МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ СТІНОВИХ, ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ ТА ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»
спеціалізації «Новітні технології та дизайн сучасних стінових
та оздоблювальних матеріалів»

Київ 2024

УДК 691.58
О-75

Укладачі: І. І. Руденко, д-р техн. наук, професор;
О. Ю. Бердник, канд. техн. наук, доцент;
О. Г. Гелевера, канд. техн. наук, доцент;
О. П. Константиновський, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Н. О. Амеліна, канд. тех. наук, доцент

Затверджено на засіданні кафедри технології будівельних конструкцій і виробів, протокол № 3 від 4 вересня 2023 року.

В авторській редакції.

Основи технології хімічних виробництв стінових,
О-75 оздоблювальних та захисних матеріалів : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / І. І. Руденко та ін. – Київ : КНУБА, 2024. – 44 с.

Розглянуто тематику, методики і вказівки до виконання лабораторних робіт.

Призначено для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації «Новітні технології та дизайн сучасних стінових та оздоблювальних матеріалів».

© КНУБА, 2024

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ……. 4

1. *Лабораторна робота № 1.*
ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЛІМЕРСИЛІКАТНИХ ЗАХИСНО-ДЕКОРАТИВНИХ ФАРБ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОКРИТТІВ НА ЇХНІЙ ОСНОВІ 5

2. *Лабораторна робота № 2.*
ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІНЕРАЛЬНОЇ ВАТИ ……..... 9

3. *Лабораторна робота № 3.*
ПІДГОТОВКА СИРОВИННИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ …… 14

4. *Лабораторна робота №.4.*
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ПІДБІР СКЛАДУ ПІНОБЕТОНУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ВЛАСТИВОСТЕЙ ……..……. 19

5. *Лабораторна робота № 5.*
ОДЕРЖАННЯ ШЛАКОЛУЖНОГО ПІНОБЕТОНУ, ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРІВНЯНО З ПІНОБЕТОНОМ НА ОСНОВІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ ……. 24

6. *Лабораторна робота № 6.*
ВПЛИВ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ПРОЦЕС ГАЗОВИДІЛЕННЯ В ГАЗОБЕТОННИХ СУМІШАХ ……..... 26

7. *Лабораторна робота № 7.*
РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ПІДБІР СКЛАДУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГКОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНУ ЩІЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ……..... 30

8. *Лабораторна робота № 8.*
РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ПІДБІР СКЛАДУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЕРАМЗИТОБЕТОНУ ПОРИЗОВАНОЇ СТРУКТУРИ …….. 33

9. *Лабораторна робота № 9.*
РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ПІДБІР СКЛАДУ КРУПНОПОРИСТОГО БЕТОНУ (ЗА СПОСОБОМ Г.А. БУЖЕВИЧА) 36

СПИСОК ОСНОВНОЇ РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ……... 40

ДОДАТОК А. ……..... 42

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Лабораторні роботи відповідають робочій програмі курсу «Основи технології хімічних виробництв стінових, оздоблювальних та захисних матеріалів».

Мета виконання лабораторних робіт – закріплення теоретичних знань, одержаних на лекціях та під час самостійної роботи, а також набуття навичок щодо одержання опоряджувальних і теплоізоляційних матеріалів, визначення їхніх властивостей, проведення експериментальних робіт, використання лабораторного обладнання і вимірювальної техніки. Лабораторна робота має такі розділи:

– мета та завдання роботи;

– необхідне обладнання і матеріали;

– вихідні дані;

– хід виконання роботи;

– висновки.

Розділи «Вихідні дані», «Хід виконання роботи» і «Висновки», крім основної частини, повинні включати фактичні дані як вихідні, так і одержані розрахунковим чи експериментальним шляхом, подані в графічній або табличній формі.

За результатами виконання лабораторних робіт студенти оформлюють протоколи проведених досліджень. Приймання лабораторних робіт здійснюється шляхом проведення індивідуальної співбесіди студента з викладачем.

Лабораторна робота № І.

ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЛІМЕРСИЛІКАТНИХ ЗАХИСНО-ДЕКОРАТИВНИХ ФАРБ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОКРИТТІВ НА ЇХНІЙ ОСНОВІ

(Тривалість виконання – 4 год)

Мета роботи – освоїти технологію виготовлення полімерсилікатних фарб та визначити основні фізико-механічні характеристики фарб та покриттів на їхній основі.

Завдання роботи – приготувати полімерсилікатну фарбу; визначити основні фізико-механічні властивості фарби (покривність, тривалість висихання); нанести фарбу на підкладки і визначити фізико-механічні характеристики покриття на її основі (адгезію до бетону, водопоглинання, водостійкість).

Необхідне обладнання: скляні пластини (90×120×2 мм), бетонні підкладки (40 х 10 х 160 мм), металеві пластини (65×2,5×1,4 мм), шахівниця, технічні ваги, скляні мікрокульки, розмірами від 100 до 180 мкм, папір, волосяна кисть, гума, твердістю 30…40 ум. од., товщиною (5±1) мм, дерев'яна дошка, розмірами не менш 20×25 см, гирі, масою 20 і 200 г, секундомір, склянка, ємності з водою, бритва, лупа (×4), фарфорова ступка.

Вихідні дані: кожна бригада виготовляє фарбу, зазначену викладачем, згідно з даними, наведеними у табл.1.1 та 1.2; досліджує властивості фарби та властивості покриття на її основі з наступним узагальненням отриманих результатів усією групою.

Таблиця 1.1

Вихідні компоненти для приготування полімерних фарб

Водна дисперсія полімеру (ВДП)	Мінеральний компонент	Пігмент
ПВАД Латекс синтетичний	Гідросилікат кальцію	Охра Ультрамарин Фталоціаніновий синій сурик

Таблиця 1.2

Співвідношення компонентів фарби

Концентрація ВДП залежно від ваги мінерального компоненту, мас. %	Кількість пігменту залежно від маси мінерального компоненту, мас. %
10	2,5
20	2,5
30	2,5

Порядок виконання роботи

1. Фарбу готують стандартним перетиранням від дозованих компонентів у фарфоровій ступці до одержання однорідної маси.

2. Для *визначення покривності* фарби використовують візуальний метод із використанням чорно-білої шахової дошки (рис. 1.1), суть якого полягає в нанесенні фарби на скляну пластину доти, доки чорні та білі квадрати на шаховій дошці, яка підкладена під скляну пластину, будуть непомітні.

На скляну пластину (90×120×1,4 мм) наносять шар фарби, поміщають пластину на шахову дошку і спостерігають за тим, чи просвічуються чорні квадрати шахової дошки. Якщо квадрати просвічуються, то фарбу наносять шар за шаром доти, доки різниця між квадратами не зникне. Після повного покриття пофарбовану пластину зважують на технічних вагах.

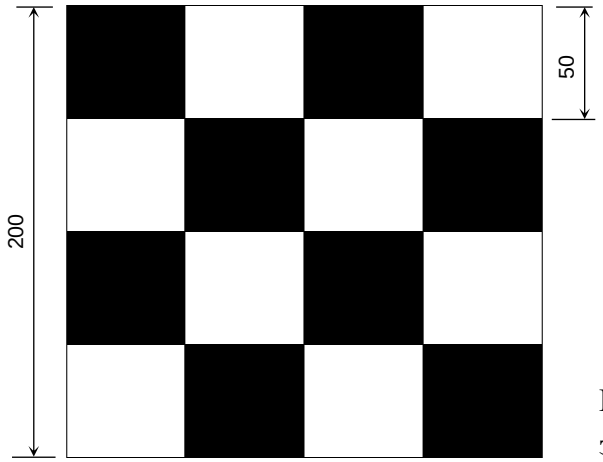

Рис.1.1. Шахова дошка для визначення покривності

Покривність фарби визначають її кількістю, витраченою на пофарбування 1 м^2 поверхні й розраховують за формулою:

$$П = \frac{D \cdot 100}{X},\ г/см^2, \qquad (1.1)$$

де $D = \frac{(m_1 - m_0) \cdot 10^6}{S}$; m_1 – маса скляної пластини з фарбою, г; m_0 – маса нефарбованої скляної пластини, г; S – площа скляної пластини, мм^2; X – вміст нелетких речовин у фарбі при робочій в’язкості, %.

За результат випробування беруть середнє арифметичне трьох паралельних визначень.

3. Визначення *тривалості висихання* полягає у визначенні часу, впродовж якого шар фарби перетворюється на плівку з необхідним ступенем висихання.

На скляні пластини наносять фарбу і включають секундомір. Пластини витримують доти, доки під час легкого дотику пальця до шару матеріалу не зникне липкість фарби. Після цього на горизонтально розташовану пластину зі склянки насипають мікрокульки з висоти 10…13 см так, щоб вони утворили на поверхні плівки рівномірний шар. Через (60±2) с пофарбовану пластину нахиляють під кутом 20 °С і обережно змітають мікрокульки м'якою волосяною щіткою. Якщо кульки легко видаляються і при огляді не виявлено ушкоджень, то покриття досягло ступеня висихання 1. Час від нанесення покриття до досягнення ступеня висихання 1 фіксують.

На ділянку покриття, що знаходиться на відстані 1…2 см від краю пластини, кладуть паперовий і на нього гумовий диски. На середину гумового диска встановлюють гирю, масою 20 г, і витримують упродовж (60±2) с. Потім гирю і гумовий диск знімають, а пластину ребром вільно кидають на дерев'яну дошку з висоти 2…3 см. Якщо при цьому паперовий диск відпаде, то покриття досягло ступеня висихання 2 і можна приступати до визначення ступеня висихання 3, що проводять аналогічно, але із застосуванням гирі, масою 200 г. Коли буде досягнуто ступеня висихання 3, після видалення паперового диска, на покритті не повинно лишатися сліду.

За результат випробувань беруть середнє арифметичне значення визначень на трьох паралельних пластинах. Ступінь висихання вважається досягнутим, якщо з трьох паралельних визначень два відповідають характеристиці даного ступеня висихання. Результати випробувань заносять у таблицю.

4. *Водопоглинання* покриття визначають на скляних пластинах або бетонних підкладках. Для запобігання проникненню вологи через не пофарбовані поверхні бетонної пластини, їх покривають сумішшю воску з каніфоллю. Після 48-годинного твердіння покриття пластини зважують і занурюють у воду. Через добу їх виймають, висушують фільтрувальним папером і зважують. Далі визначають водовбирання за формулою (1.2):

$$W = \frac{(m_2 - m_1)\cdot 100}{m_1 - m_0}; \qquad (1.2)$$

де m_2, m_1, m_0 – маса пластини, відповідно, з покриттям після випробування, з покриттям до випробування і чистої.

5. Визначення *водостійкості* покриття полягає у витримуванні металевих пластин із покриттям у воді упродовж певного проміжку часу з подальшим визначенням зміни зовнішнього вигляду. Пластини з покриттям через 48 год після нанесення фарби поміщають у воду і витримують у ній 48 год. Стан покриття визначають за допомогою лупи, перед оглядом зразки висушують фільтрувальним папером. Оглядаючи, фіксують: зовнішній вигляд покриття, колір, блиск, наявність і розмір міхурів, відшарування. Для визначення корозії плівку в двох місцях (площа кожної ділянки 1 см^2) відділяють бритвою від підкладки і фіксують стан металу під плівкою.

Використовуючи дані дод. А, визначають стан покриття та категорію якості.

Результати випробувань заносять у табл.1.3 та табл.1.5.

Таблиця 1.3

Результати огляду, оцінка стану, категорія якості покриттів до та після випробувань

№ з/п	Склад фарби	Огляд	колір	міхури		відшарування		стан металу під плівкою	Оцінка стану і категорія якості покриття
				площа, %	розміри, мм	площа, %	розміри, мм		
1.		до випробувань							
		через 48 год							

6. *Адгезію* покриття до підкладка вивчають на зразках з фарбою, яка тверділа 48 год у повітряно-сухих умовах. На поверхні покриття скальпелем або бритвою роблять не менше 5 паралельних надрізів до підкладки на відстані 2 мм один від одного. Стільки ж аналогічних надрізів роблять перпендикулярно першим. На покритті утворюється решітка з чарунками однакового розміру. Після нанесення решітки поверхню покриття очищають щіткою від шматочків плівки, що

відшарувались, і за станом надрізів оцінюють адгезію за чотирибальною шкалою (табл. 1.4).

За результат випробування беруть середнє значення бала, одержаного під час випробування не менше двох паралельних зразків на трьох ділянках поверхні кожного.

Таблиця 1.4

Шкала оцінки адгезії покриття до підкладка

Опис поверхні покриття після нанесення надрізів у вигляді решітки	**Бал**
Кромки надрізів рівні, клаптиків, які відшарувались від покриття, не спостерігається	1
Незначне відшарування покриття у вигляді крапок вздовж лінії надрізів або в місцях їхнього перетину	2
Відшарування покриття вздовж лінії надрізів або смуг (до 35% поверхні з кожної решітки)	3
Повне або часткове відшарування покриття смугами або квадратами вздовж лінії надрізів (до 35% поверхні з кожної решітки)	4

Таблиця 1.5

Результати дослідження фарб та покриттів на їх основі

№ з/п	**Склад фарби**	**Покривність, г/м^2**	**Тривалість висихання до ступеня висихання, хв**			**Водовбирання, %**	**Оцінка стану і категорія якості покриття після дослідження на водостійкість**	**Адгезія, бали**
			1	**2**	**3**			

Висновки

Одержані в роботі дані заносять до табл.1.5, порівнюють їх між собою, після чого роблять висновок про якість виготовлених сумішей.

Лабораторна робота № 2.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ

ВЛАСТИВОСТЕЙ МІНЕРАЛЬНОЇ ВАТИ

(Тривалість виконання – 2 год)

Мета роботи – вивчити основні властивості мінеральної вати.

Завдання роботи – визначити властивості мінеральної вати (вологість; об'ємна маса; середній діаметр волокон; наявність «корольків», розміром більше 0,25 мм; наявність бітумів та масел; коефіцієнт теплопровідності).

Необхідне обладнання і матеріали: мінеральна вата; технічні ваги; сушильна шафа; об'ємометр; лінійка; мікроскоп; настільна лампа; пінцет; предметні скельця; фарфорова ступка; гумовий товкачик; гумова груша; сито № 25; чайна ложка; муфельна піч; щипці; прилад «Плаский бікалориметр ПБ-63».

Вихідні дані: робота може виконуватися однією бригадою студентів у повному обсязі чи декількома бригадами, що виконують її окремими частини, з наступним узагальненням отриманих результатів усією групою.

Порядок виконання роботи

1. *Вологість* мінеральної вати визначають шляхом висушування навіски вати (масою 10 г) до постійної маси в сушильній шафі за температури (105±5) °С і обчислюють за формулою:

$$W = \frac{G_1 - G}{G} \cdot 100, \% \qquad (2.1)$$

де G_1 – вага вати до випробувань; G – вага вати, висушеної до постійної маси.

2. *Середню густину* мінеральної вати визначають у щільному стані під навантаженням 0,002 МПа. Для цього використовують прилад, схему якого зображено на рис. 2.1.

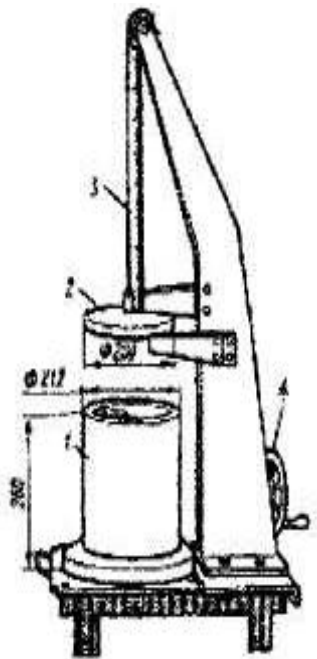

Рис. 2.1. Схема приладу для визначення середньої густини мінеральної вати:

1 – металевий циліндр; *2* – металевий диск; *3* – стрижень зі шкалою; *4* – піднімальний механізм

На вагах зважують 0,5 кг мінеральної вати. Навіску укладають шарами в циліндричну посудину приладу, зверху на вату кладуть металевий диск, вагою 7 кг, що відповідає тиску 0,002 МПа. Під навантаженням вату утримують 5 хв. Висоту стиснутого шару вати визначають металевою лінійкою або за шкалою приладу, а потім обчислюють об'єм ущільненої вати. Середню густину мінеральної вати під навантаженням 0,002 МПа обчислюють за формулою:

$$\gamma_o = \frac{G}{V \cdot (1 + 0{,}01 \cdot W)},\ кг/м^3, \qquad (2.2)$$

де G – вага вати (G = 0,5 кг); V – об'єм вати під навантаженням 0,002 МПа, $м^3$; W – вологість вати, %.

Середню густину мінеральної вати обчислюють як середнє арифметичне результатів трьох випробувань.

За даними середньої густини встановлюють марку мінеральної вати.

3. *Діаметр волокна* мінеральної вати визначають за допомогою мікроскопа з окулярмікрометром. На предметні скельця тонким шаром вмішують зразки вати. Використовуючи окуляр, ціна поділки якого відома, вимірюють діаметри волокон. Середній діаметр волокна вати підраховують як середню арифметичну величину діаметрів не менше трьох волокон у кожній із трьох проб мінеральної вати.

4. Визначення *вмісту «корольків»*. «Корольки» – скловидні включення у формі кульок, гантелей та ін. Для визначення наявності та вмісту «корольків» на технічних вагах зважують 5 г мінеральної вати з точністю до 0,01 г. Зважену пробу розтирають гумовим товкачем у фарфоровій ступі.

Подрібнені волокна вати видаляють струмом повітря (за допомогою гумової груші), «корольки» просіюють крізь сито з отворами 0,25 мм, залишок на ситі зважують. Вміст «корольків» визначають за формулою:

$$G = \frac{G_1}{G} \cdot 100,\ \%, \qquad (2.3)$$

де G_1 – вага «корольків», розміром більше 0,25 мм; G – вага вати, взятої на випробування (G = 5 г).

5. Для визначення наявності *бітуму і мінеральних масел* зразок мінеральної вати, вагою 5 г, прожарюють у муфельній печі за температури 450 °С до повного вигоряння бітуму та масел. Після прожарювання навіску знову зважують. Вміст бітуму і масел підраховують за формулою:

$$Б = \frac{G - G_1}{G_1} \cdot 100, \%, \qquad (2.4)$$

де G і G_1 – вага вати, відповідно, до і після прожарювання, г.

6. *Коефіцієнт теплопровідності* мінеральної вати визначають за допомогою плаского бікалориметра ПБ-63 (рис. 2.2).

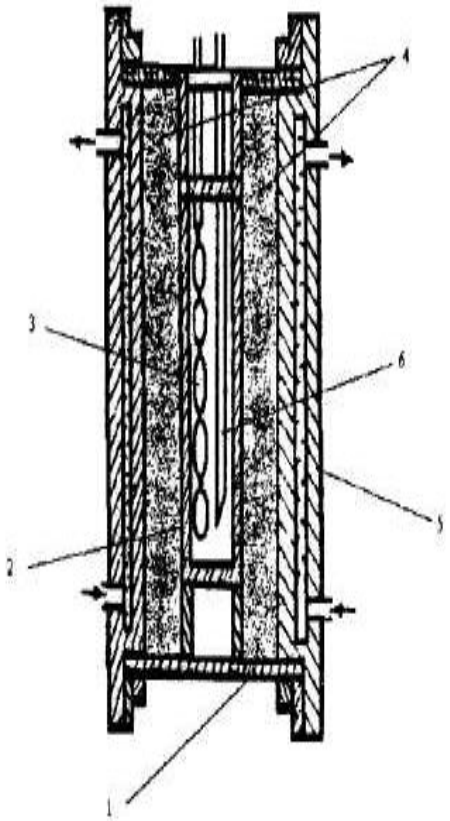

Рис. 2.2. Схема плаского бікалориметра ПБ-63:
1 – корпус; *2* – сердечник; *3* – нагрівач; *4* – зразки мінеральної вати; *5* – охолоджуючі блоки; *6* – батарея диференційних термопар

Випробування проводять у такий спосіб: з корпусу знімають металеві охолоджувальні блоки. Вільну порожнину заповнюють мінеральною ватою, потім установлюють охолоджувальні блоки. Після укладання зразка мінеральної вати вмикають термостат, що слугує для охолодження блоків проточною водою. Одночасно підключають до електромережі нагрівач сердечника, який нагрівають на 20…30 °С вище за температуру оточуючого середовища. Досягнувши заданої температури,

нагрівач відключають і сердечник охолоджується. Після зменшення температури на 15…20 °С записують спадаючі показники гальванометра (8…10 показників). За цими даними визначають темп охолодження матеріалу.

Коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати визначають за формулою:

$$\lambda = \frac{\delta}{R - R_0}, \tag{2.5}$$

де δ – товщина зразка, м; R – тепловий опір зразка, м$^2\cdot^o$С/Вт; R_0 – перехідний тепловий опір між дотичними поверхнями ($R_0 = 4{,}5\cdot10^{-8}$ м$^2\cdot^o$С/Вт).

Тепловий опір знаходять за формулою:

$$R = \frac{10^{-3}}{14{,}1\cdot f\cdot\left(\frac{m}{Б} - 0{,}89\cdot10^{-4}\right)}, \tag{2.6}$$

де f – фактор розсіювання теплового потоку, що обчислюють за емпіричною формулою:

$$f = 0{,}4 + \frac{0{,}6}{(1+1{,}67\cdot\delta)^2}, \tag{2.7}$$

m – темп охолодження, що визначається з експерименту;

$Б$ – безрозмірний параметр, що розраховують за формулою:

$$Б = \frac{1}{(1+2{,}34\cdot10^{-5}\cdot\delta\cdot c\cdot\gamma)}, \tag{2.8}$$

де c – питома теплоємкість зразка, Дж/(кг·^{o}С); γ – середня густина, кг/м^3.

Таблиця 2.1

Основні фізико-механічні характеристики мінеральної вати

Вологість, %	**Середня густина, кг/м^3**	**Середній діаметр волокна, мк**	**Вміст «корольків», %**	**Вміст бітумів і масел, %**	**Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)**

Висновки

Отримані в ході виконання лабораторної роботи результати випробувань заносять до табл. 2.1 і роблять висновок про марку мінеральної вати.

Лабораторна робота № 3.

ПІДГОТОВКА СИРОВИННИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ

(Тривалість виконання – 4 год)

Мета роботи – ознайомитись з методикою приготування піно-, газоутворювачів і сухих компонентів для одержання ніздрюватих бетонів.

Завдання – підготувати піноутворювачі: клеєканіфольний, смолосапоніновий, гідролізовану кров, КІСК; визначити властивості піни; приготувати водно-алюмінієву суспензію; визначити питому поверхню кремнеземного компоненту.

Необхідне обладнання і матеріали: кістковий клей, їдкий натр, каніфоль, технічна боєнська кров, сірчанокисле залізо, хлористий алюміній, алюмінієва пудра, ПАК-3, ПАК-4, мильний корінь, пінозбивач, прилад ЦНІПС-І, чашка, мірні циліндри, ваги технічні, електроплитка, прилад ПСХ-2, ексикатор, сушильна шафа.

Вихідні дані: для виконання роботи в повному обсязі кожна бригада одержує самостійне завдання, наведене в табл. 3.1.

Порядок виконання роботи

1. Виготовлення смолосапонінового піноутворювача.

Подрібнений корінь (попередньо замочений у воді на 48 год у співвідношенні 1:10) кип’ятять до одержання смоляного екстракту з густиною не менше 1,01 г/см^3. У цьому смоляному екстракті замочують нову партію кореня до одержання рідини, густиною 1,02 г/см^3. Для одержання робочого розчину концентрований піноутворювач розводять водою в співвідношенні 1:6.

Таблиця 3.1

Види робіт для кожної бригади

Номер бригади	Види роботи
1	Виготовлення клеєканіфольного піноутворювача

2	Виготовлення смолосапонінового піноутворювача
3	Виготовлення піноутворювача КІСК
4	Виготовлення піноутворювача ПК
5	Визначення основних властивостей піни: кратність, вихід, стійкість
6	Виготовлення водно-алюмінієвої суспензії
7	Визначення питомої поверхні молотого піску

2. Виготовлення піноутворювача ПК.

Готують 20-відсотковий розчин їдкого натру (один літр розчину містить 200 г сухого NaOH).

До 2 кг крові боєн додають 200 г 20-відсоткового розчину NaOH. Отриманий лужний розчин крові нагрівають до температури 80…90 °С і витримують за цієї температури впродовж 2 год.

Гідролізовану кров нейтралізують шляхом додавання до неї 54 г хлористого алюмінію (витрата хлористого алюмінію складає 1,35 г на 1 г сухого їдкого натру, який був витрачений для гідролізу крові, тобто 40·1,35 = 54 г).

Готують 15-відсотковий розчин сірчанокислого заліза в охолодженій до 40…50 °С кип’яченій воді (на кожні 850 $см^3$ води беруть 150 г сірчаного заліза).

Перед використанням охолоджену гідролізовану кров змішують з 15-відсотковим розчином сірчаного заліза в співвідношенні 1:0,3 за об’ємом. Для одержання піни високої якості піноутворювач змішують із водою в піномішалці в співвідношенні 1:12 за об’ємом.

3. Виготовлення клеєканіфольного піноутворювача.

50 г клею замочують у воді на 24 год у співвідношенні 1:1 за вагою. Після замочування суміш нагрівають до 40…45 °С і витримують за цієї температури впродовж 1,5…2 год до повного розчинення клею.

До 150 мл кип’яченого розчину їдкого натру (на 1 л води – 166 г їдкого натру) додають під час постійного перемішування 250 г подрібненої каніфолі з розміром часток до 5 мм. Одержану суміш кип’ятять впродовж 1,5…2 год до повного розчинення каніфолі. У разі необхідності на заміну випаруваної у процесі кип’ятіння додають гарячу воду (70…80 °С). Одержана маса характеризується однорідним кольором і відсутністю включень у вигляді колючок і крупинок.

Клейовий розчин невеликими порціями додають у каніфольне мило в співвідношенні 1:0,7 за вагою і ретельно перемішують.

Для одержання робочого розчину концентрований піноутворювач розбавляють водою в співвідношенні 1:5 за об’ємом.

4. Виготовлення піноутворювача КІСК.

У лопатеву мішалку засипають 17 г клею і додають 1 л води з температурою (30…35) °С. Суміш перемішують до повного розчинення клею.

До суміші додають 10 г каніфолі й перемішують упродовж 20…25 хв.

Для одержання розчину робочої концентрації піноутворювач розбавляють водою в співвідношенні 1:9 за об’ємом.

5. Визначення фізико-механічних характеристик піни.

У пінозбивач завантажують 350 см^3 розчину піноутворювача робочої концентрації і збивають упродовж 5…6 хв до одержання піни. Піну вивантажують у завчасно зважену 10-літрову ємність і визначають її об’єм та масу.

Вихід піни (кратність) визначають за формулою:

$$B = \frac{V_1}{V}, \tag{3.1}$$

де V_1 – об’єм піни, визначений в десятилітровій посудині, см^3; V – об’єм розчину піноутворювача робочої концентрації (V = 350 см^3).

Вихід пор визначають за формулою:

$$K = \frac{V_1}{G}, \tag{3.2}$$

де V_1 – об’єм піни, л; G – маса піни, кг.

Стійкість піни визначають на приладі ЦНІПС-1 (рис. 3.1), що складається зі скляної посудини та трубки, на кінці якої знаходиться кран. Трубка має шкалу для вимірювання відходів рідини в кубічних сантиметрах.

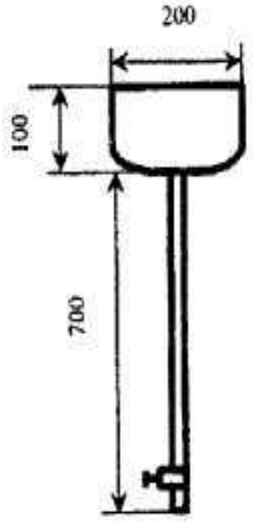

Рис. 3.1. Схема приладу для визначення стійкості піни

Стійкість піни характеризується:

– часом із моменту одержання піни і до початку відокремлення рідини;

– кількістю рідини, що відділилась упродовж 1 год, $см^3$.

6. Виготовлення водно-алюмінієвої суспензії.

Змішують 1 г алюмінієвого порошку з 10…15 г води. Для депарафінізації пудри та кращого її змішування з водою додають 5%, від маси пудри, поверхнево-активної речовини (каніфольне мило і т.п.).

7. Визначення питомої поверхні меленого піску.

Питому поверхню кремнеземистого компоненту визначають за допомогою приладу ПСХ-2, схема якого наведена на рис. 3.2. Питому поверхню можна визначати також і за допомогою приладу Блейна, бо принцип дії приладів ПСХ-2 і Блейна однаковий.

Матеріал висушують до постійної маси за температури (105±5) °С і охолоджують до кімнатної температури в ексикаторі. Пробу матеріалу зважують з точністю до 0,01 г. Кількість матеріалу беруть із співвідношенням $P = 3{,}33 \cdot \rho$, де ρ – густина матеріалу, що випробують.

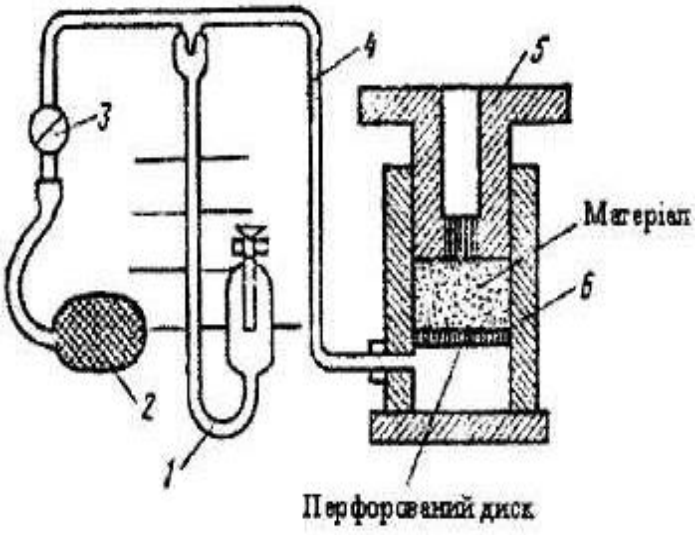

Рис. 3.2. Схема приладу ПСХ-2:

1 – манометр; *2* – гумова груша; *3* – кран; *4* – з'єднувальні скляні трубки; *5* – плунжер; *6* – кювета

На перфорований диск укладають фільтрувальний папір і висипають в кювету кремнеземистий компонент. Вирівнюють поверхню матеріалу,

накривають його фільтрувальним папером, ущільнюють порошок за допомогою плунжера, натискаючи на нього рукою.

За допомогою ноніуса на планці плунжера та шкали на поверхні кювети визначають висоту шару ущільненого матеріалу.

Після видалення плунжера з кювети відкривають кран і за допомогою груші створюють розрідження під шаром матеріалу. Розрідження повинно бути таким, щоб рідина в манометрі піднялась до рівня верхньої колби.

Потім закривають кран і за допомогою секундоміра вимірюють час, упродовж якого меніск рідини манометра пройде між двома сусідніми рисками.

Питому поверхню матеріалу підраховують за формулою:

$$S_o = k \cdot \frac{M\sqrt{T}}{P}, \tag{3.4}$$

де k – стала приладу, надається в паспорті на прилад для кожної пари рисок; M – величина, яка залежить від висоти шару матеріалу і в'язкості повітря, визначається за формулою:

$$M = \left[0{,}14\sqrt{120} \cdot \frac{1}{L} \cdot (4{,}9L - 3{,}33)^{1{,}5} \sqrt{\frac{1}{\eta}} \right], \tag{3.5}$$

де L – висота шару ущільненого матеріалу, см; T – час, за який меніск рідини проходить між двома рисками манометра, с; P – маса проби матеріалу, г;
η – в'язкість повітря.

7. Отримані фізико-механічні характеристики піноутворювачів і значення питомої поверхні молотого кремнеземистого компоненту заносять до табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Результати випробувань фізико-механічних характеристик сировинних матеріалів для ніздрюватих бетонів

№ з/п	Матеріал	Вихід пор, л/кг	Кратність піни	Осідання піни через 1 год, мм	Кількість рідини, що відділилась упродовж 1 год, $см^3$	Питома поверхня меленого піску, $см^2/г$
1	Клеєканіфольний піноутворювач					
2	Смолосапоніновий піноутворювач					
3	Піноутворювач КІСК					
4	Піноутворювач ПК					
5	Мелений пісок					

Висновки

Одержані в ході виконання лабораторної роботи результати порівнюють з вимогами до матеріалів.

Лабораторна робота № 4.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ПІДБІР СКЛАДУ ПІНОБЕТОНУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ВЛАСТИВОСТЕЙ

(Тривалість виконання – 8 год)

Мета роботи – експериментальний підбір складу пінобетону.

Завдання – одержати пінобетон із заданою середньою густиною; визначити фізико-механічні характеристики пінобетону; скоригувати склад згідно з вихідними вимогами.

Необхідне обладнання: ваги технічні з гирями, сферична чаша з лопаткою, форми 7,07×7,07×7,07 см, піногазорозчиномішалка, пропарочна камера, мірний циліндр, віскозиметр Суттарда, сушильна шафа, гідравлічний прес, лінійка, ємності з водою.

Вихідні дані: кожна бригада виконує розрахунок складу пінобетону різної середньої густини (400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 $кг/м^3$) згідно з даними, наведеними в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вихідні дані для розрахунку складу пінобетону

Номер бригади	В’яжуче	Піноутворювач	Співвідношення в’яжучої речовини і кремнеземистого компоненту
1	портландцемент	клеєканіфольний, смолосапоніновий	1 :0,75
2	-"-	-"-	1:1
3	-"-	-"-	1 : 1,25
4	змішана в’яжуча речовина – портландцемент : вапно – 1:1	клеєканіфольний, гідролізована кров	1 :0,75
5	-"-	-"-	1 :1
6	-"-	-"-	1 : 1,25

Примітка. Як кремнеземистий компонент у роботі використовують молотий шлак.

Залежно від середньої густини пінобетону, згідно з даними табл.4.2, приймають текучість розчину.

Порядок виконання роботи

1. Визначення середньої густини цементно-шлакового розчину.

Зважують 400 г сухої суміші в’яжучого і молотого шлаку з врахуванням співвідношення кремнеземистого компоненту до в’яжучої речовини.

Таблиця 4.2

Залежність текучості від середньої густини пінобетону

Показник	Середня густина пінобетону, кг/м^3						
	400	500	600	700	800	900	1000
Текучість розчину, см	34	30	26	24	22	20	18

Суху суміш ретельно перемішують у сферичній чаші та додають відмірену кількість води. Упродовж 3…4 хв розчин перемішують вручну лопаткою, після чого вимірюють текучість розчину на віскозиметрі Суттарда. Ці операції повторюють з різною кількістю води до одержання необхідної текучості. Орієнтовні витрати води на 400 г суміші для одержання текучості (24±1) см складають 160…180 мл.

Визначають густину розчину з розрахунку на 1000 г сухої суміші, зачиненої необхідною кількістю води.

2. Визначення кратності піни.

Піну одержують збиванням 150 г робочого розчину піноутворювача в пінобетономішалці впродовж 5 хвилин.

Об'єм піни вимірюють мірним циліндром, місткістю 0,5 л, а масу визначають як різницю мас склянки з піною та порожньої склянки.

Кратність піни визначають за формулою

$$K = \frac{V_n}{P_n}, \tag{4.1}$$

де V_n – об'єм піни, л; P_n – маса піни, кг.

3. Пористість пінобетону визначають за формулою:

$$П_г = 1 - \frac{\gamma_c}{k_c}\left(W + \frac{B}{T}\right), \tag{4.2}$$

де γ_c – середня густина пінобетону, г/см^3; k_c – коефіцієнт збільшення маси у процесі твердіння за рахунок зв'язаної води, k_c = 1,1; W – питомий об'єм сухих компонентів, г/см^3, який визначається за формулою:

$$W = \frac{1 + B/T}{\gamma_р^{ф}} - B/T, \tag{4.3}$$

де $\gamma_p^{ф}$ – фактична густина розчину, г/см^3; В/Т – водо-тверде відношення.

4. Витрати піноутворювача на 1 м^3 (кг) визначають за формулою:

$$P_n = \frac{П_г}{\alpha K} \cdot V, \tag{4.4}$$

де K – кратність піни (не менше 15); α – коефіцієнт використання піноутворювача; α = 0,85; V – об'єм замісу, V = 1000 л.

5. Витрати матеріалів на 1 м^3 бетону підраховують за формулами (4.5)…(4.8):

Як вихідні значення під час розрахунків можна прийняти: k_c = 1,1; α = 0,85; K = 20 л/кг під час використання піни.

– усього сухого компоненту:

$$P_{сух} = \frac{\gamma_c}{k_c} V, \tag{4.5}$$

де γ_c – середня густина пінобетону, кг/м^3; V – об’єм бетону (V = 1 м^3);

– в’яжучої речовини:

$$P_{вяж} = \frac{P_{сух}}{1+C}, \tag{4.6}$$

де C – відношення кремнеземистого компоненту до в’яжучої речовини;

– кремнеземистого компоненту:

$$P_к = P_{вяж} \cdot C \tag{4.7}$$

– води:

$$P_в = P_{сух} \cdot B/T. \tag{4.8}$$

6. Виконують перерахунок компонентів на об’єм лабораторного замісу.

7. Приготування лабораторного замісу.

Робочий розчин піноутворювача заливають у пінозбивач і вмикають мішалку на 3 хв.

Воду, кремнеземистий компонент та в’яжуче перемішують вручну. Одержану суміш додають у мішалку зі спіненим піноутворювачем і перемішують упродовж 2,5…4 хвилин.

Визначають густину ніздрюватої маси пінобетонної суміші шляхом зважування в посудині, місткістю 1 л, із відрахуванням його маси.

Ніздрювату бетонну суміш заливають у форми 7,07×7,07×7,07 см.

8. Після теплової обробки, якій піддають всі зразки, визначають фактичну об’ємну масу одержаного пінобетону, зважуючи зразки, які висушені до постійної маси за температури (105±5) °С.

9. Фактичну пористість пінобетону визначають з врахуванням фактичних показників за формулою:

$$П_г^ф = 1 - \frac{\gamma_я^ф - P_{пін}}{\gamma_р^ф}, \tag{4.9}$$

де $\gamma_я^ф$ – фактична густина ніздрювато-бетонної суміші, кг/м^3.

10. Коефіцієнт використання піноутворювача уточнюють за формулою:

$$\alpha^ф = \frac{П_г^ф \cdot V^ф}{K \cdot P_{пін}}, \tag{4.10}$$

$$V^ф = \frac{P_{в'яж} + P_к + P_{вод}}{\gamma_я^ф},$$

де

11. Коефіцієнт зв’язування води уточнюють за формулою:

$$k_c^{\phi} = \frac{\gamma_c^{\phi}}{\gamma_я^{\phi}}\left(1+\frac{B}{T}\right), \tag{4.11}$$

12. Із врахуванням уточненого значення, пористість визначають за формулою:

$$П_г^* = 1-\frac{\gamma_c^{\phi}}{k_c^{\phi}}\cdot\left(W+\frac{\text{В}}{\text{Т}}\right), \tag{4.12}$$

13. Остаточний розрахунок витрат піноутворювача на 1 м^3 бетону виконують за формулою:

$$P_{пін} = \frac{П_г^*}{K\cdot\alpha^{\phi}}\cdot 100,\%\cdot \tag{4.13}$$

14. В отриманих пінобетонів визначають міцність на стиск, водовбирання та коефіцієнт розм’якшення. За результат випробування беруть середнє значення показника, одержаного під час випробування, не менше трьох зразків.

Для визначення водопоглинання зразки витримують у воді впродовж 48 годин. Водопоглинання визначають як різницю мас зразків матеріалу в насиченому водою стані та у висушеному за формулою:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2}\cdot 100,\%\ , \tag{4.14}$$

де m_1 – маса зразків, які зберігались протягом 48 год у воді, г; m_2 – маса зразків, висушених за t = (105±5)°С, г.

Коефіцієнт розм’якшення визначають як відношення межі міцності під час стиску зразків, які зберігались упродовж 48 год у воді, до межі міцності під час стиску зразків, що зберігались у повітряно-сухих умовах, і розраховують за формулою (4.15):

$$F = \frac{R_1}{R_2}, \tag{4.15}$$

де R_1 – міцність на стиск зразків, які зберігались у воді, МПа; R_2 – міцність на стиск зразків, які зберігались у повітряно-сухих умовах, МПа.

15. Результати розрахунків та випробувань зводять у табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Склади пінобетонних сумішей та фізико-механічні характеристики отриманих пінобетонів

Номер бригади	Витрати компонентів уточненого складу, на 1 м^3				Фактичні значення			Міцність на стиск, МПа	Фактична середня густина, кг/м^3	Водопоглинання, %	Коефіцієнт розм'ягшення
	в'яжуча речовина, кг	кремнеземний компонент, кг	піноутворювач, кг	вода, кг	$П_г^ф$	$\alpha^ф$	$k_с^ф$				

Висновки

Аналізують одержані дані, будують графіки залежності середньої густини, міцності, водопоглинання від значення співвідношення кремнеземистого компоненту до в'яжучого. За найкращими результатами визначають оптимальне співвідношення кремнеземистого компоненту до в'яжучого.

Лабораторна робота № 5.

ОДЕРЖАННЯ ШЛАКОЛУЖНОГО ПІНОБЕТОНУ, ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРІВНЯНО З ПІНОБЕТОНОМ НА ОСНОВІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

(Тривалість виконання – 8 год)

Мета роботи – виготовити шлаколужний пінобетон та визначити його фізико-механічні властивості.

Завдання – одержати шлаколужний пінобетон із заданою середньою густиною; скоригувати склади згідно з вихідними умовами; визначити фізико-механічні характеристики шлаколужного пінобетону; провести порівняльний аналіз із аналогічними даними для пінобетону на основі портландцементу.

Необхідне обладнання: швидкохідний змішувач, ваги технічні з гирями, форми 7,07×7,07×7,07 см, пропарювальна камера, сушильна шафа,

гідравлічний прес, мідний циліндр, сферична чаша з лопаткою, лінійка, ємності з водою.

Вихідні дані: ця робота є продовженням лабораторної роботи №4. Відповідно до завдання пропонується одержати шлаколужний пінобетон середньої густини 500, 700, 900 кг/м^3, згідно зі складами табл.5.1.

Таблиця 5.1

Склади шлаколужного пінобетону

№ з/п	Середня густина, кг/м^3	Витрати компонентів на 1 м^3					
		Шлак[1], кг	Пісок[2], кг	Зола винесення, кг	Лужний компонент[3]		Піноутворювач[4], л
					об'єм, л	густина розчину, кг/м^3	
1	500	550	–	100	400	1200	35
2	700	340	–	320	320	1200	22
3	900	400	400	–	340	1300	20

Примітки:

1. Питома поверхня молотого шлаку 320 м^2/кг.

2. Пісок використовують висушений і просіяний.

3. Як лужний компонент використовують рідинне скло, густиною 1300 кг/м^3, і содолужний плав (або соду), з густиною 1200 кг/м^3.

4. Піноутворювач ПО-1.

Порядок виконання роботи

1. Перераховують компоненти бетонної суміші на один заміс, об'ємом 1,5 л.

2. У швидкохідний змішувач вливають розраховану кількість лужного компоненту і піноутворювача, перемішують суміш упродовж 2 хв до одержання стійкої піни.

3. При вимкненому змішувачі в суміш додають мелений шлак, просіяний пісок або золу-винесення та перемішують упродовж 2 хвилин.

4. Підготовлену бетонну суміш розливають у форми 7,07×7,07×7,07 см. Кожна серія зразків, що відповідає певній середній густині, повинна складатися з 9 зразків.

5. Після 16 год попереднього витримування зразки пропарюють за режимом 5 + 5+3 год за температури ізометричного витримування 60 °С.

6. Після теплової обробки три зразки висушують в сушильній шафі за t = (105±5) °С до постійної маси і визначають фактичну об'ємну масу

отриманого шлаколужного пінобетону. Три зразки витримують упродовж 48 год у воді, три зразки зберігають на повітрі.

7. Для шлаколужних пінобетонів різної густини визначають міцність на стиск, водопоглинання і коефіцієнт розм'якшення, застосовуючи методики і формули до лабораторної роботи № 4.

8. Одержані дані заносять до табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Результати випробувань шлаколужних пінобетонів

Номер складу пінобетону	Фізико-механічні показники пінобетону		
	Міцність під час стиску, МПа	Водопоглинення, %	Коефіцієнт розм'якшення

Висновки

Студенти аналізують одержані дані порівняно з аналогічними показниками пінобетону на портландцементі.

Лабораторна робота № 6.

ВПЛИВ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ПРОЦЕС ГАЗОВИДІЛЕННЯ В ГАЗОБЕТОННИХ СУМІШАХ

(Тривалість виконання – 4 год)

Мета роботи – виявити вплив вібраційної дії на процес газовиділення в газобетонних сумішах.

Завдання – визначити характер газовиділення в газобетонних сумішах на різних в'яжучих без застосування вібраційної дії і з нею; порівняти процеси газовиділення із застосуванням вібраційної дії та без неї; визначити час вібрування під час спучування мас заданого складу.

Необхідне обладнання: вібромайданчик, ваги технічні, газометричний прилад, секундомір, сферична чаша з лопаткою, мірний посуд, віскозиметр Суттарда.

Вихідні дані: робота виконується згідно з варіантами завдань, наведеними у табл. 6.1, з наступним узагальненням отриманих результатів усією групою.

Таблиця 6.1

Варіанти завдань для виконання лабораторної роботи

	Вид ніздрюватого	Вид в'яжучої	С	Температура, °С	Спосіб спучування	Приблизні значення

Номер бригади	бетону	речовини		води	розчину		В/Т
1	Газобетон	Портланд-цемент	1	60	45	Звичайне	0,58-0,62
2	Газосилікат	Вапно	3	35	30	-"-	0,6-0,64
3	Газобетон	Портланд-цемент : вапно 1 : 1	1,5	50	35	-"-	0,59-0,63
4	Газосилікат	Портланд-цемент	1	60	45	Звичайне	0,34-0,36
5	Газобетон	Вапно	3	35	30	Вібро-спучування	0,34-0,36
6	Газосилікат	Портландце-мент : вапно 1 : 1	1,5	50	35	-"-	0,33-0,35

Примітка. С – відношення кремнеземистого компоненту до в'яжучої речовини.

Порядок виконання роботи

1. Згідно із завдання готують суху суміш в'яжучого з кремнеземистим компонентом у кількості 1 кг.

2. Готують водно-алюмінієву суспензію, яка містить у собі 1 г пудри (див. роботу № 3).

3. У суху суміш додають підігріту воду, в кількості, що відповідає вимогам завдання, ретельно перемішують її і визначають текучість розчину за допомогою віскозиметра Суттарда. Під час приготування маси необхідно врахувати воду, яка вводиться в суміш разом із водно-алюмінієвою суспензією.

4. Водно-алюмінієву суспензію додають у суміш, перемішують упродовж хвилини, швидко виливають готову газомасу, з відповідною температурою, у внутрішній циліндр газометричного приладу, місткістю 1,5…2 л, і щільно закривають кришку (рис. 6.1). Вода, якою заповнюється термостат приладу, повинна мати температуру на 5…7 °С вищу за початкову температуру газомаси.

Виготовляють газомасу і укладають у внутрішній циліндр із таким розрахунком, щоб із третьої хвилини, рахуючи з моменту введення в масу алюмінію, почати спостереження за газовиділенням.

5. Газ, що виділяється через гумову трубку і резервуар, надходить у мірний циліндр, де визначають його об'єм. Висоту підйому маси

вимірюють за допомогою пробірки з поділками, та штока, який вільно пересувається у отворі кришки. Кількість газу і висоту підйому маси визначають через кожні 30 с.

За початкової температури 40 °С процес газовиділення в газобетонних сумішах, триває 30…40 хв, а в газосилікатних сумішах 25…30 хв. На закінчення процесу газоутворення вказує припинення виділення газу впродовж 4…5 хвилин.

6. Дослід повторюють 2…3 рази, результати спостережень записують в табличній формі (табл. 6.2).

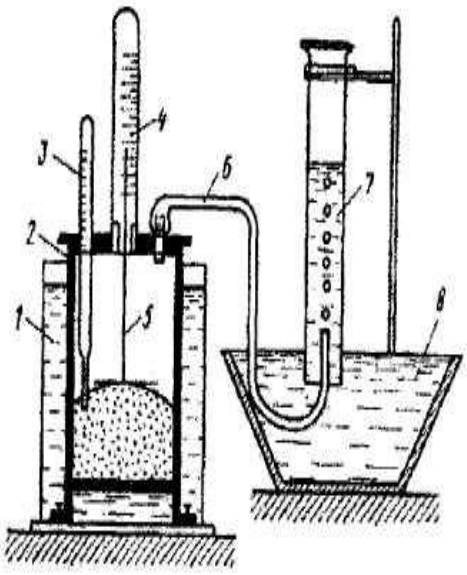

Рис. 6.1. Схема газометричного приладу:
1 – циліндр із подвійними стінками; *2* – внутрішній циліндр із кришкою, яка нагвинчується і має три отвори; *3* – термометр; *4* – пробірка з поділками; 5 – шток для вимірювання висоти підйому маси; *6* – гумова труба; *7* – мірний циліндр; *8* – резервуар

7. За отриманими середніми значеннями, обчисленими за результатами трьох визначень, будують графік швидкості газовиділення, відкладаючи на осі абсцис час (хв), а на осі ординат – об’єм газу, що виділився.

8. Дослідження газовиділення під час вібрування. Готують газомасу заданого складу і укладають її у внутрішній циліндр газометричного приладу. Спостерігають за тим, щоб початкова температура газомаси була

такою, як і маси, спучування якої здійснювалось за нормальних умов (без вібрування). Розбіжність між значеннями температури має бути не більше 2 °С.

Після укладання маси в циліндр прилад герметизують і через 3 хв, починаючи з моменту введення в масу алюмінію, включають вібромайданчик (частота 50 Гц, амплітуда 0,3…0,35 мм).

Виміри проводять кожні 30 с, фіксуючи результати спостережень за формою (див. табл. 6.2). Дослід виконують 3 рази і підраховують середні величини об’ємів газу за результатами трьох визначень.

Таблиця 6.2

Результати дослідження газовиділення

І дослід			**ІІ дослід**			**ІІІ дослід**			**Середнє значення**		
час, хв	**кількість газу, $см^3$**	**висота підйому маси, мм**	**час, хв**	**кількість газу, $см^3$**	**висота підйому маси, мм**	**час, хв**	**кількість газу, $см^3$**	**висота підйому маси, мм**	**час, хв**	**кількість газу, $см^3$**	**висота підйому маси, мм**
1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-
2	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-
3	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-
…											
…											
40			40			40			40		

9. За отриманими результатами будують графік швидкості газовиділення в даній масі. Для визначення часу вібраційної обробки газобетонних і газосилікатних мас будують диференційований графік, відкладаючи на осі абсцис час у хвилинах, а на осі ординат – величину.

Висновки

За одержаними даними роблять висновки про оптимальний час і момент застосування вібраційного навантаження та вплив виду в’яжучого на процес газовиділення $\frac{dV}{d\tau}$.

Лабораторна робота № 7.

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ПІДБІР СКЛАДУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГКОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНУ ЩІЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

(Тривалість виконання – 6 год)

Мета роботи ~ освоїти методику підбору складу та вивчити основні властивості легкого керамзитобетону щільної структури.

Завдання – провести розрахунок компонентів керамзитобетону; визначити основні фізико-механічні характеристики легкого бетону; зробити аналіз розрахунково-експериментального підбору компонентів.

Необхідне обладнання: змішувальне устаткування, вібромайданчик, мірний циліндр, форми 10×10×10 см, конус Абрамса, гідравлічний прес, ваги технічні, лінійка, ємності з водою, сушильна шафа.

Вихідні дані: робота виконується згідно з варіантами завдань, наведеними в табл.7.1, з наступним узагальненням отриманих результатів усією групою. Основні характеристики сировинних матеріалів наведені в табл.7.2.

Таблиця 7.1

Варіанти завдань

Номер бригади	Середня густина керамзитобетону щільної структури, кг/м^3	Марка бетону	Вид дрібного заповнювача (пісок)
1	1400	100	кварцовий
2	1400	150	"-"
3	1400	200	"-"
4	1000	50	керамзитовий
5	1050	75	"-"
6	1100	100	"-"

Порядок виконання роботи

В основу існуючих методів підбору складу керамзитобетону щільної структури покладено численні експериментальні дані, які в основному подані у вигляді таблиць.

Таблиця 7.2

Характеристика сировинних матеріалів

№ з/п	Матеріал	Марка	Об'ємна насипна маса, кг/м^3	Об'ємна маса зерен у цементному тісті, кг/м"	Міжзернова пустотність
	Портландцемент	400	1200	–	–
	Пісок кварцовий	–	1400	2650	–
	Пісок керамзитовий	–	640	1400	–
	Керамзитовий гравій|	–	500	900	0,42

Осадка конуса для всіх сумішей 1…3 см.

1. Згідно з довідковими даними приймають орієнтовні витрати цементу.

2. Загальні витрати крупного та дрібного заповнювача (3), в кг на 1 м^3 бетону, визначають за формулою:

$$З = \gamma_{о.б.} - 1{,}15 \cdot Ц, \tag{7.1}$$

де $\gamma_{о.б}$ – середня густина сухого керамзитобетону, кг/ м^3; $Ц$ – витрати цементу, кг/ м^3.

3. Згідно з довідковими даними приймають частку піску в суміші заповнювачів.

4. Визначають об'ємну насипну масу суміші крупного та дрібного заповнювачів за формулою:

$$\gamma^{з}_{о.н.} = \frac{0{,}9 \cdot \left[r \cdot \gamma^{п}_{о.н.} + (1-r) \cdot \gamma^{к}_{о.н.} \right]}{1 - V_{пуст}(1-r)}, \tag{7.2}$$

де r – частка піску в суміші заповнювачів; $\gamma^{п}_{об}$ – насипна густинапіску, кг/м^3; $\gamma^{к}_{об}$ – насипна густина керамзиту, кг/м^3; $V_{пуст}$ – міжзернова пустотність.

5. Визначають загальні витрати за об'ємом суміші крупного та дрібного заповнювачів на 1 м^3 бетону за формулою:

$$V_з = \frac{З}{\gamma^{з}_{о.н.}}, \tag{7.3}$$

6. Визначають витрату піску на 1 м^3 бетону, за формулою:

$$П = V_з \cdot r \cdot \gamma^{п}_{о.н.}, \tag{7.4}$$

7. Витрату крупного заповнювача визначають за формулою:

$$Щ = З - П, \tag{7.5}$$

8. Згідно з довідковими даними приймають витрату води для пробного замісу, для осадки конуса бетонної суміші 1…3 см.

9. Розраховують витрату матеріалів на лабораторний заміс (10…15 л), результати заносять у табл. 7.3.

Таблиця 7.3

Склад бетону за даними розрахунково-експериментального методу

Номер бригади	Марка бетону	Середня густина бетону, кг/м^3	Вид дрібного заповнювача	Об'ємна маса відформованої бетонної суміші, кг/м^3		Витрати матеріалів на лабораторний заміс, кг				Фактична витрата води, л
				фактична	теоретична	цемент	керамзит	пісок	вода	

10. У процесі виготовлення пробних замісів у суху суміш матеріалів спочатку додають на 15% води менше від розрахункової кількості. Ретельно перемішавши суміш, визначають її легкоукладальність і у разі необхідності поступово додають воду до отримання бетонної суміші необхідної рухливості. Дійсні витрати води заносять у табл.7.3.

11. З одержаної суміші кожна бригада виготовляє зразки (три форми по три зразка 10×10×10 см), ущільнюючи їх на вібромайданчику. Водночас визначають фактичну середню густину бетонної суміші та порівнюють її з теоретичною, яку розраховують за формулою:

$$\gamma^{m}_{o.см.} = \gamma_{o.см.} + (B - 0{,}15 \cdot Ц), \tag{7.6}$$

12. Після тепловологісної обробки визначають середню густину керамзитобетону шляхом зважування зразків, висушених до постійної маси за t = 105 °С, і визначення їхніх геометричних розмірів.

13. Визначають міцність на стиск.

14. Водопоглинання і коефіцієнт розм'якшення визначають за методиками і формулами, що викладені у лабораторній роботі № 4.

15. Результати досліджень зводять у табл. 7.4.

Таблиця 7.4

Фізико-механічні властивості керамзитобетону

№ з/п	Марка бетону	дрібного заповню	Середня густина керамзитобе	Витрати компонентів на 1 м^3 бетону, кг	під час стиску,	водопог линання %	нт розм'як

			тону, кг/м^3								
			за завданням	фактична	цемент	пісок	керамзит	вода			

Висновки

Згідно з одержаними експериментальними даними студенти будують графіки залежності міцності та водопоглинання керамзитобетону від його середньої густини, роблять висновок про відповідність отриманих даних та про можливість змін складу бетону з метою додержання зазначених в умовах роботи вимог.

Лабораторна робота № 8.

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ПІДБІР СКЛАДУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЕРАМЗИТОБЕТОНУ ПОРИЗОВАНОЇ СТРУКТУРИ

(Тривалість виконання – 6 год)

Мета роботи – підібрати склад керамзитобетону ніздрюватої структури та дослідити його основні властивості.

Завдання – провести розрахунок складу керамзитобетону ніздрюватої структури, виготовити зразки згідно з підібраним складом та визначити їхні фізико-механічні властивості.

Необхідне обладнання: змішувальне устаткування, вібромайданчик, мірний циліндр, форми 10×10×10 см, конус Абрамса, гідравлічний прес, ваги технічні, лінійка, ємності з водою, сушильна шафа.

Вихідні дані: основні фізико-механічні характеристики сировинних матеріалів наведені в лабораторній роботі № 7 (табл. 7.2), вихідні дані наведені у табл. 8.1.

Порядок виконання роботи

В основу існуючих методів підбору складу керамзитобетону поризованої структури покладені численні експериментальні дані, які в основному подані у вигляді таблиць..

Таблиця 8.1

Вихідні дані

Номер бригади	Об'ємна маса ніздрюватого керамзитобетону, кг/м^3	Марка бетону	Вид дрібного заповнювача (піску)
1	1050	50	кварцовий
2	1150	75	"-"
3	900	50	керамзитовий
4	1000	75	"-"
5	900	50	"-"
6	1000	75	"-"

1. Орієнтовні витрати крупного заповнювача (керамзиту) для бетонів з піском приймають в межах 0,9…1 м^3/м^3.

2. Згідно з довідковими даними приймають орієнтовні витрати цементу на 1 м^3 бетону.

3. Витрати піску на 1 м^3 бетону визначають за формулою:

$$П = \gamma_{о.б.} - (Щ + 1{,}15 \cdot Ц), \qquad (8.1)$$

де $П$ – витрати піску, кг; $\gamma_{о.б.}$ – об'ємна маса бетону в сухому стані, кг/м^3; $Щ$ – витрати крупного заповнювача, кг; $Ц$ – витрати цементу, кг.

4. Згідно з довідковими даними приймають витрату води на 1 м^3 бетону з наступним коригуванням для отримання бетону необхідної легкоукладальності.

5. Необхідний ступінь аерації бетонної суміші, %, визначають за формулою:

$$V_{\text{пор}} = \frac{1000 - \left[\frac{Ц}{\gamma^{ц}} + \frac{П}{\gamma^{п}} + \frac{Щ}{\gamma^{щ}} + B\right]}{10}, \qquad (8.2)$$

де $Ц$ – витрати цементу, кг; $\gamma^{ц}$ – питома маса цементу, кг/л; $П$ – витрати піску, кг; $\gamma^{п}$ – об'ємна маса зерен піску в цементному тісті, кг/л; $Щ$ – витрата керамзиту, кг; $\gamma^{щ}$ – вміст зерен керамзиту в цементному тісті, кг/л; B – витрати води, л.

6. Витрати повітровтягувальних добавок і піноутворювачів приймають за довідковими даними згідно з розрахованим ступенем

аерації, з наступним коригуванням даних у процесі виготовлення пробних замісів.

7. Розраховують витрати матеріалів на лабораторний заміс (10…15 л), результати заносять у табл. 8.2.

Таблиця 8.2

Склад ніздрюватого керамзитобетону

Номер бригади	Марка бетону	Об'ємна маса бетону, кг/м^3	Вид дрібного заповнювача	Середня густина бетонної суміші, кг/м^3		Витрата матеріалів на лабораторний заміс, кг					Фактична витрата, кг	
				фактична	теоретична	цемент	керамзит	пісок	вода	пороутворювач	вода	пороутворювач

10. Пробні заміси виконують для коригування витрат води і пороутворювача, необхідних для отримання бетону із заданою рухливістю. Під час дозування води необхідно враховувати воду, яку вводять із розчином добавки. Дійсні витрати води і пороутворювача заносять у табл. 8.2.

11. З одержаної суміші кожна бригада виготовляє зразки (три форми по три зразки 10×10×10 см). Одночасно визначають фактичну об'ємну

масу свіжевідформованої бетонної суміші і порівнюють її з теоретичною, яку розраховують за формулою (8.3):

$$\gamma^{m}_{o.см.} = \gamma_{o.см.} + (B - 0{,}15 \cdot Ц), \qquad (8.3)$$

12. Після тепловологої обробки визначають об'ємну масу поризованого керамзитобетону шляхом зважування зразків, висушених до постійної маси за t = 10 °С, і визначення їхніх геометричних розмірів.

13. Визначають міцність на стиск.

14. Водопоглинання і коефіцієнт розм'якшення визначають за методиками і формулами, що викладені в лабораторній роботі № 4.

15. Результати досліджень зводять у табл. 8.3.

Таблиця 8.3

Фізико-механічні властивості керамзитобетону

№ з/п	Марка бетону	Вид дрібного заповнювача	Середня густина бетону, кг/м^3		Витрати компонентів на 1 м^3 бетону, кг					Міцність на стиск, МПа	Водопоглинання, %	Коефіцієнт розм'якшення
			за завданням	фактична	цемент	пісок	керамзит	вода	пороутворювач			

Висновки

Згідно з одержаними експериментальними даними роблять висновки про відповідність їх вимогам і про можливі зміни складу бетону з метою додержання зазначених у роботі умов.

Лабораторна робота № 9.

РОЗРАХУНКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ ПІДБІР СКЛАДУ КРУПНОПОРИСТОГО БЕТОНУ (за способом Г. А. Бужевича)

(Тривалість виконання – 6 год)

Мета роботи – опанувати методику підбору крупнопористого бетону та вивчити його основні властивості.

Завдання – провести розрахунок великопористого бетону; виготовити зразки згідно з підібраним складом; визначити фізико-механічні характеристики отриманого великопористого бетону.

Необхідне обладнання: змішувальне устаткування, мірний циліндр, форми 10×10×10 см, лінійка, технічні ваги, ємності з водою.

Вихідні дані: вимоги до сировинних матеріалів і запроєктована марка крупнопористого бетону наведені у табл. 9.1.

Таблиця 9.1

Основні вимоги до сировинних матеріалів і запроєктована марка великопористого бетону

Номер бригади	Марка бетону	Вид крупного заповнювача	Насипна густина, кг/м^3
1	15	керамзит	600
2	25	"-"	600
3	35	"-"	600
4	50	гранітний щебінь	1400
5	75	"-"	1400
6	100	"-"	1400

Примітка. Використовують портландцемент марки 400.

Порядок виконання роботи

В основу існуючих методів підбору окладу бетону великопористої структури покладено численні експериментальні дані, які в основному наведені у вигляді таблиць.

1. За довідковими даними приймають орієнтовні витрати цементу М400 на 1 м^3.

2. Орієнтовні витрати заповнювача визначають за даними табл. 9.2, враховуючи, що витрата заповнювача не повинна перевищувати значень, знайдених за допомогою формули:

$$З = \gamma - 1{,}15 \cdot Ц, \tag{9.1}$$

де γ – середня густина бетону в сухому стані, кг/м^3; *Ц* – витрати цементу, кг.

Таблиця 9.2

Орієнтовна витрата заповнювача

Середня густина заповнювача, кг/м^3	400	600	800	1000	1200	1400	1600
Витрата заповнювача, м^3/м^3 великопористого бетону	1,39	1,32	1,28	1,22	1,16	1,11	1,05

3. Витрати води орієнтовно визначають за формулою (9.2)

$$B = \frac{(H_т \cdot Ц) + (З \cdot W_{30})}{10}, \tag{9.2}$$

де $H_т$ – нормальна густота цементного тіста, %; W_{30} – водопоглинання заповнювача за 30 хв, %.

4. Розраховують витрати матеріалів на лабораторний заміс (10…15 л), результати заносять у табл. 9.3.

Таблиця 9.3

Склад крупнопористого бетону за даними розрахунково-експериментального методу

Номер бригади	**Марка бетону**	**Вид заповнювача**	**Середня густина відформованої бетонної суміші, кг/м^3**		**Витрати матеріалів на лабораторний заміс, кг**			**Дійсні витрати води, л**
			фактична	**теоретична**	**цемент**	**заповнювач**	**вода**	

5. Пробні заміси виготовляють із різною кількістю цементу: розрахунковою, зменшеною та збільшеною на 10%, підбираючи кожного разу таку кількість води, яка забезпечує задану легкоукладальність бетонної суміші та її нерозшаровування за прийнятого режиму ущільнення.

6. З одержаної суміші кожна бригада виготовляє зразки (три форми по три зразки 10×10×10 см). Одночасно визначають фактичну об'ємну масу свіжовідформованої бетонної суміші й порівнюють її з теоретичною, яку розраховують за формулою:

$$\gamma^{m}_{o.см.} = \gamma_{o.см.} + (B - 0{,}15 \cdot Ц), \tag{9.3}$$

7. Після тепловологої обробки визначають об'ємну масу великопористого бетону шляхом зважування зразків, висушених до постійної маси за t = 105 °С, та їхні геометричні розміри.

8. Визначають межу міцності під час стиску.

9. Водопоглинання і коефіцієнт розм'якшення визначають за методиками і формулами, що викладені в лабораторній роботі № 4.

10. Результати досліджень зводять у табл. 9.4.

Таблиця 9.4

Фізико-механічні властивості крупнопористого бетону

№ з/п	Марка бетону	Вид заповнювача	Витрати компонентів на 1 м^3 бетону			Об'ємна маса, кг/м^3	Міцність на стиск, МПа	Водопоглинання, %	Коефіцієнт розм'якшення
			цемент	заповнювач	вода				

Висновки

На підставі одержаних даних проводять аналіз властивостей крупнопористого бетону.

СПИСОК ОСНОВНОЇ РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Рунова Р.Ф.* Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів : підручник / Р.Ф. Рунова, В.І. Гоц, О.Г. Гелевера та ін. – Київ : Основа, 2017. – 528 с.

2. *Рунова Р.Ф.* Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх упровадження у будівництво : цикл праць / Р.Ф. Рунова, В.І. Гоц, І.І. Назаренко та ін. – Київ : УВПК «ЕксОБ», 2008. – 360 с.

3. *Рунова Р.Ф.* Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів : підручник / Р.Ф. Рунова, Л.О. Шейніч, О.Г. Гелевера та ін. – Київ : КНУБА, 2001. – 354 с.

4. Гоц В.І. Бетони і будівельні розчини : підручник / В.І. Гоц, В.В. Павлюк, П.С. Шилюк. – Київ : Основа, 2016. – 568 с.

5. *Жван В.Д.* Покрівельні і гідроізоляційні роботи : учб. посібник / В.Д. Жван, В.П. Семеніхіна, В.В. Жван, А.Л. Шутенко // Харк. нац. ун-т міськ. госп. імені А.М. Бекетова. – Харків : ХНУМК імені А.М. Бекетова, 2013. – 277 с.

6. *Улаштування* захисних покриттів у будівництві : навчальний посібник / В.П. Кизима, А.Г. Куковський, В.В. Яковчук та ін. – Рівне :

НУВГП, 2018. – 241 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ep3.nuwm.edu.ua/14460/1/Улаштування захисних покриттів у будівництві.pdf.

7. *Дворкін Л.Й.* Технологія опоряджувальних, теплоізоляційних та гідроізоляційних матеріалів : навч. посібник / Л.Й. Дворкін, В.В. Житковський. – Рівне : НУВГП, 2010. – 223 с.

8. *Бабушкін В.І.* Захист будівельних конструкцій від корозії, старіння і зносу. – Харків : Вища школа, 1989. – 168 с.

9. *Сучасні* композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали : підручник / П.В. Захарченко, Е.М. Долгий, Ю.О. Галаган та ін. – Київ : КНУБА, 2005. – 512 с.

10. Карапузов Є.К. Матеріали і технології в сучасному будівництві : підручник / Є.К. Карапузов, В.Г. Соха, Т.Є. Останченко. – Київ : Вища освіта, 2005. – 495 с.

11. *Карапузов Є.К.* Технологічні основи підвищення експлуатаційної ефективності систем гідроізоляції. – Київ : Вища освіта. – 2013. – 304 с.

12. Кривенко П.В. Будівельне матеріалознавство : підручник. – Київ : Ліра, 2012. – 624 с.

13. *Крупа А.А.* Хімічна технологія керамічних матеріалів : учбовий посібник / А.А. Крупа, В.С. Городов. – Київ : Вища школа, 1990. – 399 с.

14. *Ярмоленко Н.Г.* Іскра Л.І. Довідник з гідроізоляційних матеріалів в будівництві / Н.Г. Ярмоленко, Л.І. Іскра. – Київ : Будівельник, 1979. – 178 с.

Додаток А

ВІДНОСНІ ОЦІНКИ СТАНУ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ ПІСЛЯ ВИПРОБУВАНЬ НА ВОДОСТІЙКІСТЬ (СОЛЕСТІЙКІСТЬ, КИСЛОТОСТІЙКІСТЬ, ЛУГОСТІЙКІСТЬ), ВАГОМІСТЬ РІЗНИХ ВИДІВ РУЙНУВАННЯ

Таблиця А.1

Відносна оцінка ступеня зміни блиску (кольору)

Ступень зміни блиску	Відносна оцінка (а)
до 5%	1
до 30% (незначна)	0,7
понад 30% (сильна)	0

Таблиця А.2

Відносні оцінки руйнування поверхні (за площею) у результаті утворення міхурів, кратерів, відшарування, розчинення плівки і корозії

Площа руйнування, %	Відносна оцінка (а)
0	1
до 5	0,8
до 10	0,4
до 25	0,2
понад 25	0

Таблиця А.3

Відносні ушкодження поверхні в результаті утворення міхурів, кратерів і корозії (за лінійними розмірами), а також оцінки за характером відшарування і розчинення

Міхурі, кратери, корозія, мм	Відшарування, розчинення	Відносна оцінка
0	відсутні	1
до 0,5	видимі неозброєним оком	0,8
до 1	поверхневі	0,5
від 1 до 3	до ґрунтовки	0,2
понад 3	до підкладки	0

Закінчення дод. А

Таблиця А.4

Вагомість різних видів руйнувань

Види руйнувань, розмір ушкоджень	Вагомість
зміна блиску	0,05
зміна кольору	0,05
пухирі, кратери	0,1
відшарування, розчинення	0,2
корозія	0,3
розмір ушкоджень	0,3

Стан покриття визначають за формулою (А.1):

$$В(К,Л,С) = 0,05а_б + 0,05а_к + 0,1а_{пк} + 0,2а_{вр} + 0,3а_{кор} + 0,3а_{рн}, \qquad (А.1)$$

де В(К,Л,С) – водостійкість (кислото-, луго-, солестійкість); $а_б$ – відносна оцінка ступеня зміни блиску;

$а_к$ – відносна оцінка ступеня зміни кольору;

$а_{пк}$ – відносна оцінка за площею руйнування (в результаті міхурів і кратерів);

$а_{вр}$ – відносна оцінка за площею руйнування (в результаті відшарування і розчинення);

$а_{кор}$ – відносна оцінка за площею корозії;

$а_{рн}$ – відносна оцінка за лінійними розмірами ушкоджень.

Таблиця А.5

Оцінка (кількісна і якісна) стану і категорія якості покриття

Кількісна оцінка	Якісна оцінка	Категорія якості покриття
0,9 < В(К,С,Л) < 1	хороше	I
0,7 < В(К,С,Л) < 0,9	задовільне	II
В(К,С,Л) < 0,7	погане	III

Навчально-методичне видання

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ СТІНОВИХ, ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ ТА ЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»
спеціалізації «Новітні технології та дизайн сучасних стінових
та оздоблювальних матеріалів»

Укладачі: **Руденко** Ігор Ігоревич,
Бердник Оксана Юріївна,
Гелевера Олександр Григорович,
Константиновський Олександр Петрович

Випусковий редактор *Л. С. Тавлуй*
Комп'ютерне верстання *Д. М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 08.08. 2024. Формат 60 х $84_{1/16}$
Ум. друк. арк. 2,56. Обл.-вид. арк. 2,75.
Електронний документ. Вид. № 73/ІІІ-24

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури

Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002