup>3</sup>;
- конструкційні – 900...1200 кг/м<sup>3</sup>.

*Крупнопористий бетон* у зв'язку з відсутністю дрібного заповнювача характеризується сполученими крупними порами (пустотами). Для запобігання продування конструкцій та збереження теплоізоляційного ефекту огорожувальні конструкції мають бути оздоблені штукатуркою. Як крупний заповнювач використовують щільні або пористі природні чи штучні щебінь та гравій з розміром зерен 5...20 мм. Як в'язучі речовини можна використовувати портландцемент та його різновиди.

*Ніздрюваті бетони* отримують при твердінні поризованої розчинової суміші. За способами поризації розрізняють пінобетони, газобетони та піногазобетони, в яких отримання пористої структури обумовлене використанням піно- та газоутворюючих добавок, або їх суміші. Як газоутворювач, зазвичай, використовують алюмінієву пудру ПАП-1, як піноутворювачі – спеціально розроблені реактиви.

У якості в'язучої речовини можуть бути використані портландцементи (бажано високомарочні) та вапняно-кремнеземисті в'язучі. Є можливість розширення сировинної бази за рахунок використання певної кількості відходів виробництва – золи-винесення, шлаків тощо.

Галузь застосування легких бетонів – створення теплоізоляційних та конструкційно-теплоізоляційних конструкцій із звукоізолюючим та акустичним ефектом.

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

### **Нормативне забезпечення**

1. ДСТУ Б В. 2.7-18-95. Бетони легкі. Загальні технічні умови
2. ДСТУ Б В. 2.7-45-96. Бетони ніздрюваті. Технічні умови.
3. ДСТУ-Н Б В.2.7-308:2015 Настанова з виготовлення виробів з ніздрюватого бетону
4. ДСТУ Б В.2.7-278:2011 Бетони легкі та ніздрюваті. Правила контролю середньої густини

## 12.1. Виготовлення та визначення властивостей крупнопористого бетону

**Матеріали:** портландцемент, керамзитовий гравій.

**Прилади:** ваги, чаша для змішування, кельма, скляний мірний циліндр.

### Порядок виконання роботи

Склад крупнопористого конструкційно-теплоізоляційного бетону на легких заповнювачах визначають розрахунково-експериментальним методом з урахуванням середньої густини бетону та заданого класу за міцністю.

На основі ретельно розрахованого складу готують бетонну суміш і формують зразки-куби розмірами 100x100x100 мм. Зразки витримують у стандартних умовах протягом 28 діб, потім зважують і визначають масу та середню густину бетону (див. лабораторну роботу №1).

Далі за формулою В.П. Некрасова розраховують коефіцієнт теплопровідності легкого бетону.

Наступним кроком є визначення міцності матеріалу на стиск.

Зразок обмірюють і розраховують площу, на яку діє навантаження. Потім зразок згідно зі схемою, наведеною на рис. 12.3, піддають випробуванню на гідравлічному пресі (рис.12.4), визначаючи величину руйнівного навантаження. Границю міцності при стиску  $R_{ст}$ , МПа (кгс), обчислюють за формулою

$$R_{ст} = \frac{P}{F}$$

де  $P$  – руйнівне навантаження (сила), МПа (кгс);  $F$  – площа поперечного перерізу зразка до випробування, м<sup>2</sup> (см<sup>2</sup>).

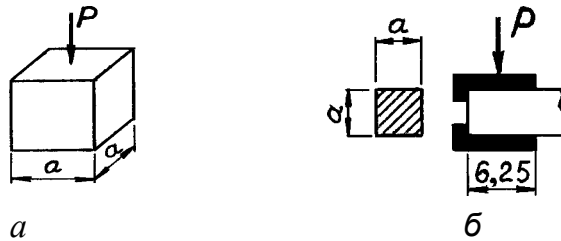


Рис.12.3. Схема випробування при визначенні границі міцності при стиску зразків бетону (а) та цементно-піщаного розчину(б)

Отримані результати заносять до таблиці 12.1.

Таблиця 12.1

## Склад та властивості крупнопористого легкого бетону

Витрата компонентів бетону (на 1 лабораторний заміс)			Розміри зразка ( $a \times b \times h$ ), м	Маса зразка, кг	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Коефі- цієнт тепло- провід- ності, Вт/(мК)	Грани- ця міцності при стиску, МПа
Цемент, кг	Запов- нювач (керам- зитовий гравій), л	Вода, л					
0,2	1,0	0,15-0,2*					

\* кількість води змінюється залежно від якості вихідних компонентів.

**Висновок** має містити порівняння отриманих характеристик із вимогами нормативних документів. Потрібно навести галузі застосування розглянутого матеріалу.

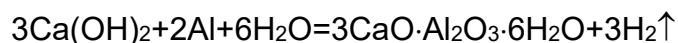
### 12.2. Виготовлення та визначення властивостей ніздрюватого бетону (газобетону)

**Матеріали:** портландцемент, вапно, пудра алюмінієва ПАП-1, вода.

**Прилади:** електрична плитка, чаша для замішування, кельма, ваги, скляний мірний циліндр.

#### Порядок виконання роботи

Для виготовлення газобетону використовується хімічний спосіб поризації. При взаємодії алюмінієвої пудри з гідроксидом кальцію виділяється водень, який поризує цементне тісто рівномірно розподіленими бульбашками:



Із розчинової суміші оптимального складу (табл. 12.2) готують три зразки стандартного розміру у вигляді призм 4x4x160 см. Температура газобетонної суміші під час формування має бути 32...45°C. Для досягнення такої температури підігривають воду та нагрівають металеві форми.

Характерною рисою оптимально підібраної суміші є одночасність припинення процесу газовиділення з початком тужавлення розчинової матриці.

Зразки витримують в нормальних умовах, потім визначають середню густина та міцність при стиску. Розраховують коефіцієнт теплопровідності.

Середню густина ніздрюватих бетонів визначають в абсолютно сухому стані, а міцність – за умов, що вологість матеріалу дорівнює 10%.

Результати проведених випробувань заносять до таблиці 12.2

## Склад та властивості газобетону

Витрати компонентів, кг (на 1 лабораторний заміс)			Розміри зразка, см	Маса зразка, кг	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Границя міцності при стиску, МПа
в'язуча речовина		алюмінієва пудра					
портланд- цемент	вапно						
0,27	0,028	0,002	0,18				

**Висновок** повинен містити порівняння показників отриманих матеріалів із вимогами нормативних документів. Необхідно навести галузі застосування розглянутого матеріалу.

## 12.3 Порівняння властивостей легких бетонів

**Матеріали:** зразки легких бетонів: щільний та крупнопористий керамзитобетон, пінобетон, газобетон.

На основі проведених експериментів та вивчення зразків легких бетонів різної структури необхідно провести аналіз ефективності застосування кожного з матеріалів та порівняти властивості різних видів легких бетонів між собою.

Результати досліджень заносять до таблиці 12.3.

Таблиця 12.3

## Властивості легких бетонів

Вид легкого бетону	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Границя міцності при стиску, МПа (за вимогами ДСТУ)
Щільний			
Крупнопористий			
Ніздрюватий: пінобетон			
газобетон			

**Висновок** повинен містити порівняння властивостей легких бетонів. Необхідно провести аналіз характеристик розглянутих матеріалів та визначити найбільш ефективні бетони з точки зору теплоізоляції та міцності.

## ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ І ВИРОБИ

### Короткі відомості

*Полімерними речовинами* (від грец. *polymeres* – різноманітний) називають високомолекулярні сполуки, які складаються з елементарних (мономерних) ланок, з'єднаних у макромолекули різної будови.

Високомолекулярними сполуками вважають речовини з молекулярною масою понад 5000. Молекулярна маса низькомолекулярних сполук зазвичай не перевищує 500, а речовини, які мають проміжні значення молекулярної маси, називають олігомерами.

Макромолекула є основним структурним елементом полімерних речовин, хімічна будова якої практично відповідає хімічній будові головної структурної одиниці – мономеру. Структура макромолекули відображає розташування у просторі окремих ланок, обумовлюється їхньою хімічною будовою, довжиною й розподілом за довжиною та молекулярними масами. За хімічною природою полімерні речовини поділяють на органічні та неорганічні. За походженням розрізняють полімерні матеріали природні та штучні. Природні полімери представлені лігніном, целюлозою, бавовною, вовною, шкірою, каучуком тощо. Більш поширеними є штучні полімерні матеріали, які отримують шляхом синтезу з простих низькомолекулярних речовин (мономерів).

За способом синтезу та тверднення органічні полімерні речовини поділяють на полімеризаційні (процес об'єднання молекул мономеру проходить без виділення будь-яких побічних продуктів) та поліконденсаційні (процес об'єднання молекул мономеру проходить з одночасним відщепленням низькомолекулярних продуктів реакції, таких як вода тощо).

За складом основного ланцюга макромолекул полімерні речовини поділяють на карболанцюгові (цілком складені з атомів Карбону (C)), гетероланцюгові (складені з атомів Карбону (C), Оксигену (O), Нітрогену (N), Сульфур (S) тощо) та елементоорганічні (можуть містити Силіцій (Si), Алюміній (Al), Титан (Ti) та інші елементи). За характером будови макромолекул органічні полімери можуть бути лінійними, розгалуженими та ґратчастими (тривимірними).

За здатністю до пластичних деформацій при циклічній дії температурного фактора органічні полімери поділяють на термопластичні (спроможні до пластичних деформацій при підвищенні температури, тобто здатні неодноразово при нагріванні розм'якшуватися й переходити до в'язкопружного стану, а при охолодженні твердіти, зберігаючи задану форму) та терморективні (проходять одноразово стадію пластичного деформування при підвищенні температури, але після охолодження в їхній структурі відбуваються незворотні зміни, які призводять до неможливості переходу їх у пластичний стан при повторному нагріванні, тобто вони непридатні до повторного формування).

Полімерними матеріалами, або пластичними масами, називають матеріали, які містять у своєму складі високомолекулярні органічні речовини – полімери і на певній стадії виробництва набирають пластичності, яка повністю або частково втрачається після затвердіння полімеру.

Розрізняють пластичні маси прості, що складаються лише з полімерної речовини, і складні, до складу яких, крім полімеру, входять також інші компоненти, що дають змогу одержувати матеріали та вироби з певними властивостями. Наповнювачі знижують витрату полімеру, зменшують собівартість пластмаси, поліпшують її структуру і підвищують ряд технічних властивостей: міцність, твердість, зносостійкість, теплостійкість, здатність чинити опір усадці та повзучості. Пластифікатори поліпшують умови переробки полімерних композицій, знижують їхню крихкість та підвищують деформаційні властивості. Добавки-стабілізатори сприяють тривалому збереженню властивостей пластмас під час експлуатації, запобігають їхньому старінню під впливом сонячної радіації, кисню повітря, нагрівання та інших несприятливих чинників. Отверджувачі прискорюють процес затвердіння полімерів та утворення просторової тривимірної структури. Пігменти та барвники забарвлюють пластмаси. Антипірени підвищують стійкість пластмас проти займання. Пороутворювачі створюють пористу структуру пластмас.

*Складні пластмаси* є композиційними матеріалами, що містять у своєму складі матрицю, утворену полімерними речовинами, та армуючий компонент, представлений наповнювачами різної дисперсності та добавками, призначеними для надання спеціальних властивостей.

За видом основного полімеру виділяють поліетиленові, поліпропіленові, поліізобутиленові, полівінілхлоридні, полівінілацетатні, полістирольні, поліакрилатні, фенолальдегідні, аміноальдегідні, епоксидні, поліуретанові, поліефірні, органічні; полісилоксанові, кремнієорганічні; силікатні та алюмосилікатні.

Виготовлення полімерних матеріалів та виробів передбачає підготовку сировинних компонентів, їх дозування, змішування, формування й стабілізацію.

За методом виробництва вироби поділяють на виготовлені вальцюванням, каландруванням, екструзією, пултрузією, пресуванням, литтям звичайним та під тиском, термоформуванням, пневмоформуванням, вільним видуванням, вакуумним формуванням, зварюванням, склеюванням контактним та промазним способами, напиленням тощо. Ніздрюваті органічні теплоізоляційні матеріали виготовляють спінюванням та пороутворенням, ніздрюваті неорганічні – термічним чи хімічним сплуненням, спінюванням.

Залежно від призначення у будівництві полімерні матеріали поділяють на такі основні групи: матеріали огорожувальних, покрівельних і несучих конструкцій; покриття підлог та опорядження стін; гідроізоляційні, герметизуючі, покрівельні, тепло- та звукоізоляційні матеріали; труби та інші погонажні вироби; санітарно-технічні вироби; лаки, фарби, клеї.

Головною перевагою полімерних матеріалів порівняно з іншими є їхня висока технологічність. Вони легко піддаються механічній обробці та добре склеюються. Технологічні процеси їхнього виробництва, як правило, механізовані та автоматизовані. Особливості технологічних процесів виготовлення полімерних матеріалів залежать від їхнього складу та призначення.

**Метою** роботи є ознайомлення з номенклатурою, властивостями, особливостями виробництва та застосування полімерних будівельних матеріалів і виробів.

## **Нормативне забезпечення**

1. ДСТУ Б В.2.7-8-94. Будівельні матеріали. Плити полістирольні. Технічні умови.
2. ГОСТ 25288-82. Пластмассы конструкционные. Номенклатура показателей.

### **13.1. Виготовлення мастикового полімерного покриття для підлоги на основі ПВА-емульсії**

**Матеріали:** зразок важкого бетону, полівінілацетатна емульсія, сечовиноформальдегідний полімер, 1% водний розчин ортофосфорної кислоти, пісок кварцовий мелений з питомою поверхнею  $S_{\text{пит}}=70-80 \text{ м}^2/\text{кг}$ , барвник мінеральний (вохра).

**Прилади:** стакан хімічний, паличка скляна, піпетка мірна або шприц медичний об'ємом  $5 \text{ см}^3$ , ваги аналітичні, ваги технічні, шпатель.

#### **Порядок виконання роботи**

Для отримання полімерного покриття компоненти, зважені у кількості, наведеній в таблиці 13.1, перемішують до отримання однорідної суміші, яку потім виливають на зразок важкого бетону та залишають на 1 добу. Товщина жорсткого наповненого покриття повинна складати 2...4 мм.

Проводять візуальну оцінку якості одержаного покриття.

*Таблиця 13.1*

#### **Склад суміші для отримання полімерного покриття**

№ пор.	Компоненти складу	Кількість компонента
1	Полівінілацетатна емульсія (ПВА)	0,1 кг
2	Сечовиноформальдегідний полімер	0,02 кг
3	1% водний розчин ортофосфорної кислоти	$5 \text{ см}^3$
4	Кварцовий мелений пісок	0,03 кг
5	Барвник мінеральний (вохра)	0,005 кг

**Висновок** повинен містити визначення функції кожного компонента суміші та обґрунтування технічної доцільності використання мастикових полімерних покриттів для підлог.

### **13.2. Виготовлення теплоізоляційного матеріалу на основі полістиролу та дослідження його властивостей**

**Матеріали:** полістирол гранульований, гліцерин.

**Прилади:** форма металева, електроплитка лабораторна, посудина металева для кип'ятіння води, лінійка, ваги аналітичні.



### Порядок виконання роботи

Для виготовлення зразка пінополістиролу гранули полістиролу в кількості, приблизно рівній 1/5 об'єму форми, насипають у попередньо змащену гліцерином герметичну металеву форму. Потім встановлюють форму в посудину з киплячою водою на 20 хв. Після цього форму охолоджують і виймають зразок.

Середню густина матеріалу визначають за методикою, наведеною в лабораторній роботі №2.

Відносну густина матеріалів обчислюють за формулою:

$$d = \frac{\rho_m}{\rho_B}$$

де  $\rho_m$  – середня густина матеріалу, г/см<sup>3</sup>;

$\rho_B$  – густина води, приймається рівною 1 г/см<sup>3</sup>.

Коефіцієнт теплопровідності визначаємо за формулою:

$$\lambda = 1.16\sqrt{0.0196 + 0.22d^2} - 0.16$$

де  $d$  – відносна густина матеріалу.

Всі визначені та розрахункові дані заносять до таблиці 13.2.

Таблиця 13.2

#### Визначення середньої густини та коефіцієнта теплопровідності пінополістиролу

Назва матеріалу	Розміри, м	Об'єм, V, м <sup>3</sup>	Маса, m, кг	Середня густина, $\rho_m$ , кг/м <sup>3</sup>	Відносна густина, d	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda$ , Вт/(м·К)
Пінополістирол						

**Висновок** повинен містити класифікаційні ознаки пінополістиролу щодо його належності до певної групи будівельних матеріалів за середньою густиною та коефіцієнтом теплопровідності.

#### 13.3. Визначення оптимальних режимів зварювання полімерних плівок

**Матеріали:** зразки плівок поліетиленових, полівінілхлоридних, поліпропіленових розмірами 300x50 мм товщиною вибірково 40, 50, 100, 120, 150, 180, 200 мк, термостійкі прокладки целофанові або тефлонові розмірами 400x100 мм.

**Прилади:** прилад термоелектрозварювальний «Молния».

### Порядок виконання роботи

За допомогою термоелектрозварювального приладу «Молния» протягом різного часу (вибірково 1,5; 3,0; 3,5; 8,0; 10,0; 15,0 с) проводять зварювання плівок внапуск. Для цього кладуть між нагрітими елементами приладу плівки з термостійкими прокладками, встановлюють режим зварювання та виготовляють шов, притискаючи рухомий елемент приладу.

Після цього візуально перевіряють однорідність зварного шву та заносять в таблиці 13.3 опис вад зварного шву (напливи, розриви, зсуви, несущільність, неоднорідність).

Таблиця 13.3

#### Режими зварювання та вади зварних швів плівок

№ пор.	Тип плівки	Товщина, мк	Тривалість витримки, с	Наявність вад зварного шву
1	Поліетиленова			
2	Полівінілхлоридна			
3	Поліпропіленова			

**Висновок** повинен містити параметри виготовлення якісного зварного шву при зварюванні різних видів плівок.

### 13.4. Виготовлення ізолюючої поліуретанової піни

**Матеріали:** поліізоціанат марки Д, гліцерин, дибутилфталат, вода, папір фільтрувальний.

**Прилади:** стакан хімічний, циліндр мірний, стакан пластиковий циліндричний, паличка скляна, ніж, лінійка, ваги аналітичні.

### Порядок виконання роботи

За допомогою циліндра мірного відмірюють 15 мл гліцерину і 10 мл гарячої води, які змішують в хімічному стакані. Циліндр мірний насухо протирають фільтрувальним папером і відмірюють 25 мл поліізоціанату та 5 мл дибутилфталату, які змішують сухою чистою скляною паличкою в пластиковому стакані. Об'єми компонентів заносять до таблиці 13.4 і підраховують загальний початковий об'єм  $V_{\text{поч}}$ . Суміш гліцерину з водою вливають до пластикового стакану та швидко перемішують скляною паличкою до початку піноутворення. Після затвердіння піни ножом розрізають стакан і виймають зразок пінополіуретану.

Визначають масу, розміри та об'єм зразка. Середню густину матеріалу  $\rho_m$  (кг/м<sup>3</sup>), відносну густину  $d$ , коефіцієнт теплопровідності  $\lambda$ . (Вт/м·К) визначають за формулами, наведеними в лабораторній роботі №1. За формулою розраховують коефіцієнт спучування  $K_{\text{сп}}$  (безрозмірна величина).

$$K_{сп} = \frac{V}{V_{поч}}$$

Всі визначені та розрахункові дані заносять до таблиці 13.4 та 13.5.

Таблиця 13.4

**Склад та характеристики пінополіуретанової суміші до спучування**

Компоненти складу у кількості, мл				Об'єм суміші $V_{поч}$ , мл
Гліцерин	Гаряча вода	Поліізоціанат	Дибутилфталат	

Таблиця 13.5

**Визначення середньої густини, коефіцієнта теплопровідності та коефіцієнта спучування пінополіуретанової піни**

Назва матеріалу	Середні значення розмірів, м	Об'єм, $V$ , м <sup>3</sup>	Об'єм, $V_{поч}$ , м <sup>3</sup>	Маса, $m$ , кг	Середня густина, $\rho_m$ , кг/м <sup>3</sup>	Відносна густина, $d$	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda$ , Вт/(м·К)	Коефіцієнт спучування
Пінополіуретан	Висота Діаметр							

**Висновок** повинен містити класифікаційні ознаки пінополіуретану щодо його належності до певної групи теплоізоляційних матеріалів за середньою густиною та коефіцієнтом теплопровідності.

**13.5. Вивчення номенклатури, властивостей, технології виготовлення та особливостей застосування полімерних будівельних матеріалів**

**Матеріали:** зразки виробів із полімерних будівельних матеріалів.

**Порядок виконання роботи**

Проводять вивчення натурних зразків полімерних будівельних матеріалів (у кількості за вибором викладача) та вносять до таблиці 13.6 відповідні дані щодо складу, експлуатаційних характеристик, технології виготовлення та особливостей застосування цих матеріалів.

Таблиця 13.6

**Склад, структура, характеристики та технології виготовлення полімерних будівельних матеріалів**

Класифікаційні групи	Найменування матеріалу, виробу	Основні компоненти	Технологія виготовлення	Властивості	Особливості застосування
<b>Конструкційні матеріали</b>					
Штучні	Оболонки				
	Тришарові панелі				
Листові	Базальто- та склопластики				
	Склотекстоліт				
	Неорганічні скло- та базальтопластики				
Погонажні	Скло- та базальтопластикові арматура				
	Стрижні скловолонисті				
	Конструкційні склопластикові профілі				
	Підвіконня пластикові				
Об'ємно-формовані	Полімербетони				
	Бетонополімери				
<b>Опоряджувальні матеріали</b>					
Штучні	Полістирольні плитки				
	Поліпропіленові плитки				
	Полівінілхлоридні плитки				
	Плитки для стелі				
Листові	Декоративний паперово-шаруватий пластик				
	Полістирольні листи				
	Декоративний склопластик				
	Штучний шпон				

Класифікаційні групи	Найменування матеріалу, виробу	Основні компоненти	Технологія виготовлення	Властивості	Особливості застосування
<b>Матеріали для покриття підлог</b>					
Рулонні	Лінолеум				
	Релін				
	Килимове покриття				
Штучні	Плитки для підлог				
	Листові покриття				
Мастикові	Наливне покриття				
<b>Гідроізоляційні, покрівельні та герметизуючі матеріали</b>					
Рулонні	Поліетиленова плівка				
	Мембрани				
	Обклеювальні плівки				
Мастикові	Гідроізоляційні мастики				
	Герметики				
Погонажні	Пористі прокладки				
	Профільовані ущільнювачі				
Рідкі	Поверхнево-просочуючі гідрофобізуючі композиції				
	Об'ємно-просочуючі та ін'єкційні органічні та органо-мінеральні композиції для гідроізоляції фундаментів та закріплення ґрунтів				

Класифікаційні групи	Найменування матеріалу, виробу	Основні компоненти	Технологія виготовлення	Властивості	Особливості застосування
<b>Теплоізоляційні матеріали</b>					
Штучні	Пінополістирольні плити				
	Сотопласти				
Сипкі	Гранульований пінополістирол				
Рідкі	Пінополіуретанова піна				
Об'ємно-формовані	Пінополістиролбетон				
<b>Полімерні матеріали загальнотехнічного призначення</b>					
Погонажні	Труби полімерні				
	Труби полімерні з теплоізоляційним поліуретановим шаром				
	Труби з органічного скла				
	Склопластикові труби				
	Металопластикові труби				
Штучні	Великогабаритні вироби (ванни та ін.)				
Рідкі	Клеї на основі термопластичних полімерів				
	Клеї на основі термореактивних полімерів				

**Висновок** повинен містити обґрунтування технічної доцільності використання полімерних будівельних матеріалів у будівництві та інших галузях промисловості, порівняльну оцінку ефективності з іншими будівельними матеріалами (2-3 порівняння за вибором викладача).

## ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

### Короткі відомості

*Теплоізоляційними* називають неорганічні, органічні та органо-мінеральні матеріали і вироби, призначені для ізоляції теплових потоків через огорожувальні конструкції будівель і споруд, а також для ізоляції технологічного обладнання та агрегатів, трубопроводів, холодильних установок.

У будівництві застосування теплоізоляційних матеріалів дозволяє зменшити товщину огорожувальних конструкцій, знизити витрати основних будівельних матеріалів, зменшити вагу конструкцій та їхню вартість та істотно знизити витрати тепла в експлуатаційний період.

Теплоізоляційні матеріали повинні відповідати таким вимогам:

- коефіцієнт теплопровідності при температурі 25<sup>0</sup>С – не більше 0,175 Вт/(м·К);
- середня густина – не більше 500 кг/м<sup>3</sup> (матеріали з густиною понад 500 кг/м<sup>3</sup> використовують з урахуванням їхньої несучої здатності, як теплоізоляційно-конструкційні);
- стабільність фізико-механічних та теплотехнічних характеристик;
- відсутність виділення токсичних речовин і пилу понад гранично допустимі концентрації.

Теплоізоляційні матеріали класифікують за видом вихідної сировини, за формою (і зовнішнім виглядом), структурою, густиною, жорсткістю (відносно деформацією при стиску) або міцністю при 10% деформації, теплопровідністю, займистістю (горючістю), граничною температурою застосування та за вмістом зв'язуючої речовини.

За видом вихідної сировини такі матеріали поділяють на органічні, неорганічні та органо-мінеральні (змішані або комбінованого типу). Вироби, виготовлені з суміші органічної й неорганічної сировини, відносять до неорганічних, якщо кількість неорганічної сировини у суміші перевищує 50% за масою.

За формою (і зовнішнім виглядом) матеріали поділяються на роздрібні вироби пласкі (плити, блоки, цегла, мати, волок) та фасонні (циліндри, напівциліндри, сегменти), шнурові (шнури, джгути), пухкі і сипкі матеріали (вата мінеральна, базальтове супертонке волокно, спучений перліт і вермикуліт).

За структурою матеріали бувають волокнистими, ніздрюватими (чарунковими) і зернистими (сипкими).

За густиною матеріали поділяються на марки. Поза межами вимог стандарту до класифікації виділяють матеріали особливо низької густини (15...75 кг/м<sup>3</sup>), низької густини (100...175 кг/м<sup>3</sup>), середньої густини (200...350 кг/м<sup>3</sup>), щільні (400...600 кг/м<sup>3</sup>).

Залежно від деформації під дією навантаження теплоізоляційні матеріали поділяють за жорсткістю на м'які, напівжорсткі, жорсткі, підвищеної жорсткості, тверді.

За теплопровідністю при 25°C матеріали і вироби класифікують поза межами вимог стандарту до класифікації на класи: А (низька теплопровідність) –  $\lambda < 0,06$  Вт/(м·К); Б (середня теплопровідність) –  $\lambda = 0,06 \dots 0,115$  Вт/(м·К); В (підвищена теплопровідність) –  $\lambda = 0,115 \dots 0,175$  Вт/(м·К). Теплопровідність матеріалів, що експлуатуються до 200°C, нормується при 25°C, що експлуатуються до і зверх 500°C – при 125°C та 300°C, відповідно. За займистістю (горючістю) теплоізоляційні матеріали поділяються на негорючі, важко горючі та горючі.

За граничною температурою застосування теплоізоляційні матеріали поділяються на пластмаси (органічні), що застосовуються переважно при 60-180 °С, неорганічні волокнисті (до 600-700 °С), ніздрюваті бетони (400-700 °С), зернисті, такі як перліт та вермикуліт (до 900 °С), волокнисті вогнетривкі, такі як муллітокремнеземні вироби (до 900-1200 °С).

За вмістом зв'язуючої речовини матеріали й вироби підрозділяють на вміщуючі зв'язуючу речовину та невміщуючі зв'язуючу речовину.

**Метою роботи** є вивчення характеристик теплоізоляційних матеріалів, аналіз ефективності їх застосування і визначення необхідної товщини теплоізоляції огороджувальних конструкцій.

### ***Нормативне забезпечення***

1. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель.
2. ДСТУ Б В.2.7-38-95. Матеріали і вироби теплоізоляційні. Методи випробувань.
3. ДСТУ Б ГОСТ 16381:2011 Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Класифікація і загальні технічні вимоги

### **5.1. Визначення середньої густини та коефіцієнта теплопровідності теплоізоляційних матеріалів**

**Матеріали:** різновиди теплоізоляційних матеріалів.

**Прилади:** металева лінійка або штангенциркуль, технічні ваги.

### ***Порядок виконання роботи***

Середню густину теплоізоляційних матеріалів визначають згідно з методикою, наведеною в лабораторній роботі №2, та заносять до таблиці 14.1.

Коефіцієнт теплопровідності розраховують за формулою проф. В.П. Некрасова (методика наведена в лабораторній роботі №4), одержані дані заносять до таблиці 14.1.

Користуючись довідковими даними, інформацію занести до таблиці 14.1.



Таблиця 14.1

## Характеристика теплоізоляційних матеріалів

№ п/п	Назва матеріалу	Структура та склад матеріалу	Основні експлуатаційні характеристики							Технологія виготовлення; застосування матеріалу
			середня густина		теплопровід- ність		жорсткість	гранична темпера- тура експлуа- тації, °С	горю- чість	
			$\rho_m$ , кг/м <sup>3</sup>	марка	$\lambda$ , Вт/(м·К)	клас	група			
1	Мінераловатна плита									
2	Піноскло									
3	Ніздрюватий бетон									
4	Перлітобентоні- това цегла									
5	Сиоблок									
6	Пінополістирол (екструзійний)									
7	Пінополіуретан									
8	Пінополістирол- бетон									
9	Відбивна теплоізоляція (пінофол)									

**Висновок** повинен містити порівняння ефективності використання різних видів теплоізоляційних матеріалів.

## АКУСТИЧНІ МАТЕРІАЛИ

### Короткі відомості

Акустичними називають матеріали, здатні поглинати звукову енергію, а також знижувати рівень потужності звуків, що проходять крізь них і виникають як у повітрі, так і в матеріалі огорожувальних конструкцій.

За призначенням акустичні матеріали поділяють на звукоізоляційні, що застосовуються для послаблення ударного шуму при проходженні звукових хвиль через конструкцію, та звукопоглинальні – для гасіння повітряного шуму при розповсюдженні звукових хвиль всередині приміщення. Перші використовують в звукопоглинальних конструкціях (підвісні стелі, облицювання стін приміщень) з метою зменшення інтенсивності відбивного шуму в промислових і громадських приміщеннях. Другі застосовують в якості пружних прокладок в конструкціях міжповерхових перекриттів з плаваючою підлогою з метою зниження рівня шуму, що передається на нижні поверхи.

Звукопоглинальні матеріали і вироби поділяють:

- за формою: штучні (блоки, плити), рулонні (мати, полосові прокладки, полотна), пухкі (вата мінеральна і скляна) і сипкі (пісок, керамзит, доменний шлак тощо).
- за структурною ознакою: пористо-волокнисті (мінеральна і скляна вата), пористо-ніздрюваті (ніздрюватий бетон, перліт), пористо-губчасті (пінопласт, гума);
- за спалимістю: спалимі, важкоспалимі, неспалимі.

Властивості звукопоглинальних матеріалів і виробів характеризуються ревербераційним коефіцієнтом звукопоглинання –  $\alpha$ , який визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{E_{\text{погл}}}{E_{\text{пад}}},$$

де  $E_{\text{погл}}$  – поглинута поверхнею матеріалу енергія;

$E_{\text{пад}}$  – загальна кількість енергії, що падає на поверхню.

Класифікація звукопоглинальних властивостей здійснюється з урахуванням розподілу діапазону частот на три піддіапазони (табл.15.1).

Таблиця 15.1

#### Піддіапазони частот для визначення звукопоглинальних властивостей

Піддіапазон	Позначення піддіапазонів	Середньгеометричні частоти, Гц
Низькочастотний	Н	100, 125, 160, 200, 250, 315
Середньочастотний	С	400, 500, 630, 800, 1000, 1250
Високочастотний	В	1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000

За ефективністю звукопоглинання матеріали і вироби поділяються на три класи для кожного піддіапазону:

1 клас –  $\alpha \geq 0,81$ ;      2 клас -  $0,41 \leq \alpha \leq 0,8$ ;      3 клас -  $0,21 \leq \alpha \leq 0,4$ .

Загалом, до звукопоглинальних відносять матеріали, які мають коефіцієнт звукопоглинання  $\alpha \geq 0,4$  при частоті 1000 Гц.

Звукоізоляційні властивості матеріалів оцінюють за значеннями статичного і динамічного модулів пружності, які характеризують зв'язок між напруженням і деформацією матеріалів та різницею рівнів звуку з обох боків огорожувальної конструкції, який визначається у децибелах (дБ).

Відповідно до будівельних норм встановлена норма звукоізоляції міжквартирних стін і перекриттів, яка відповідає значенню  $R_w = 52$  дБ.

Необхідну звукоізоляцію забезпечують застосуванням шаруватих систем з повітряними зазорами, які рекомендується заповнювати пористими звукопоглинаючими матеріалами з динамічним модулем пружності меншим ніж у матеріалів жорстких шарів.

Звукоізоляційні матеріали в будівельних конструкціях знаходяться у вільному (в стінах, перегородках, стелях) і навантаженому станах (прокладки під підлоги, ущільнювачі в стінах та ін.). Від цього суттєво залежить динамічний модуль пружності  $E_d$ , який при ударному навантаженні 0,002 МПа для звукоізоляційних матеріалів не повинен перевищувати, МПа:

- для штучних виробів – 5;
- для зернистих – 15.

До звукоізоляційних матеріалів і виробів відносять:

- скловолокнисті вироби з безперервного скляного волокна діаметром 10...30 мкм з  $\rho_m = 50...150$  кг/м<sup>3</sup>;
- деревноволокнисті плити з  $\rho_m = 200...250$  кг/м<sup>3</sup>;
- прокладки з губчастої гуми і еластичних полімерів з  $\rho_m = 300...750$  кг/м<sup>3</sup>;
- шлак крупністю до 15 мм з  $\rho_m = 500...800$  кг/м<sup>3</sup>;
- прожарений пісок з  $\rho_m = 1300...1500$  кг/м<sup>3</sup>.

**Мета роботи:** вивчення та аналіз властивостей звукопоглинальних і звукоізоляційних матеріалів.

### **Нормативне забезпечення**

1. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму
2. ДСТУ Б В.2.7-184:2009 Будівельні матеріали. Матеріали звукоізоляційні і звукопоглинальні. Методи випробувань
3. ДСТУ Б В.2.7-183:2009 Будівельні матеріали. Матеріали та вироби будівельні звукопоглинальні і звукоізоляційні. Класифікація й загальні технічні вимоги

## 15.1. Звукопоглинальні матеріали і вироби

**Матеріали:** зразки звукопоглинальних матеріалів.

### *Порядок виконання роботи*

Відповідно до державних стандартів і довідкових даних навести характеристики звукопоглинальних виробів в таблиці 15.2.

Таблиця 15.2

### Технічні характеристики звукопоглинальних виробів

Вид виробу (розмір, мм)	Структура	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт звукопоглинання, $\alpha$ при 1000 Гц	Клас за спалимістю	Клас за звукопоглинанням
Плити мінераловатні на синтетичному звязуючому (500x500x20)					
Плити акмігран (акмініт) (300x300x20)					
Мати з базальтового супертонкого волокна					
Плити акустичні гіпсові (600x600x30, 40)					
Плити акустичні «силакпор»					
Плити фібролітові					

**Висновок:** дати порівняльний аналіз розглянутих матеріалів та визначити найбільш ефективні з них.

## 15.2 Звукоізоляційні матеріали і вироби

**Матеріали:** зразки звукоізоляційних матеріалів.

### *Порядок виконання роботи*

Характеристики наведених вище матеріалів і виробів заносять до таблиці 15.3.

## Технічні характеристики звукоізоляційних виробів

Вид виробу (розмір, мм)	Тип структури	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Динамічний модуль пружності, МПа	Галузі застосування

**Висновок:** дати порівняльний аналіз розглянутих матеріалів, визначити найбільш ефективні з них та навести доцільні галузі застосування.

## Лабораторна робота № 16

## ВИПРОБУВАННЯ ДЕРЕВИНИ

## Короткі відомості

*Деревина* – природний органічний матеріал, якість якого залежить від породи дерева, умов його росту і наявності тих чи інших дефектів, тому міцність та інші показники деревини коливаються в широких межах. Показники її якості значно змінюються при зміні вологості. Анізотропна будова деревини зумовлює неоднакові її механічні, теплотехнічні та інші властивості в різних напрямках, що необхідно враховувати при проектуванні дерев'яних конструкцій.

Вона використовується в сучасному будівництві у вигляді клеєних дерев'яних, фанерних і комбінованих конструкцій, виробів із деревних плит і панельних конструкцій заводського виготовлення, а також матеріалів на базі відходів деревини: ДСП, ДВП, фіброліту і арболіту.

Випробування деревини проводять на чистих зразках, які вирізають з ділянок деревини, позбавлених вад (сучків, гнилі тощо).

Відбирання і підготовку зразків до випробування виконують відповідно до ГОСТ 16483.0. З навчальною метою при проведенні лабораторної роботи приймається мінімальна кількість зразків для кожного випробування – три.

**Метою роботи** є вивчення методів випробувань та оцінка якості деревини.

## Нормативне забезпечення

1. ДСТУ EN 408:2007 Лісоматеріали конструкційні. Конструкційна та клеєна шарувата деревина. Визначення деяких фізичних та механічних властивостей
2. ДСТУ Б В.2.6-150:2010 Конструкції будинків і споруд. Деталі профільні з деревини і деревинних матеріалів для будівництва. Технічні умови

## 16.1. Визначення вологості

**Матеріали:** зразки деревини розмірами 20x20x30 мм.

**Прилади:** ваги з похибкою зважування не більше 0,01 г; бюкси з притертими кришками; ексікатор; сушильна шафа; безводний хлорид кальцію.

### Порядок виконання роботи

Зразки деревини очищують від пилу, кладуть у попередньо зважені бюкси, зважують їх з похибкою не більше 0,01 г і визначають масу вологого зразка.

Після цього знімають кришку бюкси і вміщують у сушильну шафу. Висушують зразок деревини при температурі  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  до сталої маси, що визначається контрольними зважуваннями. Зразки м'яких порід деревини зважують через 6 год після початку сушіння, твердих – через 10 год. Далі зважування проводять через 2 год. Висушування вважається закінченим, коли різниця між результатами останніх двох зважувань не перевищує 0,01 г. Зразки зі смолистої деревини хвойних порід не рекомендується сушити більше 20 год.

Накривши в сушильній шафі бюксу кришкою, її переносять в ексікатор, в нижню частину якого вміщують безводний хлорид кальцію. Зразок ставлять на сітку у верхній частині ексікатора, де він охолоджується до кімнатної температури. Вологість зразка визначають з точністю до 0,1% за формулою:

$$W_M = \frac{m_{\text{вл}} - m_c}{m_c - m} \cdot 100\%$$

де  $m$ ,  $m_{\text{вл}}$ ,  $m_c$  – маса бокса відповідно порожнього, з вологим зразком, з висушеним зразком.

Вологість зразків деревини визначають як середнє арифметичне результатів випробування трьох зразків. Результати випробувань заносять до таблиці 16.1.

Таблиця 16.1

### Визначення вологості деревини

Порода деревини	Номер зразка	Маса зразків, г		Вологість деревини, мас., %
		вологого	висушеного	
Сосна	1			
	2			
	3			
	Середнє значення			

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

## 16.2. Визначення середньої густини

Згідно з нормативними вимогами передбачено визначення середньої густини деревини при вологості в момент випробування; висушеної до постійної маси; при рівноважній вологості з оточуючим середовищем; базисної вологості.

**Матеріали:** зразки деревини розмірами 20x20x30 мм.

**Прилади:** штангенциркуль; ваги аналітичні з похибкою зважування не більше 0,01 г.

### Порядок виконання роботи

Середню густину зразків деревини визначають *при вологості* в момент випробування. Зважують зразки з похибкою не більше 0,01 г і визначають їх розміри з похибкою не більше 0,1 мм.

Середню густину кожного зразка при вологості  $W$  в момент випробування визначають за формулою:

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}$$

$m_w$  – маса зразка при вологості  $W$ , кг;

$V_w$  – об'єм зразка при вологості  $W$ , м<sup>3</sup>

Результати обчислень округляють до 5 кг/м<sup>3</sup>.

Оскільки середня густина деревини залежить від вологості, отримані результати приводять до стандартної вологості 12%. Для цього масу зразків зважують з похибкою не більше 0,01 г. Середню густину кожного зразка при вологості 12% обчислюють за формулою:

$$\rho_{12} = \rho_w \left[ 1 - \frac{(1 - K)(W - 12)}{100} \right]$$

де  $K$  – коефіцієнт об'ємного розбухання. Для орієнтовних розрахунків коефіцієнт  $K = 0,85 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_w$ .

**Висновок:** отримані дані потрібно порівняти з даними, наведеними в довідковій літературі (з урахуванням породи деревини).

## 16.3. Визначення границі міцності при стиску вздовж волокон

**Матеріали:** зразки деревини з основою 20x20 мм і довжиною вздовж волокон 30 мм.

**Прилади:** машина випробувальна (прес) з похибкою вимірювання навантаження не більше 1%; штангенциркуль з похибкою вимірювання не більше 0,1 мм.

### Порядок виконання роботи

Перед випробуванням визначають розміри зразка з точністю до 0,1 мм, потім встановлюють його на опорну плиту преса за схемою (рис. 16.1).

Навантаження на зразок передають рівномірно, зі швидкістю 40 кН за хвилину. Відхилення від вказаної швидкості допускається не більше  $\pm 25\%$ .

Границю міцності під час стиску при даній вологості в момент випробування визначають за формулою

$$R_{ст(W)} = \frac{P}{F}$$

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

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

Обчислення виконують з округленнями до 0,5 МПа.

Визначене значення границі міцності при стиску (МПа) необхідно привести до вологості 12% за формулою:  $R_{ст(12)} = R_{ст(W)} [1 + \alpha (W - 12)]$

де  $W$  – вологість зразка в момент випробування, %;

$\alpha$  – коефіцієнт зниження міцності деревини при збільшенні її вологості на 1%, для всіх порід становить 0,04.

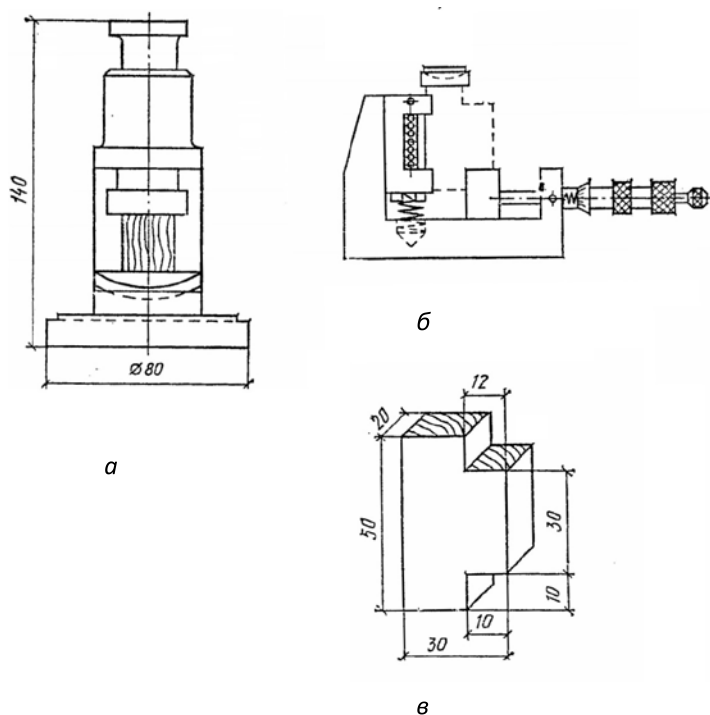


Рис. 16.1. Схеми механічних випробувань деревини:  
а – на міцність при стиску вздовж волокон; б – на міцність при сколюванні вздовж волокон, в – вид зразка для випробування на міцність при сколюванні вздовж волокон.

Результати випробувань заносять до таблиці 16.2.



## Визначення міцності деревини при стиску вздовж волокон

№ зразка	Порода деревини	Площа зразка, $F$ , см <sup>2</sup> (м <sup>2</sup> )	Руйнівне зусилля, $P$ , кгс (МН)	Вологість, $W$ , %	Границя міцності при стиску, МПа	
					$R_{cm(W)}$	$R_{cm(12)}$
1						
2						
3						
Середні значення:						

**Висновок** повинен містити порівняння показників міцності деревини вздовж волокон з довідковими даними.

## 16.4. Визначення границі міцності при сколюванні вздовж волокон

**Матеріали:** зразки деревини, розміри яких наведені на рис.16.1(в).

**Прилади:** машина випробувальна (прес) з похибкою вимірювання навантаження не більше 1%; пристосування для випробування; штангенциркуль з похибкою вимірювання не більше 0,1 мм.

**Порядок виконання роботи**

Вимірюють ширину і довжину площини сколювання штангенциркулем з похибкою не більше 0,1 мм. Встановлюють зразок у допоміжне пристосування, ставлять його на опорну плиту преса і підводять рухому опору до контакту зі зразком. Навантажують зразок рівномірно, зі швидкістю 40 кН за хвилину. Відхилення від вказаної швидкості повинно бути в межах  $\pm 25\%$ . Руйнівне навантаження вимірюють з похибкою не більше 1%. Після випробування визначають вологість деревини.

Границю міцності при сколюванні вздовж волокон визначають за формулою, наведеною в п.16.3:

Границю міцності при даній вологості кожного зразка (МПа) необхідно перерахувати на вологість  $W = 12\%$  за формулою:

$$R_{\tau(12)} = R_{\tau(W)} [1 + \beta(W - 12)],$$

Де  $R_{\tau(W)}$  – границя міцності деревини з вологістю в момент випробування, МПа;

$\beta$  – коефіцієнт зниження міцності деревини на стиск при сколюванні за рахунок вологості, що дорівнює 0,03 для всіх порід;

$W$  – вологість зразка деревини в момент випробування, %.

Результати випробувань заносять до таблиці 16.3.

Таблиця 16.3

## Визначення границі міцності при сколюванні вздовж волокон

№ зразка	Порода деревини	Розміри площини, мм		Площа сколювання, $F$ , мм <sup>2</sup>	Руйнівне навантаження, $P$ , Н	Вологість, $W$ , %	Границя міцності при сколюванні, МПа	
		$b$	$l$				$R_{\tau(w)}$	$R_{\tau(12)}$
1								
2								
3								
Середнє значення:								

**Висновок** повинен містити порівняння отриманих даних з даними довідкової літератури та раціональні галузі використання виробів з деревини.

## ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЖАРОСТІЙКОГО БЕТОНУ

### Короткі відомості

Жаростійкий бетон відноситься до спеціальних видів бетону, який здатний зберігати в заданих межах основні фізико-технічні і термо-механічні властивості при тривалій дії високих температур.

Жаростійкі бетони можуть бути особливо важкими, важкими, легкими або полегшеними, ніздрюватими. Їх отримують на основі як гідралічних, так і повітряних в'язучих речовин: портландцементу з тонкомеленими домішками, шлакопортландцементу, глиноземистого і високоглиноземистого цементів, рідинного скла з отверджувачем, фосфатної зв'язуючої речовини, лужного цементу.

В якості тонкомелених добавок, дрібного та крупного заповнювачів застосовують матеріали, які мають сталі характеристики в умовах високих температур: керамзитовий гравій, аглопоритовий щебінь, вермикуліт, шамот, муллiт, кварцит та інші.

Головними характеристиками жаростійкого бетону є :

- середня густина;
- міцність на стиск:  
*марочна* – після твердіння в пректному віці; *контрольна* – після сушіння при  $t = 105...110^{\circ}\text{C}$ ; залишкова – після нагрівання при  $t = 800^{\circ}\text{C}$  (за цим показником встановлені класи:  $B_1...B_{40}$ , для яких границя міцності при стиску знаходиться в межах  $0,8...50$  МПа);
- максимально-допустима температура застосування, яка визначається за показником  $4...40\%$  деформації зразка за умов сталого навантаження  $0,2$  МПа (за цим показником жаростійкі бетони поділяють на класи: ИЗ-И18, температура застосування яких знаходиться в межах  $t=300...1800^{\circ}\text{C}$ );
- термічна стійкість – здатність витримувати градієнт температур ( $t=20^{\circ}\text{C}$  [повітря або вода] –  $t=800^{\circ}\text{C}$ ) (за цим показником встановлені класи:  $T_{15}...T_{140}$ , тобто від 5 до 40 водних термозмін або  $T_{25}-T_{225}$ , тобто від 5 до 25 повітряних термозмін);
- вогнева усадка, яка визначає збільшення (+) або зменшення (-) розмірів зразків бетону за умови нагрівання до максимально допустимої температури застосування.

**Метою роботи** є вивчення методів випробування жаростійких бетонів.

## Нормативне забезпечення

1. ДСТУ Б В.2.7-249:2011 Бетони жаростійкі. Технічні умови

### 17.1 Визначення середньої густини

**Матеріали:** для виготовлення зразків жаростійкого бетону беруть матеріали згідно з табл. 7.1, перераховані на 1 лабораторний заміс.

**Прилади:** форма металева з розмірами 7,07x7,07x7,07 см; кельма металева; ваги лабораторні з похибкою зважування до 10 г; камера нормально-вологого твердіння; віброплощадка (частота обертів – 3000 об/хв. амплітуда коливань – 0,35 мм); лінійка металева; металева посудина для приготування розчинів та бетонної суміші; шафа сушильна; піч муфельна; гідравлічний прес, прилад для визначення усадки з індикатором годинникового типу.

### Порядок виконання роботи

Перед початком виготовлення зразків закріплюють на віброплощадку підготовлені металеві форми. Компоненти жаростійкого бетону, складу якого наведені в таблиці 17.1, зважують з точністю до 10 г і висипають у посудину в такому порядку: спочатку дрібний та крупний заповнювачі, ретельно перемішують протягом 2-3 хвилин, потім додають в'язучу речовину та тонкомелену добавку і теж перемішують до утворення однорідної суміші.

Таблиця 17.1

### Склади жаростійких бетонів (витрати кг/м<sup>3</sup>)

Вихідні матеріали	В'язуча речовина		
	на рідинному склі	на портланд-цементі	на глиноземистому цементі
Рідинне скло, $\rho = 1,35 \text{ г/см}^3$ ; $\eta = 2,8 - 3,0$	<u>380</u> 0,56*	-	-
Отверджувач $\text{Na}_2\text{SiF}_6$	<u>38</u> 0,04*	-	-
Тонкомелена шамотна добавка	<u>400</u> 0,42*	<u>150</u> 0,22*	-
Портландцемент	-	<u>400</u> 0,59*	-
Глиноземистий цемент	-	-	<u>420</u> 0,02*

Закінчення табл. 17.1

Вихідні матеріали	В'язуча речовина		
	на рідинному склі	на портланд-цементі	на глиноземистому цементі
Шамотний заповнювач:			
- фракція 0-5 мм (дрібний)	<u>890</u> 1,25*	<u>920</u> 1,30*	<u>920</u> 1,30*
- фракція 5-20 мм (крупний)	<u>750</u> 1,05*	<u>730</u> 1,02*	<u>730</u> 1,02*
Вода	-	<u>190...220</u> 0,28...0,33*	<u>210-245</u> 0,31...0,36*

\*Примітка: в знаменнику наведені витрати матеріалів на лабораторний заміс

При застосуванні в якості отверджувача рідинного скла кремнефториду натрію  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  рідину необхідно ретельно перемішувати до отримання однорідної суміші. Суху суміш в'язучої речовини змішують з розчинною частиною – водою або рідинним склом. Для цього в сухій суміші роблять заглиблення і заливають рідину, витримують протягом 30 с для її повного всмоктування. Отриману суміш перемішують до досягнення однорідної консистенції.

Попередньо змащену металеву форму заповнюють бетонною сумішшю з невеликим надлишком, включають віброплощадку і формують зразки, додаючи за необхідності суміш. Надлишок суміші знімають металевим ножом. Відформовані зразки витримують у формах певний час залежно від використаного типу в'язучого (повітряного чи гідравлічного типу). Для набору марочної міцності жаростійкий бетон на рідинному склі витримують у повітряно-сухих умовах ( $t=18+2^\circ\text{C}$ ,  $W<45\%$ ) протягом 3 діб; бетон на гідравлічній в'язучій речовині – у нормально-вологих умовах ( $t=18+2^\circ\text{C}$ ,  $W=90-100\%$ ), на основі портландцементу – 7 діб, на основі глиноземистого цементу – 3 доби.

Після набору марочної міцності зразки зважують і визначають середню густину згідно з методикою, наведеною в лабораторній роботі №1. Результати заносять до таблиці 17.2.

Таблиця 17.2

### Середня густина жаростійкого бетону

№ зразка	Вид жаростійкого бетону	Маса зразка, $m$ , кг	Об'єм зразка, $V$ , $\text{м}^3$	Середня густина; $\rho_m$ , $\text{кг}/\text{м}^3$

## 17.2. Визначення міцності жаростійкого бетону

**Матеріали:** зразки жаростійкого бетону, виготовлені згідно п.17.1

**Прилади:** лінійка металева, піч муфельна, гідравлічний прес.

### Порядок виконання роботи

Для визначення *марочної міцності* зразків жаростійкого бетону їх випробовують на гідравлічному пресі згідно з методикою, наведеною в лабораторній роботі №1. Перед випробуванням визначають розміри затверділих зразків-кубів за допомогою металевої лінійки. Потім кожний з трьох зразків встановлюють на нижню пластину преса по центру, на перетині діагоналей. Прес навантажують зі швидкістю не більше 50 кгс/сек, значення руйнівного навантаження заносять до таблиці 17.3. Міцність кожного зразка визначають за формулою.

$$R_{cm} = K \cdot P_{руйнівне} / F \cdot 10 (\text{МПа})$$

де,  $R_{cm}$  – міцність на стиск жаростійкого бетону, МПа;

$P_{руйнівне}$  – руйнівне навантаження, кгс;

$F$  – площа поперечного перерізу, см<sup>2</sup>;

$K$  – масштабний коефіцієнт, який враховує розмір зразка,  $K=0,85$ .

Для визначення *контрольної міцності* жаростійкого бетону три зразки, у яких попередньо визначена середня густина, висушують у сушильній шафі при температурі  $t=105...110^{\circ}\text{C}$  протягом 48 годин. Після цього вимірюють їх розміри та визначають границю міцності при стиску. Результати записують у таблицю 17.3.

*Залишкову міцність* визначають наступним чином. Три зразки висушують до сталої маси, після цього ставлять у муфельну піч і нагрівають із швидкістю  $50^{\circ}\text{C}/\text{год}$  до температури  $t=800^{\circ}\text{C}$ , витримують 4 години і вимикають піч. Зразок, охолоджений разом із піччю, випробують на стиск на гідравлічному пресі, залишкову міцність визначають за формулою:

$$R_{ст} = R^{800} / R^{100} (\%),$$

де  $R^{800}$  – міцність на стиск, після нагріву до  $t=800^{\circ}\text{C}$ , МПа;

$R^{100}$  – контрольна міцність, МПа.

Отримані результати заносять до таблиці 17.3.

## Міцність на стиск жаростійкого бетону

Міцність на стиск	Руйнівне навантаження, кгс/см <sup>2</sup>	Площа зразка, см <sup>2</sup>	Міцність на стиск, МПа
<i>Марочна міцність, МПа:</i> 1 зразок 2 зразок 3 зразок середнє арифметичне			
<i>Контрольна міцність, МПа:</i> 1 зразок 2 зразок 3 зразок середнє арифметичне			
<i>Залишкова міцність, %</i> 1 зразок 2 зразок 3 зразок Середнє арифметичне			

## 17.3 Визначення усадки жаростійкого бетону

**Матеріали:** зразки жаростійкого бетону, виготовлені згідно з п.7.1

**Прилади:** ваги лабораторні з похибкою зважування до 10 г; лінійка металева, шафа сушильна; піч муфельна; прилад для визначення усадки з індикатором годинникового типу.

**Порядок виконання роботи**

Три зразки-куби жаростійкого бетону розмірами 7,07x7,07x7,07 см витримують до набору марочної міцності, потім визначають їх розміри на приладі для визначення усадки з індикатором годинникового типу на трьох взаємно перпендикулярних поверхнях, результати записують у таблицю 17.4.

Зразки вміщують у муфельну піч і нагрівають до максимально допустимої температури зі швидкістю 200°С/год, охолоджують разом із піччю. Після цього вимірюють розміри на приладі.

Лінійні деформації усадки (-) або розширення (+)  $E$  визначають за формулою:

$$E = 100 \cdot (L_2 - L_1) / L_1(\%),$$

де:  $L_1$  – середнє значення довжини зразка після твердіння, мм;  $L_2$  – те саме після нагріву до максимальної температури, мм;

Результати заносять до таблиці 17.4.

Таблиця 17.4

### Визначення усадки жаростійкого бетону

Вид бетону	№ зразка	L <sub>1</sub> , мм	L <sub>2</sub> , мм	E, %
	1			
	2			
	3			
	середнє арифметичне			

**Висновок.** За результатами проведених дослідів треба визначити клас жаростійкого бетону та області його застосування.

### Лабораторна робота №18

## ВИПРОБУВАННЯ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

### Короткі відомості

Асфальтовий бетон – це штучний композиційний матеріал, який складений з раціонально підбраної суміші органічної в'язучої речовини (бітуму), мінерального порошку (вапняк, доломіт та інші карбонатні кам'яні породи), дрібного (фр. 0-5 мм) та крупного заповнювачів (фр. 5-40 мм).

За призначенням асфальтобетони поділяють на: дорожні, аеродромні, гідротехнічні та промислові (для влаштування покрівель і підлог промислових споруд).

За технологічними ознаками асфальтобетони поділяють на: “гарячі” (вихідні компоненти нагрівають до температур 140...180°C, а укладають при температурі не нижче 120°C); “теплі” (вихідні компоненти нагрівають до температур 90...130°C, а укладають при температурах 60...110°C) та “холодні” (вихідні компоненти нагрівають до температур 80...110°C, а укладають при температурах 5...40°C). До “холодних” відносять асфальтобетонні суміші на основі бітумних емульсій. Вимоги до основних технічних характеристик асфальтобетону за ДСТУ Б В.2.7-119-2003 наведені в таблиці 18.1.

Таблиця 18.1

### Технічні характеристики асфальтобетону

Властивості асфальтобетону	Показник
Істинна густина, г/см <sup>3</sup>	2,0...2,3
Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	1600...1800
Міцність на стиск, МПа, залежно від температури, °C:	
20	2,2...2,5
50	0,8...0,9
0	9,0...13,0
Водонасичення за масою, %, не більше	1,0...2,0



**Мета роботи:** вивчення методів визначення основних технічних характеристик асфальтобетону.

### **Нормативне забезпечення**

1. ДСТУ Б В.2.7-119-2003. Асфальтобетон. Суміші асфальтобетонні дорожні та аеродромні. Технічні умови.
2. ДСТУ Б В.2.7-89-99. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань.

### **18.1 Виготовлення зразків асфальтобетону**

**Матеріали:** нафтові бітуми різних марок (БНД-40/60, БНД-60/90, БНД-90/130, БН-60/90, БНД-90/130); мінеральний порошок – тонкомелений вапняк або доломіт; дрібний заповнювач – річковий пісок із модулем крупності  $M_k=1,5$ ; крупний заповнювач – гравій або щебінь фракцій 5...10, 5...15, 10...20 мм; папір фільтрувальний, гас, машинне мастило, клаптик тканини.

**Прилади:** посудина для розігрівання бітуму, піску, мінерального порошку, крупного заповнювача, шпатель, сушильна шафа, форма металева циліндрична діаметром 50,5 мм, ваги лабораторні, ваги для гідростатичного зважування, плитка електрична, ексікатор, гідравлічний прес, циліндр для видавлювання зразків, секундомір, рукавиці теплозахисні.

### **Порядок виконання роботи**

Спочатку висушують та нагрівають компоненти асфальтобетону залежно від різновиду в'язучої речовини і типу асфальтобетону, який приймають за таблицею 18.2.

Таблиця 18.2

### **Температура нагріву асфальтобетонних сумішей**

Різнавид суміші	Марка в'язучої речовини	Температура, °C		
		мінерального порошку	в'язучої речовини при приготуванні суміші	суміші при виготовленні зразків
“Гарячі”	БНД-40/60, БНД-60/90, БНД-90/130, БН-60/90, БНД-90/130	150...170	130...150	140...160
“Теплі”	БНД-200/300, БНД-130/200, БН-200/300, БН-130/200	120...140	100...120	110...130

Кількість компонентів, що використовуються для отримання асфальтобетонних сумішей, приймають за даними таблиці 18.3.

Таблиця 18.3

### Склад асфальтобетонних сумішей

Найменування компонента	Склад №1	Склад №2	Склад №3
Бітум, г	10	15	20
Мінеральний порошок (вапняк), г	50	60	70
Пісок річковий, г	150	170	190
Щебінь (гравій) фракції 5...10 мм, г	50	60	70

Зважені та нагріті компоненти (табл. 18.2) виймають з електричної шафи і висипають у форму для змішування. Ретельно змішують сухі компоненти, після чого додають розігрітий бітум і знову ретельно перемішують. Змішування компонентів вважається закінченим за умови рівномірного покриття органічною в'язучою речовиною зерен заповнювача. Форму і вкладиші (нижній та верхній) протирають тканиною, змащеною машинним маслом. Вкладиші попередньо нагрівають до температури 60...100°C. Спочатку вставляють нижній вкладиш, на нього кладуть фільтрувальний папір, після чого шпателем заповнюють циліндр форми.

Після заповнення форми кладуть фільтрувальний папір, встановлюють верхній вкладиш і ставлять форму на плиту преса. Верхню плиту преса опускають до слабкого торкання з верхнім вкладишем і після цього стискають із зусиллям: 5, 8, 15 тонн. Через 3 хв навантаження знімають, а зразок видавлюють із форми за допомогою циліндра. Для випробування готують три циліндра, охолоджують їх у ексикаторі до температури 25°C, визначають середню густину, водопоглинання і міцність на стиск.

### 18.2. Визначення середньої густини асфальтобетону

**Матеріали:** зразки-циліндри асфальтобетону, тканина, папір фільтрувальний, гас.

**Прилади:** сушильна шафа, ваги лабораторні, ваги для гідростатичного зважування, ексикатор, термометр, секундомір, рукавиці теплозахисні.

### Порядок виконання роботи

Три зразки-циліндри спочатку зважують у повітряних умовах, потім занурюють на 30 хв у воду з температурою 20±2°C. Після цього зразки

зважують у воді, витирають тканиною і знову зважують на повітрі. Середню густину визначають з точністю 0,01 г/см<sup>3</sup> за формулою:

$$\rho_m = \frac{g_0 \cdot \rho_b}{g_1 - g_2}$$

де  $g_0$  – маса зразка, зваженого на повітрі, г;  $g_1$  – маса зразка, зваженого у воді, г;  $g_2$  – маса зразка, зваженого після витримки у воді, г;  $\rho_b$  – істинна густина води, г/см<sup>3</sup>.

### 18.3. Визначення міцності на стиск

**Матеріали:** зразки-циліндри асфальтобетону, папір фільтрувальний, гас.

**Прилади:** сушильна шафа, морозильна камера, ваги лабораторні, ваги для гідростатичного зважування, плитка електрична, ексікатор, гідравлічний прес, циліндр для видавлювання зразків, рукавиці теплозахисні, халат або фартух.

#### Порядок виконання роботи

Попередньо зразки витримують 30 хв. при температурах: 50±2°C, 20±2°C і 0±2°C, а також проводять випробування на стиск за методикою, наведеною в лабораторній роботі №1. Руйнування зразка циліндра при температурах 20 і 50°C фіксується при втраті вертикалі циліндра, тобто при набуванні ним еліптичної форми. Величину міцності при стиску розраховують за формулою:

$$R_{cm} = \frac{0,1P}{F}$$

де  $P$  – руйнівне навантаження, кгс;  $F$  – площа поперечного перерізу, см<sup>2</sup>;

$R_{ст}$  – міцність при стиску, МПа.

Результати випробувань заносять до таблиці 18.4.

Таблиця 18.4

#### Властивості асфальтобетону

Маркування асфальтобетону	Маса, г			Середня густина	Істинна густина	Міцність при стиску при температурах											
	$g_0$	$g_1$	$g_2$			0°C			25°C			50°C					
						$P$ , кгс	$F$ , см <sup>2</sup>	$R_{ст}$ , МПа	$P$ , кгс	$F$ , см <sup>2</sup>	$R_{ст}$ , МПа	$P$ , кгс	$F$ , см <sup>2</sup>	$R_{ст}$ , МПа			

**Висновок** повинен містити обґрунтований вибір раціональних галузей застосування асфальтобетону згідно з основними характеристиками, визначеними в лабораторній роботі, а також пояснення впливу температури на фізико-механічні властивості асфальтобетону.

Навчальне видання

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ  
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

(Частина 2)

Укладачі:

**ШЕПТУН** Сергій Юрійович  
**МАРЧЕНКО** Михайло Валентинович  
**ПЕТРОВ** Анатолій Миколайович  
**ГАСАНОВ** Аліяр Баларза огли  
**КУСКОВ** Микита Андрійович

Формат 60x84\16. Гарнітура Times New Roman  
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.

Ум. друк. арк. 2,2

Наклад 30 пр.

Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44