

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

Спеціальність:  
192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
144 «Теплоенергетика»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ  
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ №1-8  
з дисципліни  
«БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

Харків 2016

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ  
УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

Спеціальність:  
192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
144 «Теплоенергетика»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ  
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ №1-8  
з дисципліни  
«БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

Затверджено на засіданні кафедри  
будівельних матеріалів і виробів.  
Протокол № 2 від 25.01.16

Харків 2016

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт дисципліни «Будівельне матеріалознавство» для студентів санітарно-технічного факультету / Укладачі: О.Г. Вандоловський, І.Е. Казімагомедов, Т.О. Костюк, О.Б. Деденьова, Бондар В.О.. – Харків: ХНУБА, 2016. – 50 с.

Кафедра будівельних матеріалів та виробів

Рецензент В.П. Сопов

Рецензовані методичні вказівки призначені для ознайомлення студентів з властивостями, стандартними методами випробувань та використанням вивчених методів при дослідженні будівельних матеріалів на відповідність ДСТУ (ГОСТ). Дані методичні вказівки розроблено у відповідальності з діючою в Україні нормативно-технічною документацією на випробування будівельних матеріалів з наведенням прикладів для матеріалів різного походження, що вивчаються у рамках навчальної дисципліни «Будівельні матеріали та вироби», а також згідно сучасним науковим уявленням.

Враховуючи викладене, методичні вказівки з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» для студентів денної форми навчання рекомендувати до публікації.

## Лабораторна робота № 1

### ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Будівельні матеріали містять комплекс фізичних властивостей які являють здатність матеріалів реагувати на вплив фізичних факторів – гравітаційних, тобто заснованих на законі земного тяжіння, теплових, водного середовища, акустичних, електричних тощо. Числові показники фізичних властивостей визначаються за допомогою методів та приладів. Нижче розглянемо деякі фізичні властивості матеріалів.

#### 1.1 Визначення істинної густини будівельних матеріалів

Істинна густина – маса одиниці об'єму однорідного матеріалу в абсолютно щільному стані, тобто без урахування пор та пустот, визначається за формулою:

$$\rho_i = \frac{m}{V_a}, \quad (1.1)$$

де  $\rho_i$  – істинна густина, г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>;

$m$  – маса зразка г, кг;

$V_a$  – об'єм зразка в абсолютно щільному стані, см<sup>3</sup>, м<sup>3</sup>.

У зв'язку з тим, що більшість будівельних матеріалів пористі, для визначення об'єму щільної маси зразка, його попередньо висушують до постійної маси і роздрібнюють до проходження крізь сито, яке має 980 отв/см<sup>2</sup> (розмір отворів – 0,2 мм). Абсолютний об'єм сипких матеріалів зі щільними зернами (пісок кварцовий) визначають без попереднього роздрібнення.

Залежно від потрібної точності визначення густини досліджуваного матеріалу випробування проводять різними методами. Більш точне визначення істинної густини проводять в спеціальному приладі – об'ємомірі (прилад Ле Шательє – Кандло).

Для проведення випробування потрібно наступне обладнання:

- об'ємомір (прилад Ле Шательє – Кандло);
- порцелянова чашечка;
- колба з водою кімнатної температури 15-20<sup>0</sup> С;
- тарілкоподібні ваги з важками;
- фільтрувальний папір;
- досліджуваний матеріал.

Прилад Ле Шательє – Кандло (рис.1.1) являє собою колбу з вузьким та довгим горлом, яке має розширення, що розміщується в середній частині. На горлі колби вище та нижче розширення нанесені дві риски, об'єм між якими дорівнює 20 см<sup>3</sup>.

Якщо випробуванню підлягає матеріал, що не реагує з водою, то прилад до випробування заповнюється дистильованою водою; при дослідженні матеріалів, що реагують з водою (наприклад, гіпс або цемент), колбу заповнюють гасом або іншою інертною рідиною відносно даного матеріалу. Рідину наливають до нижньої нульової риски, встановлюючи рівень за нижнім меніском.

Підготовлений до випробування матеріал зважують в порцеляновій чашечці з точністю до 0,01г у кількості 100г. Окремо чашечку зважувати не потрібно. Після наповнення приладу до нульової позначки, шийку об'ємоміра та скляну лійку протирають фільтрувальним папером. Крізь лійку приладу обережно, невеликими порціями всипають матеріал.

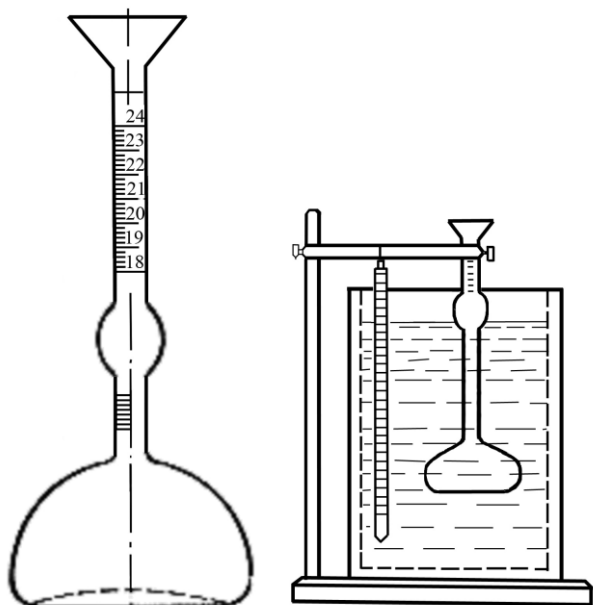


Рис. 1.1 Прилад Ле Шательє – Кандло

Коли рідина в приладі підніметься до верхньої позначки (20см<sup>3</sup>) всипання матеріалу припиняють. Матеріал, що замішується у чашечці, знову зважують разом з чашечкою. Різниця зважувань являє собою масу матеріалу, що був всипаний в прилад (об'єм 20 см<sup>3</sup>).

Дослід виконується два рази. Результат випробування заноситься до

лабораторного журналу (табл. 1.1).

Істинна густина матеріалу визначається за формулою:

$$\rho_i = \frac{m_1 - m_2}{V}, \quad (1.2)$$

де  $m_1$  – маса матеріалу, що був взятий для дослідження (разом з посудом), г;

$m_2$  – маса залишку матеріалу (разом з посудом), г;

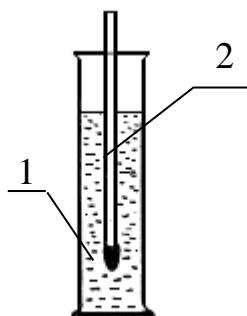
$V$  – абсолютно щільний об'єм матеріалу, см<sup>3</sup>.

**Таблиця 1.1**

Визначення істинної густини матеріалу стандартним методом  
Матеріал: пісок кварцовий (абсолютно щільний, сипкий)

Показники	Розмірність	Результати		
		1	2	3
Маса матеріалу, що був взятий для дослідження (разом з посудом)	г	100	100	100
Маса залишку матеріалу (разом з посудом)	г			
Маса матеріалу, що був всипаний в прилад	г			
Об'єм витисненої рідини	см <sup>3</sup>	20	20	20
Абсолютно щільний об'єм матеріалу	см <sup>3</sup>	20	20	20
Істинна густина матеріалу	г/см <sup>3</sup>			
Середнє значення істинної густини матеріалу	г/см <sup>3</sup>			

## 1.2 Визначення густини рідини



1 – скляний циліндр - 250 мл; 2 - ареометр  
Рис. 1.2 Визначення густини рідини

Для проведення випробувань потрібне наступне обладнання: скляний циліндр, набір ареометрів.

Густина рідини визначається за допомогою ареометра. Рідину, що випробовується, вливають в скляний циліндр. Потім у неї занурюють ареометр, який залежно від густини рідини встановлюється на певному рівні (рис.1.2), за шкалою ареометра беруть відлік, який виражає величину густини рідини (г/см<sup>3</sup>; кг/м<sup>3</sup>).

Слід мати на увазі, що відлік за шкалою беруть зверху вниз. Потрібно слідкувати за тим, щоб ареометр вільно плавав у рідині.

Результат випробування заноситься до лабораторного журналу (табл.1.2).

Таблиця 1.2

Визначення густини рідкого матеріалу

№	Найменування рідини	Розмірність	Показники приладу (густина)
1	Вода питна	г/см <sup>3</sup> (кг/м <sup>3</sup> )	
2	Розчин кухонної солі	г/см <sup>3</sup> (кг/м <sup>3</sup> )	
3	Масило машинне	г/см <sup>3</sup> (кг/м <sup>3</sup> )	

## 1.3 Визначення середньої густини зразка правильної геометричної форми

Середня густина – маса одиниці об'єму матеріалу в природному стані разом з порами (пустотами), що визначається за формулою:

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \quad (1.3)$$

де  $\rho_0$  – середня густина, г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>;

$m$  – маса зразка, г, кг;

$V$  – об'єм зразка, см<sup>3</sup>, м<sup>3</sup>.

Випробування проводять на зразках, які висушені до постійної маси. Коли зразок має правильну геометричну форму, його об'єм визначають вимірюванням довжини, ширини, висоти, а масу визначають зважуванням.

Для проведення дослідження потрібно наступне обладнання:

- штангенциркуль (точністю до 0,1 мм) або сталева лінійка з поділками (точністю до 0,5 мм);
- технічні ваги з важками.

Вимірювальним приладом (штангенциркуль або сталеві лінійка) вимірюють розміри зразка та, беручи середнє трьох вимірювань кожного елемента, обчислюють його об'єм (рис.1.3), потім зразок зважують з точністю до 1 г.

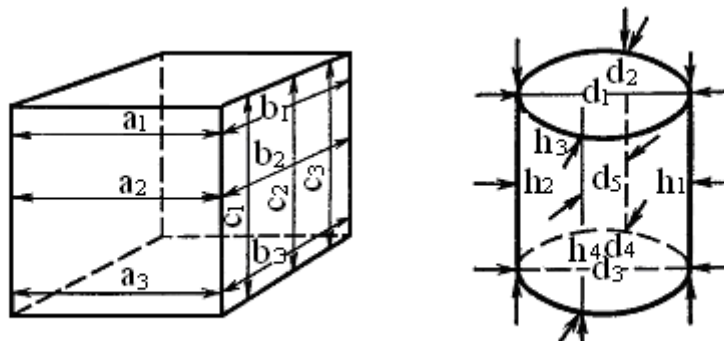


Рис. 1.3 Схема вимірювання зразків геометричної форми

За формулою (1.3) визначають середню густину зразка. Результат випробування заноситься до лабораторного журналу (табл.1.3).

Таблиця 1.3

Визначення середньої густини зразка правильної геометричної форми  
Матеріал: куб з цементно-піщаного розчину

Показники	Розмір-ність	Результати		
		1	2	3
Розміри зразка:				
довжина ( a )	см			
ширина ( b )	см			
висота ( h )	см			
Об'єм зразка	см <sup>3</sup>			
Маса зразка	г			
Середня густина зразка	г/см <sup>3</sup> , (кг/м <sup>3</sup> )			
Середнє значення середньої густини	г/см <sup>3</sup> , (кг/м <sup>3</sup> )			

#### 1.4 Визначення середньої густини зразків щільних матеріалів неправильної форми

У тому випадку, коли зразок матеріалу має довільну форму, для визначення його об'єму користуються методом, заснованим на витисненні зразком з посудом води або іншої рідини, практично інертної по відношенню до матеріалу, що досліджується. Залежно від ступеня точності визначення, що вимагається для цієї мети, застосовують різні прилади: мірний градуйований циліндр, металевий об'ємомір. Розглянемо метод гідростатичного зважування зразка в воді. Цей

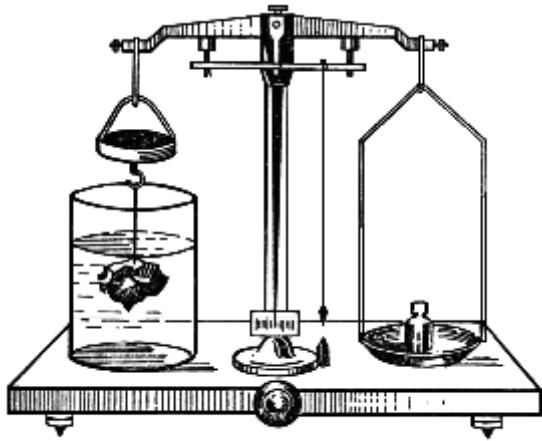


Рис. 1.4 Гідростатичні терези

метод заснований на законі Архімеда, згідно з яким, тіло що занурене у воду (рідину), втрачає в своїй вазі стільки, скільки важить витиснена вода (рідина). Для випробування потрібно наступне обладнання :

- технічні ваги з важками;
- посудина з водою;
- зразок із щільного матеріалу неправильної форми.

Зразок, що підлягає випробуванню, попередньо насичують водою до постійної маси, зважують на повітрі, потім

занурюють в посудину з водою, закріплюючи на нитці гачка однієї з чашок вагів (рис. 1.4), визначають масу зразка у воді. Різниця у вазі зразка на повітрі та у воді буде відповідати об'єму зразка, що досліджується.

Густина пористих матеріалів визначають таким саме чином, але попередньо зразки покривають тонким шаром парафіну. Густина зразків обчислюється за формулою (1.4).

$$\rho_0 = \frac{m}{\frac{m - m_1}{\rho_в}}, \quad (1.4)$$

де  $\rho_0$  – середня густина зразка,  $г/см^3$ ;

$m$  – маса зразка на повітрі,  $г$ ;

$m_1$  – маса зразка у воді,  $г$ ;

$\rho_в$  – густина води,  $г/см^3$

Результат випробування заноситься до лабораторного журналу (табл. 1.4).

Таблиця 1.4

Визначення густини зразка щільного матеріалу неправильної форми.

Матеріал: зразок з гранітного щебеню

Показники	Розмір-ність	Результати		
		1	2	3
<b>Маса зразка на повітрі</b>	г			
Маса зразка у воді	г			
Втрата у масі при зануренні у воду	г			
Об'єм зразка (рівний об'єму витисненої води)	см <sup>3</sup>			
Густина зразка	г/см <sup>3</sup>			
Середнє значення густини зразків	г/см <sup>3</sup>			

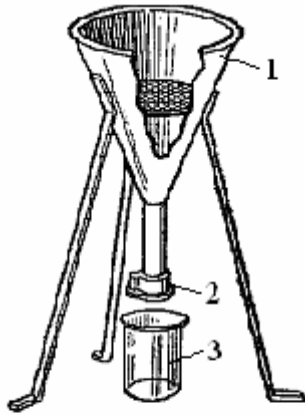


## 1.5 Визначення середньої (насипної) густини зразка сипких (пухких) матеріалів

Середня (насипна) густина сипких матеріалів визначається шляхом зважування стандартних об'ємів (мірна посуда), які заповнені матеріалами.

Для здійснення випробування необхідне наступне обладнання :

- стандартна лійка для сипких матеріалів;
- мірна посуда об'ємом 1 л;
- технічні ваги з важками.



1 – лійка з матеріалом; 2 – засув; 3 – посуда; 4 – сито  
Рис. 1.5. Лійка для визначення середньої (насипної) густини

Випробування проводять в наступному порядку.

Зважують мірну посудину. Установлюють її під лійку, заповнюють посудину піском з висоти 10 см надлишком до утворення конусу нормального осипання. Надлишок обережно знімають лінійкою. Зважують посудину з піском (рис.1.5).

Насипну густина обчислюють за формулою:

$$\rho_0 = \frac{m_2 - m_1}{V_1}, \quad (1.5)$$

де  $m_1$  – маса мірної посудини, г;

$m_2$  – маса мірної посудини разом з піском, г;

$V_1$  – об'єм мірної посудини ( $1000 \text{ см}^3$ ).

Результати випробування заносяться до лабораторного журналу (табл.1.5).

Таблиця 1. 5

Визначення середньої (насипної) густини сипкого матеріалу. Матеріал: пісок кварцовий (абсолютно щільний, сипкий)

Показники	Розмірність	Результати		
		1	2	3
Маса мірної посудини разом з піском	г			
Маса мірної посудини	г			
Маса матеріалу	г			
Об'єм матеріалу (який дорівнює об'єму мірної посудини)	см <sup>3</sup>	1000	1000	1000
Середня густина матеріалу	г/см <sup>3</sup> (кг/м <sup>3</sup> )			
Середнє значення середньої густини матеріалу	г/см <sup>3</sup> (кг/м <sup>3</sup> )			

## 1.6 Визначення пористості (порожнистості) матеріалів

Пористість характеризується наявністю пор (пустот) в матеріалі, тобто об'єм пор відноситься до об'єму зразка. Пористість може бути визначена за відомими істинною густиною та середньою густиною за формулою:

$$P = \frac{\rho_i - \rho_0}{\rho_i} \cdot 100\%, \quad \text{або} \quad P = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_i}\right) \cdot 100\%, \quad (1.6)$$

де  $P$  – пористість (порожнистість), %;

$\rho_i$  – істинна густина, г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_0$  – середня (насипна) густина, г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>.

Пористість матеріалу, наприклад піску, характеризується порожнистістю, якщо кожне зерно піску являє собою щільне тіло. Порожнистість (пористість) піску обчислюють на основі результатів визначення істинної та середньої (насипної) густини (див. дослід 1.1,1.5). Результат обчислення заноситься до лабораторного журналу (табл. 1.6).

Таблиця 1.6

Визначення пористості (порожнистості) матеріалів  
Матеріал: пісок кварцовий (абсолютно щільний, сипкий)

Показники	Розмір-ність	Результати		
		1	2	3
Істинна густина піску	г/см <sup>3</sup>			
Середня (насипна) густина піску	г/см <sup>3</sup>			
Пористість піску	%			
Середнє значення	%			

## Лабораторна робота № 2

### МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Механічні властивості характеризують здатність матеріалу чинити опір усім видам зовнішнього впливу з прикладенням сили.

Визначення механічних властивостей будівельних матеріалів дозволяє обрати раціональну галузь їх застосування в конструкціях.

До механічних властивостей так же відносять деформаційні властивості, які включають в себе: пружність, пластичність, лінійність, коефіцієнт конструктивної якості, твердість, стиранисть, знос, а також довговічність, надійність тощо.

У даній лабораторній роботі визначається міцність будівельних матеріалів. Залежно від навантажень, що сприймає матеріал, розрізняють міцність на стиск, вигин, розтяг, удар та ін. Ці навантаження є найбільш характерними для будівельних матеріалів.

Природні (граніт) та штучні (бетон) кам'яні матеріали добре чинять опір стиску, а згину та розтягу в 10-15 разів гірше. Метал та деревина добре сприймають розтягуючі та згинаючі навантаження. Враховуючи це, вказані матеріали використовують в конструкціях, що підлягають саме цим навантаженням.

Міцність – властивість матеріалу чинити опір руйнуванню під дією внутрішніх напружень, які викликані зовнішніми силами. Вона характеризується границею міцності, тобто напруженням у матеріалі конструкції або зразка, яке відповідає тому навантаженню, при якому зразок руйнується.

Границю міцності визначають в результаті досліджень на стандартних зразках, які мають певні розміри і форми. Міцність будівельних матеріалів залежить від ряду факторів будови, густини, неоднорідності, пористості, вологості, динамічних дій та інше.

#### 2.1 Визначення границі міцності на стиск

Границя міцності на стиск являє собою основну технічну характеристику багатьох будівельних матеріалів, її доводиться застосовувати при всіх дослідженнях будівельних матеріалів.

Границю міцності на стиск визначають на зразках правильної геометричної форми у вигляді кубів, циліндрів (рис. 2.1).

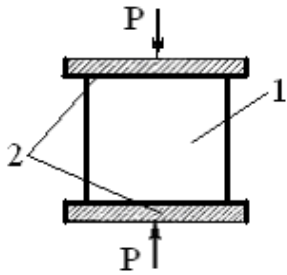
Зразки циліндричної форми виготовляють з бурового керна: їхній діаметр залежить від розмірів бурової коронки, а висота повинна бути не більше їхніх двох діаметрів. Зразки у формі куба можуть мати розміри залежно від міцності і пористості матеріалу. Зразки щільних матеріалів приймають меншого розміру, а пористі зразки - більшого.

Для проведення дослідження на стиск застосовують спеціальні машини, що працюють згідно з принципом гідравлічного преса. Вони мають різні розміри і розвивають різні за величиною зусилля залежно від міцності випробуваних матеріалів. Машини складаються з трьох головних частин:

- пристосування для закріплення зразків;
- пристрою для створення тиску;

- вимірника тиску.

Пристосування для закріплення зразків, що забезпечує одержання правильних результатів при випробуванні, повинне задовольняти двом наступним умовам:



- 1) поверхні, що передають тиск на зразок, повинні щільно зіштовхуватися з усією площею грані зразка;
- 2) рівнодіюча тиску повинна збігатися з геометричною віссю зразка.

1 – зразок матеріалу; 2 – плита опорна гідравлічного пресу  
Рис. 2.1 Схема випробувань матеріалу на гідравлічному пресі

Спеціальний пристрій повинен забезпечувати плавне підвищення тиску на зразок з визначеною швидкістю, без поштовхів.

Для обчислення границі міцності за результатами випробування використовують формулу:

$$R_{ст} = \frac{P_{руйн}}{S}, \quad (2.1)$$

де  $R_{ст}$  - границя міцності на стиск, (кгс/см<sup>2</sup>),

МПа, 1МПа = 10 кгс/см<sup>2</sup>;

$P_{руйн}$  - руйнівне навантаження, кгс;

$S$  - первинна площа зразка, що сприймає навантаження, см<sup>2</sup>.

Для проведення випробування потрібне наступне обладнання і матеріали:

- гідравлічний прес;
- штангенциркуль;
- досліджувані зразки.

Зразок: куб з цементно-піщаного розчину.

Результати випробувань заносять до лабораторного журналу (табл. 2.1).

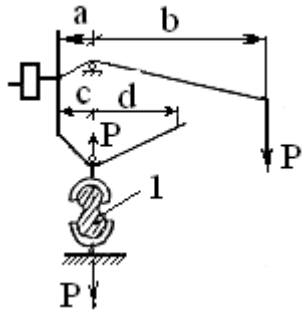
Таблиця 2.1

Визначення границі міцності на стиск

	Назва показників	Розмірність	Результати		
			1	2	3
	Розміри поперечного перерізу зразка:				
1	довжина	см			
2	ширина	см			
3	Площа поперечного перерізу	см <sup>2</sup>			
4	Руйнівне навантаження	кгс			
5	Границя міцності на стиск зразка	кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			
6	Середнє значення границі міцності на стиск матеріалу	кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			

## 2.2 Визначення границі міцності на розтяг

Границю міцності на розтяг визначають на розривних машинах. Зразки випробовуваного будівельного матеріалу з різним за площею перерізом виготовляють у вигляді "вісімок" з захватами або без них (рис. 2.2).



$a:b = 1:10$ ;  $c:d = 1:5$ ;  
1-зразок "вісімка"

Рис. 2.2. Схема випробування матеріалу на розтяг на приладі Михаеліса

У даній лабораторній роботі границю міцності на розтяг визначають на важільному приладі Михаеліса зі співвідношенням важелів 1:50.

Границю міцності на розтяг будівельного матеріалу визначають за формулою (2.2)

$$R_{роз} \frac{P \cdot 50}{S} = P \cdot 10 \quad (2.2)$$

Результати випробувань заносять до лабораторного журналу (табл.2.2).

Необхідне обладнання і матеріали:

- прилад Михаеліса;
- штангенциркуль;
- зразок „вісімка”

Зразок: „вісімка” з затверділого гіпсового тіста.

Таблиця 2.2

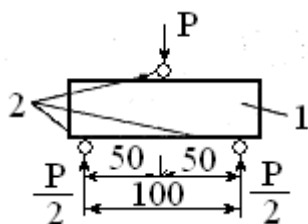
Визначення границі міцності на розтяг

	Назва показників	Розмірність	результати		
			1	2	3
1	Розміри зразка: довжина	см			
2	ширина	см			
3	Площа поперечного перерізу зразка	см <sup>2</sup>			
4	Руйнівне навантаження	кгс			
5	Границя міцності на розтяг зразка	кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			
6	Середнє значення границі міцності на розтяг	кг/см <sup>2</sup> (МПа)			

## 2.3 Визначення границі міцності на поперечний вигин

Дуже часто будівельний матеріал у конструкції працює на вигин, наприклад, ригель, балка. При випробуваннях зразки будівельних матеріалів виготовляють у вигляді балочок (прямокутний паралелепіпед). Випробовуваний зразок

установлюють симетрично на дві циліндричні опори; руйнівне навантаження прикладається зверху посередині також на циліндричну опору (рис.2.3).



1- зразок 40×40×160 (мм);

2- опори циліндричні  
Рис. 2.3 Схема випробування матеріалу на вигин на машині «МІІІ-100»:

У даній лабораторній роботі для визначення границі міцності на поперечний вигин використовують машину «МІІІ-100». Машину «МІІІ-100» використовують для стандартних визначень механічних властивостей будівельних матеріалів, наприклад, з цементу і гіпсу.

Необхідне обладнання і матеріали:

- машина «МІІІ-100»;
- штангенциркуль;
- випробувальний зразок.

Границя міцності на поперечний вигин в загальному випадку, МПа (кгс/см<sup>2</sup>).

$$R_{\text{виг}} = \frac{3P_{\text{руйн}} \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}, \quad (2.3)$$

де  $P_{\text{руйн}}$  - руйнівне навантаження, кгс;

$l$  - відстань між опорами, см;

$b$  і  $h$  - боки перерізу зразка, см.

**Необхідне обладнання і матеріали:**

- машина «МІІІ-100»;
- штангенциркуль;
- випробувальний зразок.

Величину границі міцності на вигин будівельного матеріалу визначають на лічильнику машини «МІІІ-100».

Зразок: прямокутний паралелепіпед з затверділого цементно-піщаного розчину або гіпсового тіста.

Результати випробувань заносять до лабораторного журналу (табл. 2.3)

Т а б л и ц я 2.3

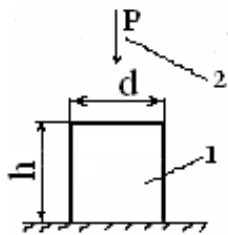
Визначення границі міцності на поперечний вигин

Назва показників		Розмірність	Результати		
			1	2	3
1	Розміри зразка ширина	см			
2	висота	см			
3	Відстань між центрами опор	см			

4	Показання лічильника приладу	кгс/см <sup>2</sup>			
5	Середнє значення границі міцності на поперечний вигин	кгс/см <sup>2</sup>			

## 2.4. Визначення опору удару

Опір удару - це властивість матеріалу пручатися руйнуванню під впливом одного або багаторазово миттєво прикладених механічних зусиль. Будівельний матеріал піддається таким механічним навантаженням у будівельних конструкціях, наприклад, фундаментах пресів, ковадел та ін.



1 – зразок циліндричної форми; 2 – ударне навантаження  
Рис. 2.4 Схема випробування матеріалу на опір удару на копрі

Будівельні матеріали випробують на копрах, наприклад, копрі Педжа (рис.2.4).

Міцність матеріалу характеризується роботою удару, що руйнує матеріал, чи питомою роботою вантажу, що приходить на одиницю об'єму:

$$R_{\text{уд}} = \frac{A}{V}; \quad R_{\text{уд}} = \frac{mg \cdot (\sum n)}{V}, \quad (2.4)$$

де  $A$  – робота при переміщенні вантажу;

$V$  – об'єм матеріалу, см<sup>3</sup>;

$m$  – маса вантажу, кгс;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\frac{m}{c^2}$ ;

$n$  – кількість зроблених ударів.

Для проведення випробувань необхідне наступне обладнання і матеріали:

- копер Педжа;
- штангенциркуль;
- випробувальний зразок.

Зразок: циліндр з затверділого гіпсового тіста.

Результати випробувань будівельного матеріалу на опір удару заносять до лабораторного журналу (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Визначення опору удару

Показники	Розмірність	Результати		
		1	2	3
Розміри зразка:				
діаметр	см			
висота	см			
Об'єм зразка	см <sup>3</sup>			
Маса падаючого вантажу	кгс			

Номер удару, при якому зразок зруйнувався				
Опір удару	кгс×см/см <sup>3</sup> (Дж/см <sup>3</sup> )			
Середнє значення опору удару	кгс×см/см <sup>3</sup> (Дж/см <sup>3</sup> )			



## Лабораторна робота №3

### ЦЕГЛА КЕРАМІЧНА

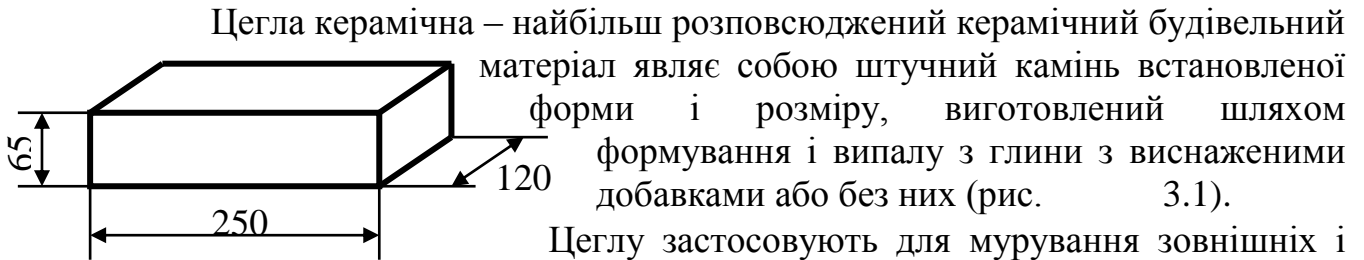


Рис. 3.1. Стандартні розміри керамічної цегли

Цеглу застосовують для мурування зовнішніх і внутрішніх стін та інших елементів будинків і споруд, а також для виготовлення стінових панелей і блоків.

До програми лабораторних випробувань внесені наступні властивості.

### 3.1. Визначення середньої густини (об'ємної маси) цегли

Висушена до постійної маси цегла керамічна повинна мати середню густину понад 1600 кг/м<sup>3</sup>. Для її визначення цеглу зважують з похибкою до 1 г. Штангенциркулем вимірюють (у см) довжину, ширину і товщину цегли по середині його граней. Об'єм цегли знаходять за допомогою множення раніше отриманих показників між собою. Знаючи масу й об'єм цегли, обчислюють її середню густину, кг/м<sup>3</sup>.

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \text{ [г/см}^3\text{; кг/м}^3\text{]}, \quad (3.1)$$

де  $m$  - маса сухої цегли, г;

$V$  - об'єм цегли, см<sup>3</sup>.

Прилади та обладнання: цегла керамічна, терези, штангенциркуль.

Отримані результати заносять до лабораторного журналу (табл. 3.1).

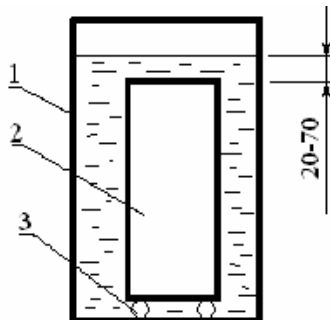
Таблиця 3.1

Визначення середньої густини (об'ємної маси)

№ зразка	Розміри, см			Об'єм, см <sup>3</sup>	Маса зразка, г	Середня густина зразка, г/см <sup>3</sup> , (кг/м <sup>3</sup> )	Середнє значення середньої густини, г/см <sup>3</sup> , (кг/м <sup>3</sup> )
	довжина	ширина	висота				
1							
2							
3							

### 3.2 Визначення водопоглинення цегли

Водопоглинення цегли, висушеної до постійної маси, повинне бути не менше



8%. Для визначення водопоглинення зразки цегли висушують за температури 105-110 °С до постійної маси. Висушені зразки встановлюють вертикально на дно посудини, після чого посудину наповняють водою настільки, щоб її рівень відповідав 1/3 висоти цегли. У такому стані зразки витримують протягом 12 год., після чого додають у посудину води до рівня, що відповідає 1/2 висоти цегли, і знову витримують у воді 12 год. Потім посудину наповняють водою до повного занурення зразків і в такому положенні витримують їх протягом 24 год. (рис. 3.2), після чого виймають, дають стекти воді, обтирають вологою тканиною і зважують з похибкою до 1 г.

1- посудина з водою; 2 – керамічна цегла; 3 – підкладки

Рис. 3.2 Насичення цегли водою

Штангенциркулем або металевою лінійкою вимірюють по серединах граней довжину, ширину і товщину цеглин. За отриманими даними обчислюють

об'єм цегли.

Водопоглинення цегли, %, обчислюють за формулами (за масою  $V_m$  і об'ємом  $V_0$ ):

$$\text{За масою} \quad B_m = \frac{m_n - m_c}{m_c} \cdot 100. \quad (3.2)$$

$$\text{За об'ємом} \quad B_0 = \frac{m_n - m_c}{V} \cdot 100, \quad (3.3)$$

де  $m_n$  – маса насиченої водою цегли, г;

$m_c$  – маса сухої цегли, г;

$V$  – об'єм цегли,  $см^3$ .

Знаючи водопоглинення за масою і середню густину, обчислюють (для перевірки) водопоглинення цегли за об'ємом:

$$B_0 = B_m \cdot \rho_0, \quad (3.4)$$

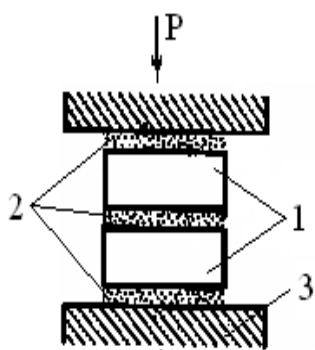
де  $\rho_0$  – середня густина цегли,  $г/см^3$ .

Результати випробувань заносять до лабораторного журналу (табл. 3.2).

### Визначення водопоглинення за масою та об'ємом

№ зразка	Розміри, см			Об'єм, см <sup>3</sup>	Маса, г		Середня густина, г/см <sup>3</sup>	Водопоглинення, %		Середнє водопоглинення, %	
	Довжина	Ширина	Висота		Сухого	Насиченого водою		За масою	За об'ємом	За масою	За об'ємом
1											
2											
3											

### 3.3. Визначення границі міцності на стиск цегли



1 – цегла керамічна; 2 – цементне тісто затверділе шаром 3-4 мм; 3 – плита гідралічного преса  
Рис. 3.3 Схема випробування цегли на стиск

Для визначення цього показника у встановленому порядку відбирають п'ять зразків цегли і розпилюють по ширині на дві рівні частини. Обидві половинки накладають одна на одну поверхнями розпилу в протилежні боки. Шов між цими половинками заповнюють цементним тістом з цементу марки 300 шаром не більше 5 мм. Тим же тістом шаром не більше 3 мм покривають обидві рівнобіжні ребру поверхні. Склеєні цементним тістом зразки, близькі за формою куба, повинні мати поверхні, взаємно рівнобіжні і перпендикулярні бічним граням. Зразки до випробування витримують на повітрі в приміщенні протягом 3-4 діб за температури 15±5 °С. Перед випробуванням металевою лінійкою за площиною склеювання половинок вимірюють ширину і довжину зразка. Площу поперечного перерізу зразка обчислюють за допомогою множення отриманих

розмірів. Випробують зразки на гідралічному пресі, при чому тиск під час випробування повинний передаватися плавно, без струсів і поштовхів, перпендикулярно його поверхні (рис. 3.3).

Границю міцності на стиск цегли, кгс/см<sup>2</sup> (МПа), визначають за формулою:

$$R_{cm} = \frac{P_{max}}{S}, \quad (3.5)$$

де  $P_{max}$  - руйнівне навантаження, кгс(н);

$S$  - площа поперечного перерізу зразка, см<sup>2</sup>.

Середнє значення границі міцності на стиск цегли обчислюють як середнє арифметичне з результатів випробування зразків. Відмічають також найменше

значення границі міцності зразка з п'яти випробувань. Результати випробувань заносять до табл. 3.3.

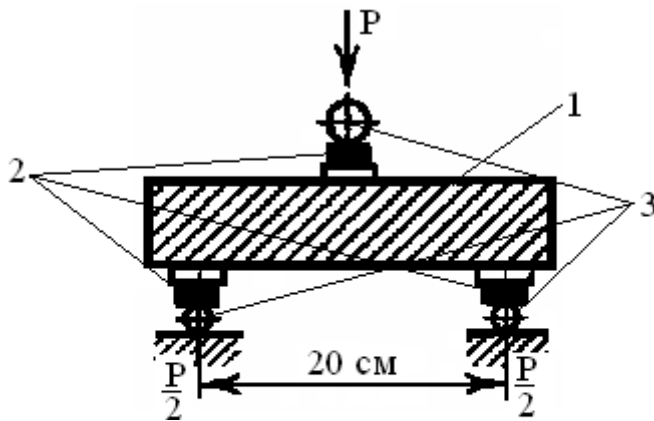
Таблиця 3.3

### Визначення границі міцності на стиск цегли керамічної

Номер зразка	Розміри поперечного перерізу, см		Площа поперечного перерізу, см <sup>2</sup>	Руйнівне навантаження, кг/см <sup>2</sup> (МПа)	Границя міцності на стиск, кг/см <sup>2</sup> (МПа)	Середнє значення границі міцності на стиск, кг/см <sup>2</sup> (МПа)
	a	b				
1						
2						
3						
4						
5						

### 3.4 Визначення границі міцності на вигин цегли

Для цього випробування у встановленому порядку відбирають п'ять цеглин. Кожну цеглу підготовляють для випробування за схемою роботи балки, що вільно лежить на двох опорах. На широкі грані цегли наносять за рівнем три смужки з цементного тіста шириною 2-3 см; одну смужку - посередині верхньої грані і дві - по краях нижньої так, щоб відстань між серединами смужок (проліт) дорівнювала



1 – зразок; 2 – смужки з цементного тіста; 3 – циліндричні опори

Рис. 3.4 Схема випробувань цегли на вигин

20 см. Тісто готують з води і цементу марки 300-400. Після нанесення смужок зразки витримують у приміщенні протягом 3-4 діб за температури  $15 \pm 5^\circ\text{C}$ . Перед випробуванням металевою лінійкою вимірюють товщину цегли і її ширину. Цеглу вкладають на дві циліндричні опори діаметром 20-30 мм. Навантаження від преса передається через верхній ролик діаметром 20-30 мм. Звичайно для цього випробування застосовують преси, що розвивають навантаження

в 5 тс (5000 кг). Випробування здійснюють при плавній подачі навантаження до перелому цегли (рис. 3.4).

Границю міцності на вигин цегли, кгс/см<sup>2</sup> (МПа), визначають за формулою (3.6):

$$\sigma_{\text{виг}} = \frac{3P_{\text{max}} \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}, \quad (3.6)$$

де  $P_{max}$  - руйнівне навантаження, кгс;

$l$  - довжина прольоту між опорами, дорівнює 20 см;

$b$  – ширина цегли, см;

$h$  - товщина (висота) цегли, см.

Середнє значення границі міцності на вигин цегли обчислюють, як середнє арифметичне з результатів випробування п'яти зразків. При цьому визначають також найменшу з п'яти випробувань границю міцності на вигин цегли .

Результати визначення границі міцності на вигин цегли заносять до лабораторного журналу (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

### **Визначення границі міцності на вигин цегли керамічної**

№ зразка	Розміри поперечного перерізу, см		Відстань між опорами, $l$ , см	Руйнівне навантаження $P$ , кгс/см <sup>2</sup>	Границя міцності на вигин, кг/см <sup>2</sup> (МПа)	Середнє значення границі міцності на вигин, кг/см <sup>2</sup> (МПа)
	$b$	$h$				
1						
2						
3						
4						
5						

### **3.5 Визначення марки цегли**

ДСТУ встановив наступні марки цегли керамічної: 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300 кгс/см<sup>2</sup>. Для визначення марки цегли необхідно знати такі показники: середня границя міцності на стиск цегли для п'яти зразків; найменша границя міцності на вигин для окремого зразка; середня границя міцності на вигин п'яти зразків цегли; найменша границя міцності на вигин цегли для окремого зразка.

При визначенні марки цегли слід керуватися нормативними вимогами ДСТ 530-80, представленими в табл. 3.5.

Результати визначення марки цегли заносять до журналу лабораторних робіт.

Таблиця 3.5

### Визначення марки цегли

Марка цегли	Границя міцності, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )					
	При стиску		На вигин			
	Для усіх видів		Для повнотілої цегли пластичного формування		Для повнотілої цегли напівсухого формування і пустотілої цегли	
	середня для 5 зразків	найменша для окремого зразка	середня для 5 зразків	найменша для окремого зразка	середня для 5 зразків	найменша для окремого зразка
300	30,0(300)	25,0(250)	4,4(44)	2,2(22)	3,4(34)	1,7(17)
250	25,0(250)	20,0(200)	3,9(39)	2,0(20)	2,9(29)	1,5(15)
200	20,0(200)	17,5(175)	3,4(34)	1,7(17)	2,5(25)	1,3(13)
175	17,5(175)	15,0(150)	3,1(31)	1,5(15)	2,3(23)	1,1(11)
150	15,0(150)	12,5(125)	2,8(28)	1,4(14)	2,1(21)	1,0(10)
125	12,5(125)	10,0(100)	2,5(25)	1,2(12)	1,9(19)	0,9(9)
100	10,0(100)	7,5(75)	2,2(22)	1,1(11)	1,6(16)	0,8(8)
75	7,5(75)	5,0(50)	1,8(18)	0,9(9)	1,4(14)	0,7(7)

Таким чином, порівнявши відповідність отриманих результатів випробування зразків вимогам ДСТУ, визначають марку цегли даної партії.

Результати визначення марки цегли заносять до журналу лабораторних робіт.

## Лабораторна робота № 4

### ВИПРОБУВАННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ГІПСУ

Гіпсові зв'язувальні речовини - це повітряні зв'язувальні, що складаються в основному з напівводного гіпсу чи ангідриду, утворені тепловою обробкою сировини і помелом. Сировиною для одержання гіпсових зв'язувальних найчастіше служить гірська порода - гіпс, що складається переважно з мінералу гіпсу  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . Використовують також ангідрид  $CaSO_4$  і відходи промисловості (фосфогіпс, борогіпс та ін.).

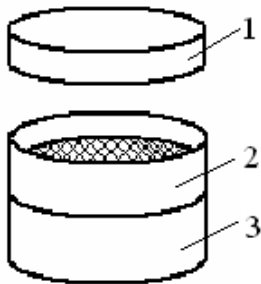
Залежно від температури теплової обробки гіпсові зв'язувальні підрозділяють на дві групи: високовипалені, що повільно тужавіють і повільно твердіють (виготовляються за температури  $600 \div 900^\circ C$  - до них відноситься високовипалений гіпс), та низьковипалені, що швидко тужавіють і швидко твердіють (виготовляються за температури  $110 \div 170^\circ C$ ), до них відносяться: будівельний, формувальний і високоміцний гіпс.

Гіпсові зв'язувальні використовують для виготовлення гіпсових і гіпсобетонних будівельних виробів у керамічній і порцеляново-фаянсовій промисловості, для готування мулярських і штукатурних розчинів.

Методи фізичних і механічних випробувань гіпсового зв'язувального встановлені ДСТУ, згідно з яким гіпс поділяється на марки.

До програми лабораторних випробувань внесені наступні властивості гіпсових зв'язувальних: тонкість помелу, водопотреба, терміни тужавіння, міцність на розтяг, на вигин і на стиск (марка).

#### 4.1 Визначення тонкості помелу



1 – кришка; 2 – сито; 3 – денце

Рис. 4.1 Визначення тонкості помелу гіпсу

Тонкість помелу характеризується масою гіпсового зв'язувального (відсоток проби, узятій для просівання, але не менш 50 г), яке залишилося при просіванні на ситі з отворами розміром у світлі 0,2 мм. Встановлено три ступені помелу, що позначаються відповідно: I (грубий помел - залишок на ситі не більше **30%**), II (середній помел - залишок на ситі не більш **15%**), III (тонкий помел - залишок на ситі не більше **2%**).

Для визначення тонкості помелу гіпсового зв'язувального потрібно таке обладнання: порцелянова чашка, ложка, технічні ваги, сито з кришкою і денцем, годинник, сушильна шафа.

Тонкість помелу гіпсу визначають у такий спосіб: 50 г гіпсу, попередньо висушеного в сушильній шафі протягом 1 год. За температури  $50 \pm 5^\circ C$ , зважують з точністю до 0,1 г і висипають на сито з розміром вічок 0,2 мм (рис. 4.1).

Сито закривають кришкою і просівають гіпс вручну як на механічній установці; просіювання вважається закінченим, якщо протягом 1 хв. крізь сито проходить не більше 0,05 г гіпсу. Контрольне просівання виконують на аркуші чорного паперу при зняттю із сита денці. Гіпс просівають тільки через сухе сито

з металевою сіткою, що має квадратні отвори. Після просівання сито ретельно прочищають.

Тонкість помелу гіпсу обчислюють у відсотках з похибкою не більше 0,1 % як відношення маси, що залишилась на ситі, до маси первісної проби. За величину тонкості помелу приймають середнє арифметичне результатів двох випробувань. Дані, отримані при випробуванні, заносять до лабораторного журналу (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

#### Визначення тонкості помелу гіпсу

Показники	Розмір-ність	Результати		
		1	2	3
Наважка гіпсу	Г			
Залишок гіпсу на ситі N02	Г			
Тонкість помелу	%			
Середній результат	%			

#### 4.2 Визначення стандартної консистенції (нормальної густини) гіпсового тіста

Для визначення стандартної консистенції (нормальної густини) гіпсового тіста потрібно: 2 порцелянові чашки, чашкові ваги з важками, шпатель для перемішування тіста, лабораторний ніж, мірний циліндр 100 мл, прилад Суттарда, колба з водою, м'яка тканина, секундомір.

Кількість води в гіпсовому тісті впливає на властивості свіжозамішеного гіпсового тіста і затверділого гіпсу. Тому для одержання порівняних результатів випробувань спочатку визначають "нормальне" співвідношення між гіпсом і водою і дотримуються його при всіх подальших випробуваннях.

Стандартну консистенцію виражають процентним вмістом води, необхідним для замішування 100 г гіпсу. Стандартна консистенція звичайно коливається в межах 45-75 % від ваги гіпсу і характеризується діаметром розпливу гіпсового тіста, що випливає з циліндра прибору. Діаметр розпливання повинний бути рівним  $180 \pm 5$  мм.

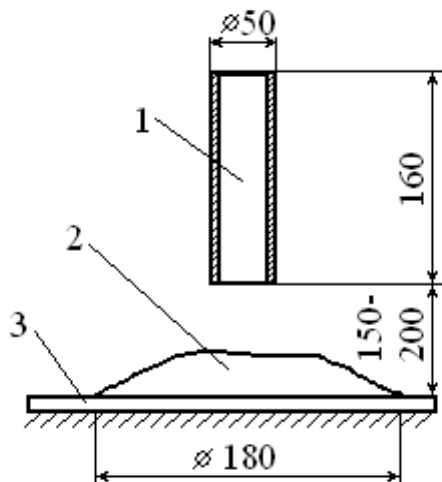
Стандартну консистенцію (нормальну густину) гіпсового тіста, найчастіше визначають за допомогою віскозиметра Суттарда, що складається з мідного або латунного циліндра з внутрішнім діаметром 50 мм, висотою 100 мм і квадратного листового скла з розміром сторони 200 мм. Циліндр повинний бути точно виготовлений і гарно відполірований з боків всередині.

На щільний лист паперу наносять ряд концентричних кіл діаметром 6-20 см, причому кола діаметром 15-22 см наносять через кожен 1 см, а кола діаметром 17-19 см - через кожні 5 мм. Папір розміщують між двома листами скла. Зручно, якщо кола нанесені безпосередньо на скло.



Перед випробуванням, циліндр і скляну пластинку змочують чистою водою за допомогою м'якої тканини. Скляну пластинку ставлять строго горизонтально, а циліндр - у середині концентричних кілець.

При визначенні стандартної консистенції зважують у порцеляновій чашці 300 г гіпсу. В іншу порцелянову чашку мірним циліндром наливають воду кількістю 50-70 % від ваги гіпсу. Гіпс тонким струменем додають протягом 2-5 секунд і швидко розмішують шпателем знизу вгору протягом 30 секунд до одержання однорідної маси. Потім швидко виливають масу у циліндр,



1 – віскозиметр Суттарда; 2 – корж гіпсового тіста; 3 – пластина скляна градуйована

Рис. 4.2 Схема визначення густини гіпсового тіста

поставлений на скло, і лабораторним ножом вирівнюють поверхню гіпсу з краями циліндра. Через 45 секунд від початку засипання гіпсу у воду, або через 15 секунд після закінчення перемішування розчину циліндр швидко піднімають вертикально на висоту 15-20 см і відводять убік. Гіпсове тісто розливається на склі в конусоподібний корж (рис. 4.2), діаметр якого вимірюють безпосередньо після підняття циліндра лінійкою в двох перпендикулярних напрямках з похибкою не більше 6 мм і обчислюють середнє арифметичне

значення.

Якщо діаметр розпливання тіста не відповідає величині  $180 \pm 5$  мм, випробування повторюють із зміненою масою води. При меншому діаметрі коржа кількість води затворення збільшують, при більшому - зменшують.

Дані, отримані при випробуванні, заносять до лабораторного журналу (табл. 4.2).

Т а б л и ц я 4.2

Визначення стандартної консистенції (нормальної густини) гіпсового тіста

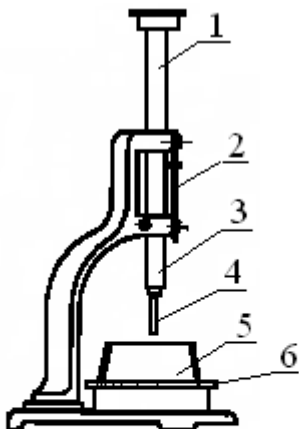
Показники	Розмір-ність	Результати		
		1	2	3
Маса гіпсу	г			
Кількість води	г			
Вміст води (в процентах від маси гіпсу)	%			
Діаметр розпливання в двох перпендикулярних напрямках	см			
Середній діаметр розпливання	см			

Нормальна густина гіпсового тіста	%	
-----------------------------------	---	--

### 4.3 Визначення термінів тужавіння

Для визначення термінів тужавіння гіпсу потрібно таке обладнання: 2 порцелянові чашки, шпатель для перемішування тіста, чашкові ваги з важками, мірний циліндр ємністю 100 мілілітрів, лабораторний ніж, секундомір, прилад Віка (стандартний прилад для визначення термінів тужавіння).

Порошок будівельного гіпсу, замішений водою, втрачає пластичність, поступово загустіває (це відповідає початку тужавіння) і згодом остаточно твердішає, перетворюючись на камінь (що відповідає кінцю тужавіння). Визначення термінів тужавіння має практичне значення, тому що після початку тужавіння гіпсове тісто, або гіпсовий розчин гіпсобетону розміщати у формі або наносити на поштукатурену поверхню не можна, особливо це неприпустимо після



1 – стержень; 2 – шкала; 3 – станина; 4 – голка; 5 – кільце конічне; 6 – пластинка

Рис. 4.3 Визначення термінів тужавіння гіпсового тіста на приладі Віка

закінчення тужавіння. Гіпсові будівельні суміші застосовують з моменту замішування гіпсу водою до початку його схоплювання.

Визначають терміни схоплювання гіпсового тіста за допомогою стандартного приладу Віка, маса рухливої частини якого разом з голкою складає  $300 \pm 2$  г. Рухомий металевий стержень 1 із вказівною стрілкою рухається у вертикальному напрямку біля шкали 2 з поділками від 0 до 40 мм, закріпленої на станині 3 приладу. У нижній частині стержня гвинтом закріплена сталева голка 4 діаметром 1,1 мм, довжиною 50 мм.

Під голкою розміщена скляна пластинка розміром  $10 \times 10$  см, на яку встановлюють ебонітове або латунне кільце 5 висотою  $40 \pm 0,5$  мм і діаметрами - верхнім  $65 \pm 5$  мм і

нижнім  $75 \pm 5$  мм, змазане мінеральною олією (рис. 4.3).

Перед проведенням випробування необхідно перевірити положення вказівної стрілки, яка повинна збігатися з нульовою поділкою шкали, коли стержень вільний і голка торкається поверхні скляної пластинки, розміщеної на підставці приладу. При відхиленні від нульової поділки шкала приладу відповідним чином пересувається. Перед початком випробувань потрібно перевірити, чи вільно опускається стержень приладу.

Терміни тужавіння гіпсового тіста визначають у такий спосіб. У порцелянову чашку за допомогою мірного циліндра наливається така кількість води, що відповідає стандартній консистенції (нормальній густини) гіпсового тіста. Для випробування зважують 200 г гіпсу. Тонким струменем гіпс всипають у воду протягом 30 секунд, перемішуючи суміш шпателем або лопаточкою. Після цього

масу наливають у кільце приладу, надлишок її зрізають ножом і ним же вирівнюють поверхню. Потім кільце з тістом поміщають під голку, приводять її в зіткнення з поверхнею тіста в центрі кільця і закріплюють стержень стопорним гвинтом. Опускають голку в тісто через кожні 30 с, щоб кожного разу вона занурювалася в нове місце. Після кожного занурення голку ретельно витирають тканиною, а кільце пересувають. На початку випробування голку при зануренні необхідно трохи гальмувати, щоб вона не зігнулася при ударі об скло.

Початок тужавіння гіпсу характеризується проміжком часу в хвилинах, що пройшов від початку замішування гіпсу (висипання гіпсу у воду) до того моменту, коли голка при зануренні в тісто перший раз не дійшла до скляної пластинки.

Кінець тужавіння характеризується проміжком часу від початку замішування гіпсу водою до моменту, коли голка занурюється в тісто не більше ніж на 1 мм.

Дані, отримані при випробуванні, заносять до лабораторного журналу (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Показники	Розмір-ність	Результати			
		1	2	3	середнє
початок замішування	хв. та сек.				
початок тужавіння	хв. та сек.				
кінець тужавіння	хв. та сек.				

Змінити терміни тужавіння гіпсу можна шляхом додавання в невеликих кількостях сповільнювачів (0,5-2% від ваги гіпсу) або прискорювачів тужавіння. Сповільнювачами тужавіння є вапно, малярський клей, а прискорювачами - мило, галун, сульфат натрію ( $Na_2SO_4$ ).

#### 4.4 Виготовлення зразків для визначення міцності гіпсу на стиск, вигин

Для проведення випробування застосовують: чашку, виготовлену з корозійностійкого матеріалу, лінійку довжиною 250 мм, мірний циліндр ємністю 1 літр, шпатель, лабораторний ніж, мінеральна олія для змазування форм, металеві форми для виготовлення зразків-балочок розміром 40×40×160 мм, прес гідравлічний, прилад для визначення міцності на стиск, що складається з двох металевих натискних пластин.

Для проведення випробувань потрібно мати не менше трьох зразків-балочок розміром 40×40×160 мм, для виготовлення яких беруть пробу гіпсової зв'язувальної масою від 1,0 до 1,6 кг. Гіпсову зв'язувальну протягом 5...20 с засипають у чашку з водою, взятого в кількості, необхідній для одержання тіста стандартної консистенції (нормальної густини). Після засипання зв'язувальної речовини суміш інтенсивно перемішують протягом 60 с до одержання однорідного тіста і заливають у форми. Внутрішню поверхню металевих форм змазують мінеральною олією. Відсіки форми наповнюють одночасно, для чого чашку з гіпсовим тістом рівномірно просувають над формою. Для видалення захопленого повітря після заливання форму струшують 5 разів, для чого її

піднімають за торцеву сторону на висоту 8...10 мм і відпускають. Після настання початку тужавіння надлишки гіпсового тіста знімають лінійкою, пересуваючи її по верхніх гранях форми перпендикулярно до поверхні зразків. Через 15±5 хвилин після кінця тужавіння зразки витягають з форми, маркують і зберігають у приміщенні для випробувань.

Міцність зразків визначають через 2 години після контакту гіпсової зв'язувальної з водою.

#### 4.5 Визначення границі міцності на вигин

Зразок встановлюють на опори приладу «МІІІ-100» або іншого згинаючого пристрою таким чином, щоб ті його грані, що були горизонтальними при виготовленні, знаходилися у вертикальному положенні.

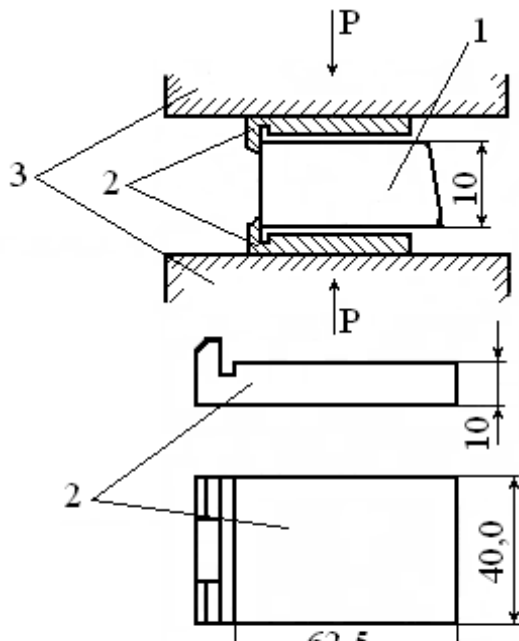
Границя міцності на вигин обчислюється як середнє арифметичне результатів трьох випробувань. Дані, отримані при випробуванні, заносять до лабораторного журналу (див. таблицю 4.4).

Таблиця 4.4

Визначення границі міцності на вигин

Показники	Розмірність	Результати		
		1	2	3
Вік зразка	год.			
Відстань між опорами (L)	см			
Розміри поперечного перерізу, ширина (b) висота (h)	см см			
Руйнівне навантаження (P)	кгс			
Границя міцності на вигин	кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			
Середнє значення границі міцності на вигин	кгс/см <sup>2</sup> (МПа)			

#### 4.6 Визначення границі міцності на стиск



1 – зразок; 2 – пластина; 3 –  
плита гідравлічного пресу  
Рис. 4.4 Схема  
випробування гіпсу на стиск  
гідравлічного пресу

Отримані після випробування на вигин шість половинок балочок відразу випробовують на стиск. Зразки поміщають між двома пластинами таким чином, щоб бічні грані, які виготовлені прилягали до подовжніх стінок форм, знаходилися на площинах пластин, а упори пластин щільно прилягали до торцевої гладкої стінки зразка.

Зразок разом із пластинами піддають стиску на пресі (рис. 4.4).

Середня швидкість наростання навантаження при випробуванні повинна бути  $10 \pm 5$  кгс/см<sup>2</sup> у секунду; тривалість випробування -  $5 \div 30$  с.

Границю міцності на стиск одного зразка обчислюють як частку від розділу величини руйнівного навантаження (у Н чи кгс) на робочу площу пластини, що дорівнює 25 см<sup>2</sup>. Границю міцності на стиск визначають як середнє

арифметичне результатів шести випробувань без найбільшого і найменшого результатів. Дані, отримані при випробуванні, заносять до лабораторного журналу (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5

### Визначення границі міцності на стиск

Номер зразка	Вік зразка	Розрахункова площа поперечного перерізу, F (см <sup>2</sup> )	Руйнівне навантаження P, кгс	Границя міцності на стиск, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Висновок:

## Лабораторна робота № 5

### ВАПНО БУДІВЕЛЬНЕ

Випробування вапна виконується відповідно до вимог ДСТУ. Будівельне вапно - це зв'язувальна речовина, одержувана шляхом випалу нижче температури спікання кальцієво-магнієвих карбонатних гірських порід - крейди, вапняків, доломітизованих вапняків, доломітів та ін.

Залежно від умов твердіння будівельне вапно поділяється на повітряне (яке забезпечує твердіння будівельних розчинів і бетонів та збереження ними міцності в повітряно-сухих умовах) і на гідравлічне (яке забезпечує твердіння будівельних розчинів і бетонів та збереження ними міцності як на повітрі, так і у воді).

Повітряне вапно за видом основного окислу, що міститься в ньому, поділяється на кальцієве, магнезіальне і доломітове.

Гідравлічне вапно за гідравлічними властивостями поділяється на слабо гідравлічне і сильно гідравлічне.

За зовнішнім виглядом вапно поділяється на грудкове і порошкоподібне.

Порошкоподібне вапно підрозділяється на мелене і гідратне, одержуване шляхом гідратації (гасіння) кальцієвого, магнезіального і доломітового вапна.

За основними властивостями вапно будівельне повинне відповідати наступним технічним вимогам (табл. 5.1).

**Примітка.** У дужках зазначений склад  $MgO$  для доломітового вапна. Вологість гідратного вапна не повинна бути більше 5 %.

Тонкість помелу всіх сортів і видів вапна - залишок часток на ситах із сіткою:

№ 02 - не більше 1 %;

№ 008 - не більше 10 %.

Час гасіння для всіх сортів повітряного негашеного вапна складає:

що швидко гаситься - не більше 6 хв.;

що середньо гаситься - не більше 25 хв.;

що повільно гаситься - не менше 25 хв.

Таблиця 5.1

Вапно будівельне. Технічні вимоги (ДСТУ).

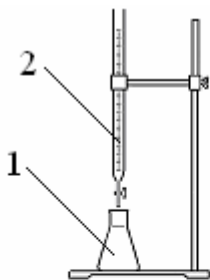
Методи випробування (ДСТУ)

Показники	Норми							
	Кальцієве вапно, сортів			Магнезіальне доломітове вапно, сортів			Гідратне вапно, сортів	
	1	2	3	1	2	3	1	2

Продовження таблиці 5.1

1. Склад активних $CaO + MgO$ у перерахуванні на суху речовину у відсотках не менше:								
а) у негашеному вапні без добавок	90	80	70	85	75	65	67	60
б) у негашеному вапні з добавками	65	55		60	50		50	40
2. Склад активних $CaO + MgO$ у відсотках; не більше:	5	5	5	20	20	20(40)	-	-
а) без добавок	3	5	7	5	8	11	3	5
б) з добавками	4	6	-	6	9	-	2	4
3. Склад негашених зерен у негашеному грудковому вапні у відсотках, не більше:	7	11	14	10	15	20		

### 5.1 Визначення сумарного складу активних оксидів кальцію і магнію в кальцієвому вапні



1 – бюретка з 1Н НСІ; 2 – колба з розчином НСІ + фенол-фталеїн

Рис. 5.1 Визначення сумарного вмісту  $CaO + MgO$  методом титрування

Наважку масою 1,0 г вміщують у конічну колбу місткістю 250 мл, наливають 150 мл дистильованої води, додають 3-5 скляних кульок, закривають склянню лійкою або годинниковим склом і нагрівають 5-7 хв. до температури кипіння. Розчин охолоджують до температури 20-30°C, промивають стінки колби і склянню лійку (годинне скло) кип'яченою дистильованою водою, додають 2-3 краплі 1%-го спиртового розчину фенолфталеїну і титрують при постійному збовтуванні 1Н розчином соляної кислоти до повного знебарвлення розчину. Титрування вважають закінченим, якщо протягом 8 хв. при періодичному збовтуванні розчин залишається безбарвним.

Титрування необхідно проводити повільно, додаючи кислоту по краплях (рис. 5.1).

Склад активних оксидів кальцію і магнію (А) у відсотках для негашеного вапна обчислюють за формулою:

$$A = \frac{V \times T_{CaO} \times 100}{Q}, \quad (5.1)$$

де  $V$  – об'єм розчину 1Н  $Q$  соляної кислоти, витраченого на титрування, мл;

$T_{CaO}$  – титр 1Н розчину соляної кислоти,  $T_{CaO} = 0,02804$

$Q$  – маса змішаного вапна, г.

Результат заносять до таблиці 5.2. Чисельне значення  $T_{CaO}$  визначається в лабораторних умовах.

Таблиця 5.2

Визначення складу активних  $CaO + MgO$   
при вмісті у вапні  $MgO$  до 5 %

Показники	Розмір-ність	Результати		
		1	2	3
Маса вапна, що розтирається	г			
Маса розтертого вапна	г			
Час нагрівання вмісту колби	хв.			
Кількість води	г			
Кількість 1Н розчину соляної кислоти, затраченого на титрування	мл			
Виправлення до титру				
Склад активних $CaO + MgO$	%			
Середній склад активних $CaO + MgO$	%			

5.2 Визначення вмісту негашених зерен

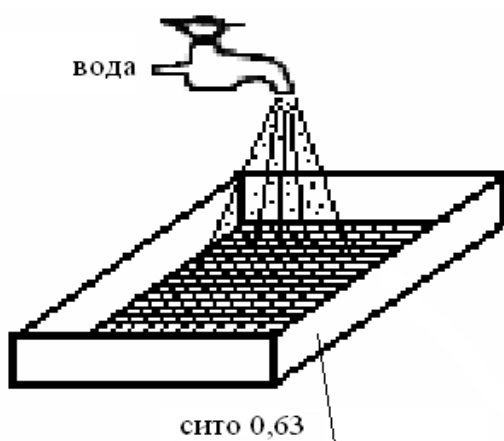


Рис. 5.2 Визначення вмісту негашених зерен

наконечником. Залишок на ситі висушують за температури 140-150°C до постійної маси. Склад негашених зерен ( $H.3.$ ) у відсотках обчислюють за формулою:

У металеву посудину циліндричної форми місткістю 8-10 л наливають 3,5-4 л нагрітої до температури 85-90°C води і всипають 1 кг негашеного вапна, безупинно помішуючи вміст до закінчення інтенсивного виділення пару (кипіння). Отримане тісто закривають кришкою і витримують 24 год., потім розбавляють холодною водою до консистенції вапняного молока і промивають на ситі із сіткою № 063 (рис. 5.2) слабким безупинним струменем, злегка розтираючи м'які шматочки скляною паличкою з гумовим



$$H.3. = \frac{m \times 100}{1000}, \quad (5.2)$$

де  $m$  - залишок на ситі після висушування, г.

Дані випробування заносять до лабораторного журналу (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

### Визначення складу негашених зерен у вапні

Показники	Розмірність	Результати		
		1	2	3
Маса негашеного вапна	г			
Кількість води	г			
Тривалість гасіння	хв.			
<b>Вихід вапняного тіста</b>	г			
Маса залишку після промивання	г			
Сито, № 063				
Склад негашених зерен у вапні	%			
Середнє значення	%			

### 5.3 Визначення температури і часу гасіння вапна

Для визначення температури і часу гасіння вапна використовують побутовий термос місткістю 500 мл (рис. 5.3).

Маса наважки вапна визначається за формулою (5.3), г.:

$$G = \frac{1000}{A}, \quad (5.3)$$

де  $A$  - склад активних оксидів кальцію і магнію у вапні, %.

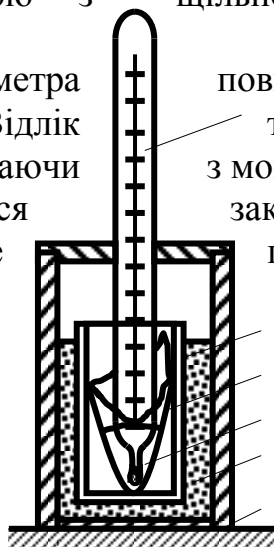
Масу наважки поміщають у термосну колбу, вливають 25 мл води, яка має температуру 20°C і швидко перемішують дерев'яною відполірованою паличкою. Колбу закривають пробкою з щільно вставленим термометром на 100°C і дають спокій.

Ртутна кулька термометра реагуючу суміш. Відлік проводять щохвилини, починаючи

Визначення вважається хвилин температура не

повинна бути цілком зануреною у температури реагуючої суміші з моменту додавання води.

закінченим, якщо протягом чотирьох підвищується більше, ніж на 1°C.



1

2

3

4

5

6

1-термометр; 2-посудина Дюара; 3-кульок паперовий; 4-вапно молоте; 5-теплоізоляція; 6-термостат

Рис. 5.3 Схема термостата для визначення часу і температури

За час гасіння приймають час з моменту додавання води до початку періоду, коли збільшення температури не перевищує  $0,25^{\circ}\text{C}$  за хвилину.

Дані випробування заносяться до лабораторного журналу (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Визначення часу і температури гасіння вапна

Показники	Розмір-ність	Результати		
		1	2	3
Наважка вапна	г			
Кількість води	г			
Час початку дослід, год	хв.			
<b>Час закінчення дослід, год</b>	<b>хв.</b>			
<b>Час гасіння вапна, год</b>	<b>хв.</b>			
Максимальна температура гасіння	$^{\circ}\text{C}$			
Вид вапна за часом гасіння (середній результат)				

## Лабораторна робота № 6

### ВИПРОБУВАННЯ ЦЕМЕНТУ. ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТУ

Методи фізичних і механічних випробувань портландцементу, пуцоланового портландцементу, шлакопортландцементу, глиноземистого цементу і деяких інших видів гідралічних зв'язувальних речовин встановлені ДСТУ.

Найбільш широко в будівництві застосовуються портландцемент, пуцолановий портландцемент і шлакопортландцемент.

Для оцінки якості цементу визначають його фізичні і механічні властивості.

Постачання цементу одного найменування поділяється на партії по 500 т кожна. Для проведення випробувань цементу від кожної партії відбирається проба в 20 кг. Перед випробуванням пробу цементу просівають через сито N 09 (розмір вічок у світлі 0,9×0,9 мм).

Перед випробуванням усі матеріали (цемент, пісок, вода) витримують до прийняття ними температури повітря лабораторії, що повинна бути 20±5 °С.

#### 6.1 Визначення нормальної густини цементного тіста

Суміш цементу з водою без добавки піску являється цементним тістом. Кількість води в цій суміші дуже впливає на рухливість цементного тіста і міцність цементного каменю. Для одержання порівняних результатів випробувань необхідно спочатку визначити "нормальне" співвідношення між цементом і водою, і підтримувати його при подальших випробуваннях.

Нормальна густина цементного тіста - це така його консистенція, при якій товкачик приладу Віка не доходить до денця конічного кільця на 5-7 мм. Нормальну густину тіста характеризують вмістом води у відсотках від маси цементу і для різних цементів вона знаходиться в межах 20-40 %.

Прилад Віка з товкачиком складається з металевої станини, у втулці якої вільно переміщується у вертикальному напрямку металевий стержень.

У нижній кінець стержня приладу закріплюють металевий циліндр діаметром 10 мм, довжиною 50 мм.

Стержень постачений стрілкою для відліку занурення за шкалою, закріплено на станині. Маса стержня з товкачиком – 300 г. На площадку під стержень на скляну пластинку встановлюють конічне кільце висотою 40 мм, у яке поміщають випробуване цементне тісто (рис. 6.1).

Нормальна густина цементного тіста визначається в наступному порядку: у порцеляновій чашці зважують 400 г цементу з точністю до 1 г, поміщують його в металеву чашку сферичної форми, протерту вологою тканиною, і роблять у цементі заглиблення, у яке в один прийом наливають воду, зважену з точністю до 0,5 г.

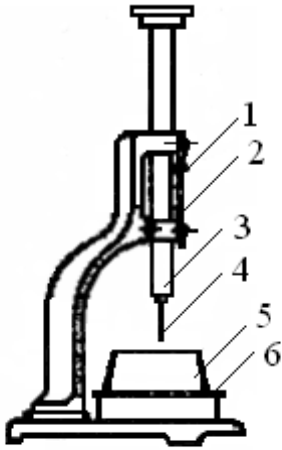


Рис. 6.1. Схема приладу Віка з пестиком Тетмайера для визначення нормальної густоти цементного тіста: 1-стрілка; 2-шкала; 3-стрижень; 4 - пестик Тетмайера; 5 - кільце конічне; 6 - пластинка

1 – стрілка; 2 – шкала; 3 – стрижень; 4 – товкачик Тетмайера; 5 – кільце конічне; 6 – пластинка

Рис. 6.1 Схема приладу Віка з товкачиком Тетмайера для визначення нормальної густини цементного тіста

звільнення стержня відраховують занурення товкачика за шкалою.

Густина цементного тіста вважається нормальною, якщо товкачик не доходить до скляної пластинки на 5-7 мм. Якщо товкачик занурюється глибше, кількість води взято більше, ніж необхідно для нормальної густини. При меншому зануренні товкачика води узято недостатньо. У цих випадках необхідно зробити повторні замішування доти, доки буде знайдена нормальна густина тіста.

Отримані результати заносять до лабораторного журналу (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

### Визначення нормальної густини цементного тіста

Номер досліджу	Спробна кількість			Показання приладу Віка Товкачик Тетмайера не доходить до дна (мм)
	цементу	води		
	г	г	%	
1				
2				
3				

Висновок про нормальну густина цементного тіста:

Судину для зважування води потрібно тарувати в змоченому водою стані. Після додавання води негайно заповнюють заглиблення цементом і через 30 с після цього спочатку обережно, а потім енергійно розтирають тісто лопаткою. При цьому розтирання повинне проводитись навперемінно у взаємно перпендикулярних напрямках. Тривалість перемішування цементу з водою 5 хв. із моменту додавання води. Перед проведенням визначення потрібно переконавшись, чи вільно опускається стержень приладу, а також перевірити нульове показання приладу, привівши товкачик в зіткнення з пластинкою.

Наповнене в один прийом цементним тістом кільце п'ять-шість разів струшують, стукаючи скляною пластинкою об стіл. Потім

поверхню тіста вирівнюють із краями кільця, зрізуючи надлишок тіста змоченим водою ножем.

Приводять товкачик в центрі конічного кільця в зіткнення з поверхнею тіста і закріплюють стержень гвинтом, після чого, швидко відгвинчуючи закріпний гвинт, звільняють стержень і дають товкачику вільно занурюватися в тісто. Через 30 с з моменту

Нормальна густина тіста \_\_\_\_\_% (від маси цементу).

## 6.2 Визначення термінів тужавіння цементного тіста

Замішаний водою цемент, втрачаючи пластичність, поступово загусає (що відповідає початку тужавіння) і переходить в каменеподібний стан (настає кінець тужавіння). Терміни тужавіння цементу мають важливе значення для проведення робіт, тому що регламентують можливі терміни перевезення і укладання розчинної або бетонної суміші.

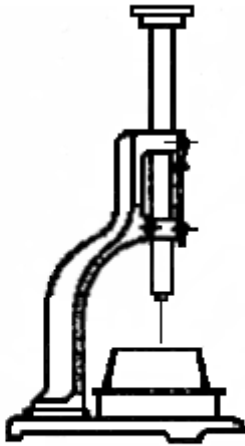


Рис. 6.2 Схема приладу Віка з голкою для визначення строків тужавіння

Для визначення термінів тужавіння цементу потрібне обладнання, зазначене в попередній роботі, але в прилад Віка, замість товчачика, у стержень закріплюється голка площею перетину 1,1 мм і на верхню частину стержня закріплюється додатковий вантаж, щоб зберегти загальну масу стержня з голкою 300 г (рис. 6.2). Терміни тужавіння цементу визначають у наступній послідовності.

У сферичній металевій чашці готують цементне тісто нормальної густини: 400 г цементу і відповідна кількість води; раніше описаним способом заповнюють кільце тістом і встановлюють його на столик приладу під голку. Голку приладу Віка доводять до зіткнення з поверхнею тіста, закріплюють стержень гвинтом, після чого, відгвинчуючи гвинт, звільняють стержень і дають голці вільно занурюватися в тісто. Голку занурюють у тісто через кожні 10 хв., пересуваючи кільце після кожного занурення, щоб голка щоразу потрапляла в інше місце.

Після кожного занурення голку потрібно витирати ганчірочкою.

Початком тужавіння цементного тіста вважають час від початку замішування, тобто доливання води, до моменту, коли голка не буде доходити до дна на 1-2 мм.

Кінцевим моментом тужавіння цементного тіста вважають час від початку замішування до моменту, коли голка буде занурюватися в тісто не більше, ніж на 1-2 мм.

Відповідно до стандарту початок тужавіння цементу має наставати не раніше 45 хв., а кінець тужавіння - не пізніше 10 ч від початку замішування.

Оскільки визначення термінів тужавіння цементу подібно визначенню термінів тужавіння гіпсу, з огляду на тривалість проведення випробування (2-8 годин), ця робота студентами не виконується. До журналу лабораторних робіт заносять необхідні дані і виконують опис роботи. Результати випробування заносять до лабораторного журналу (табл. 6.2).

**Визначення термінів тужавіння**

Показники	Розмірність	Результати		
		1	2	3
Наважка цементу	г			
Кількість води для тіста нормальної густини	г			
Переріз голки	мм			
Початок замішування	год.			
Час перемішування	год.			

Норма ДСТУ

а) початок тужавіння не раніше \_\_\_\_ хв.

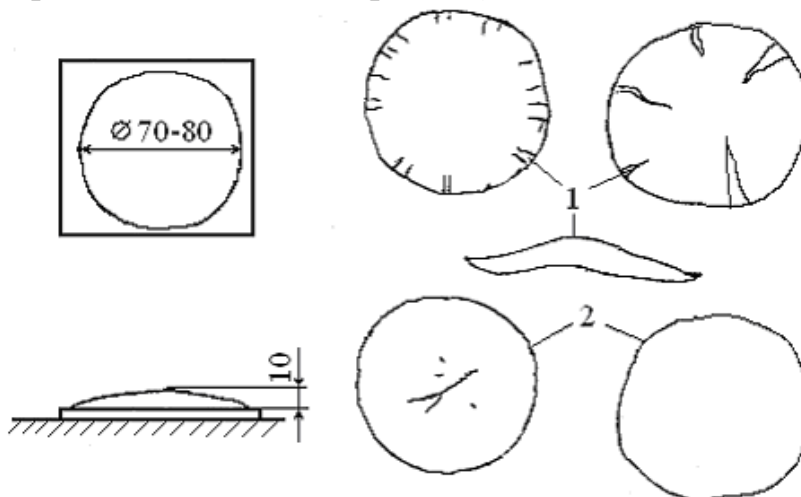
б) кінець тужавіння не пізніше \_\_\_\_ год.

**6.3 Визначення рівномірності зміни об'єму цементу під час твердіння**

При недостатній тонкості помелу, неправильному збереженні і наявності в різних кількостях домішок  $CaO$ ,  $Mg$ ,  $CaSO_4$  може спостерігатися нерівномірна зміна об'єму цементу у процесі твердіння цементного тіста.

Рівномірність зміни об'єму цементу визначається в наступному порядку.

З тіста нормальної густини вручну роблять чотири кульки (діаметром близько 5 см), що укладаються на скляну пластинку, протерту машинною олією. Потім пластинку струшують до розпливання кульок у коржі діаметром 7-8 см і товщиною в середині близько 1 см (рис.6.3).



1 – коржі, що не витримали випробувань; 2 – коржі, що витримали випробування

Рис. 6.3 Коржі із цементного тіста для випробувань на рівномірність зміни об'єму цементу під час твердіння

Для одержання гладкої поверхні коржі згладжують від зовнішніх країв до центра ножем, змоченим водою. Виготовлені коржі протягом 24 ( $\pm 2$ ) год. з

моменту виготовлення зберігають за температури  $20\pm 5^{\circ}$  у ванні з гідравлічним засуvom, а потім випробовують.

Чотири цементні коржі через  $24\pm 2$  год. після замішування знімають із пластинок, виймають з ванни і поміщують у бачок з водою на решітку. Воду в бачку доводять до кипіння, що підтримують протягом 4 ч, після чого коржі в бачку охолоджують і оглядають негайно після випробування. Цемент визнається доброякісним, якщо на поверхні коржів не виявляються радіальні тріщини, що доходять до країв зразка, або сітки дрібних тріщин, видимих у лупу чи неозброєним оком, а також якщо не виявляються скривлення коржів.

Результати випробувань заносять до лабораторного журналу (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Визначення рівномірності зміни об'єму при твердінні

Показники	Розмірність	Результати		
		1	2	3
Наважка цементу	г			
Нормальна густина цементного тіста	%			
Кількість води	г			
Кількість зразків коржів (оладки)	шт.			
Збереження зразків				
	год.			
	год.			

Висновок за результатами випробування:

## Лабораторна робота № 7

### ВИПРОБУВАННЯ ЦЕМЕНТУ. МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТУ. ДСТУ Б В 2.7-46-96

Для оцінки якості цементу необхідно знати активність і марку цементу, визначені за механічними властивостями при визначенні границі міцності на вигин і стиск зразків. Міцність цементу визначають шляхом випробування зразків-балочок на вигин, а потім половинок балочок на стиск. Зразки для випробування виготовляють з цементного розчину, тобто із суміші цементу, піску і води. Розчин повинний мати пластичну консистенцію.

Розчин готують із суміші цементу і кварцового піску у співвідношенні 1:3 (одна вагова частина цементу і три частини піску) при водоцементному співвідношенні не менше 0,4 і консистенції розчину, що характеризується розпливом конуса на струшувальному столику в межах 106-115 мм.

Пісок беруть стандартний "нормальний" (Вольського родовища), крупністю зерен від 0,50 до 0,85 мм

#### 7.1 Визначення консистенції цементно - піщаного розчину

Для визначення консистенції цементно - піщаного розчину зважують 1500 г піску і 500 г цементу, висипають їх у сферичну металеву чашу і перемішують суху суміш протягом 1 хв. Потім роблять лунку і виливають у неї воду кількістю 200 г ( $v/c=0,4$ ); після того, як вода всмокчеться, суміш ще раз перемішують 1 хв. Розчин переносять у змішувач, де суміш перемішується протягом 2,5 хв (20 обертів чаші). Після закінчення перемішування форму-конус, встановлену в центрі скляного диска струшувального столика заповнюють у два прийоми шарами різної товщини.

Внутрішня поверхня конуса і диск столика перед проведенням випробувань повинні бути злегка зволожені.

Розчин ущільнюють металевим стержнем: нижній шар - 15 штикуваннями, верхній - 10. Під час укладання і ущільнення розчину конус притискають рукою до скляного диска.

Після ущільнення верхнього шару розчину надлишок його зрізують ножом врівень із краями конуса; далі конус повільно знімають у вертикальному напрямку. Потім розчин струшують на столику 30 разів за 30 с і вимірюють розпливання конуса за нижньою основою штангенциркулем у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Якщо консистенція розчину виявиться нижче 105 мм, тоді необхідно повторити замішування, збільшивши кількість води так, щоб розпливання конуса після 30 струшування на столику знаходилося в межах 106-115 мм.

Потрібну кількість води, виражену у вигляді водоцементного відношення, заносять до лабораторного журналу, а також записують діаметр (розпливання) конуса за нижньою основою.

Отримані результати заносять до лабораторного журналу (табл. 7.1).



## Визначення консистенції цементного розчину

Номер досліджу	Кількість, г			В/Ц	Розпливання конусу, мм
	цементу	піску	води		
1					
2					
3					

Нормальна консистенція цементного розчину при В/Ц \_\_\_\_\_

### 7.2 Виготовлення зразків-балочок

Визначивши водоцементне відношення для даного цементу, готують розчин на 3 балочки: цементу 500 г, піску - 1500 г і потрібну кількість води. Готують розчинну суміш так само, як і в попередній роботі. Металеву роз'ємну форму змазують мастилом і встановлюють на віброплощадці.

Форми наповнюють приблизно на 1 см розчином і включають вібраційну площадку, а потім протягом 2 хв. вібрації всі три гнізда форми рівномірно, невеликими порціями остаточно заповнюють розчином. Після закінчення 3 хв. (від початку вібрації) вібрація зразків закінчується. Форму знімають з віброплощадки, зрізають змоченим водою ножом надлишок розчину, зачищають поверхню зразків врівень із краями форми. Зразки у формах зберігають 24±2 год. у ванні з гідравлічним засувом. Після закінчення цього часу зразки обережно розкривають і укладають у воду, де їх зберігають 27 діб.

Випробують зразки в 28-добовому віці. Перед випробуванням вони повинні бути насухо витерті.

Отримані результати заносять до лабораторного журналу (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

### Виготовлення зразків-балочок

Показники	Розмірність	Результати		
		1	2	3
Водоцементне відношення В/Ц				
Кількість матеріалів (на 3 балочки)				
цементу	г			
піску	г			
води	г			
Перемішування суміші:				
всуху	хв.			
з водою в розчинозмішувачі	хв.			
Кількість і тривалість струшування	раз/с			
Час вібрування	хв			
Спосіб збереження зразків				

### 7.3 Визначення границі міцності на вигин

Зразок установлюють на опори приладу «МІІІ-100» або іншого згинаючого пристрою таким чином, щоб ті його грані, що були горизонтальними при виготовленні, знаходилися у вертикальному положенні. Зразки випробують на вигин на машині МІІІ-100.

Границю міцності на вигин цементного розчину обчислюють як середнє арифметичне значення з двох найбільших результатів випробування трьох зразків. Дані, отримані під час випробування, заносять до лабораторного журналу (табл. 7.3).

Таблиця 7.3

Визначення границі міцності на вигин

Номер зразка	Вік зразка, діб	Відстань між опорами, см	Розміри поперечного перерізу, см		Руйнівне навантаження Р, кгс	Границя міцності на вигин, $R_{\text{виг}}$ , кгс/см <sup>2</sup>
			b	h		
1						
2						
3						

Середнє значення границі міцності на вигин складає \_\_\_\_\_

#### 7.4 Визначення границі міцності на стиск

Отримані після випробування на вигин у результаті зламу шість половинок-балочок відразу ж випробовують на стиск. Кожну половинку балочок розміщують між двома пластинками таким чином, щоб бічні грані, що при виготовленні прилягали до подовжніх стінок форми, знаходилися на площинах пластинок, а упори пластинок щільно прилягали до торцевої гладенької стінки зразка. Зразок разом із пластинками піддають стиску на пресі.

Границя міцності на стиск окремого зразка обчислюється як частка від розподілу величини руйнівного навантаження, (у Н чи кгс) на робочу площу пластинки (м<sup>2</sup> чи см<sup>2</sup>), тобто на 25 см<sup>2</sup>.

Границю міцності на стиск зразків обчислюють як середнє арифметичне чотирьох зразків, що отримали найбільші результати із шести випробуваних зразків. Дані, отримані під час випробування, заносять до лабораторного журналу (табл. 7.4).

Таблиця 7.4

Визначення границі міцності на стиск

Номер зразка	Вік зразка, діб	Площа поперечного перерізу, см <sup>2</sup>	Руйнівне навантаження Р, кгс	Границя міцності на стиск $R_{\text{ст}}$ , кгс/см <sup>2</sup>
1				
2				
3				

Продовження таблиці 7.4

4				
---	--	--	--	--

5				
6				

Середнє значення границі міцності на стиск складає \_\_\_\_\_.

Висновок про активність і марку цементу і відповідності його вимогам ДСТУ заносять до лабораторного журналу.

### **7.5 Визначення активності і марки цементу**

Найважливішою властивістю цементу є його міцність, що характеризується активністю і маркою.

Активність цементу є фактично взята за безпосередніми випробуваннями з точністю до 1 кгс/см границя міцності на стиск зразків, виготовлених, витриманих і випробуваних відповідно до умов ДСТУ.

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

Залежно від міцності цемент поділяють на такі види:

1. Портландцемент, портландцемент із мінеральними добавками, шлакопортландцемент чотирьох марок "400", "500", "550", "600".

2. Портландцемент сульфатостійкий, портландцемент із мінеральними добавками сульфатостійкий, шлакопортландцемент сульфатостійкий, портландцемент пуцолановий трьох марок "300", "400" і "500".

На підставі випробувань відповідно до ДСТУ студенти визначають активність цементу і його марку, роблять загальний висновок про якість цементу.

Висновок про марку й активність цементу повинний бути занесений до журналу лабораторних робіт.

## Лабораторна робота № 8

### ВИПРОБУВАННЯ ДРІБНОГО ЗАПОВНЮВАЧА ДЛЯ ВАЖКИХ БЕТОНІВ І РОЗЧИНІВ

Дрібний заповнювач – пухка суміш зерен, що відрізняються різною дрібністю і одержуваних шляхом руйнування масивних гірських порід (природні піски). Крім природних пісків, застосовують штучні, що одержують при подрібненні гірських порід або металургійних і паливних шлаків, або спеціально приготовлені матеріали – керамзит, аглопорит та ін.

Як дрібний заповнювач звичайно у важких бетонах і розчинах використовується кварцовий пісок. За походженням піски бувають: річкові, морські, гірські (яружні). Морський і річковий пісок мають катані зерна, гірський – більш дрібно шорсткувату поверхню, гострокутну форму, що забезпечує краще зчеплення піску з цементом.

Залежно від зернового складу піски підрозділяються на групи: крупний, середній, дрібний і дуже дрібний. Для кожної групи піску після попереднього розсіву його на ситах з розміром отворів 0,14 ; 0,315; 0,63; 1,25; 2,5 мм, отриманий модуль крупності (Мк) і повний залишок на ситі із сіткою № 0,63 за ДСТУ повинні відповідати даним табл. 8.1.

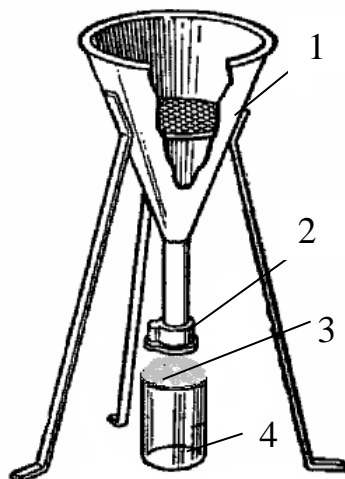
Таблиця 8.1

Поділ піску на групи

Група піску	Модуль крупності, Мк	Повний залишок на ситі 0,63, по масі, %	Галузь застосування
Підвищеної крупності	Понад 3.0 до 3.5	Понад 65 до 75	Заповнювач для бетонів
Крупний	2.5 до 3.0	45 до 65	Заповнювач для бетонів і будівельних розчинів
Середній	2.0 до 2.5	30 до 45	Заповнювач для бетонів і будівельних розчинів
Дрібний	1.5 до 2.0	10 до 30	Заповнювач для бетонів і будівельних розчинів
Дуже дрібний	1.0 до 1.5	До 10	Заповнювач для будівельних розчинів

#### 8.1 Визначення насипної густини

При визначенні насипної густини в стандартному не ущільненому стані при вхідному контролі випробування проводять за допомогою мірної циліндричної посудини місткістю 1л, використовуючи близько 5 кг піску, висушеного до постійної маси і просіяного через сито з круглими отворами діаметром 5мм.



Підготовлений у такий спосіб пісок висипають з висоти 10 см (для цього зручно скористатися стандартною лійкою) у попередньо зважену мірну посудину до утворення над верхом посудини конуса. Конус без ущільнення піску знімають врівень із краями посудини металевою лінійкою, після чого посудину з піском

1- стандартна лійка; 2 - засув;  
3 - пісок; 4 – стандартна  
місткість, V=1л

зважують (рис. 8.1). Насипну густину піску ( $\rho_0$ ) у  $\text{кг/м}^3$ , ( $\text{г/см}^3$ ) обчислюють за формулою (8.1):

Рис.8.1. Визначення насипної густини піску

$$\rho_0 = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (8.1)$$

де  $m_1$  – маса мірної посудини з піском, (г);

$m$  – маса мірної посудини, (г)

$V$  – об'єм посудини, (см)

Визначення насипної густини піску проводять двічі, при цьому щоразу беруть нову порцію піску.

Результати випробувань заносять до лабораторного журналу за формою, яка наведена в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2

Визначення насипної густини

Показники	Розмір-ність	Результати		
		1	2	3
Маса мірної посудини	г			
Місткість мірної посудини	см <sup>3</sup>			
Маса піску з мірною посудиною	г			
Маса піску	г			
Насипна густина піску	г/см <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>			
Середнє значення насипної густини	г/см <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>			

## 8.2 Визначення вологості піску

Вологість піску визначається шляхом порівняння маси піску в стані природної вологості і після висушування.

Наважку піску масою 1000 г насипають на лист і відразу ж зважують, а потім висушують у сушильній шафі за температури 105 – 110°C до постійної маси на цьому ж листі, поки різниця за масою між двома зважуваннями, зробленими через 3 год., буде не більше 0,1%. Вологість піску (W) у відсотках обчислюється за формулою (8.2).

$$W = \frac{m - m_1}{m_1} \cdot 100, \quad (8.2)$$

де  $m$  - маса наважки в природному стані вологості, г ;

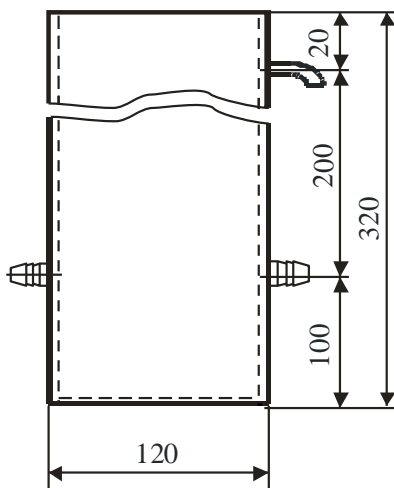
$m_1$  - маса наважки в сухому стані, г.

Результати випробувань заносять до лабораторного журналу за формою, наведеною в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3

Визначення вологості піску

Показники	Розмірність	Результати		
		1	2	3
Маса проби піску в природно – вологому стані	г			
Маса висушеного піску	г			
Вміст води в піску	г			
Вологість піску	%			
Середнє значення вологості	%			



1-верхній зливний штуцер; 2-нижній зливний штуцер  
Рис.8.2 Схема посудини для відмулювання

### 8.3 Визначення сумарного вмісту пилоподібних, мулистих і глинистих часток

Вміст пилоподібних, мулистих і глинистих часток у піску визначають методом відмулювання.

Сутність методу полягає в наступному. З проби піску, висушеної до постійної маси, відважують наважку масою 1000 г. Отриману наважку насипають у посудину, заливають водою, щоб висота шару води над піском була 20 см, витримують у воді біля двох годин, періодично помішуючи. Потім вміст посудини енергійно перемішують і дають спокій на дві хвилини. Після чого обережно зливають мутну воду через два нижніх отвори (рис. 8.2.), залишаючи шар води над піском висотою не менше 30 мм. Потім пісок знову

заливають водою так, щоб висота шару води над піском була 20 см.

Пісок промивають у зазначеній послідовності доти, поки вода після промивання не буде залишатися прозорою. Після цього його висушують до постійної маси.

Вміст у піску відмулюваних пилоподібних, мулистих і глинистих часток у відсотках за масою обчислюють за формулою (8.3):

$$O_{від.} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (8.3)$$

де  $m$  - маса висушеної наважки до відмулювання, г;

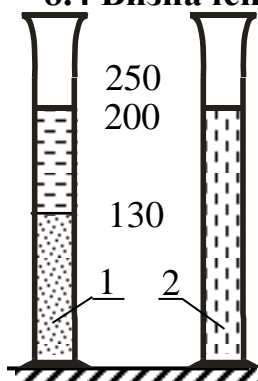
$m_1$  - маса висушеної наважки після відмулювання, г. Результати випробувань заносять до лабораторного журналу за формою, наведеною в таблиці 8.4

Таблиця 8.4

Визначення сумарного вмісту пилоподібних, мулистих і глинистих часток

Показники	Розмірність	Результати		
		1	2	3
Маса проби піску в сухому стані	г			
Маса проби піску після промивання і просушування	г			
Кількість домішок	г			
Сумарний зміст домішок (за масою)	%			
Середнє значення сумарного вмісту домішок	%			

#### 8.4 Визначення наявності в піску органічних домішок



1 – з піском і лугом; 2 – з колориметричним розчином  
Рис. 8.3 Мірні циліндри для визначення вмісту в піску органічних домішок

Наявність органічних домішок (гумусових речовин) визначають порівнянням забарвленості лужного розчину над пробєю піску з кольором еталона.

Випробуванню піддають пісок у стані природної вологості, яким заповнюють мензурку або мірний циліндр місткістю 250 см<sup>3</sup> до 130 см<sup>3</sup> і заливають 3-х процентним розчином їдкого натрію до рівня 200 (рис. 8.3). Вміст циліндра перемішують і залишають на 24 год., повторюючи перемішування через 4 год.

після першого перемішування. Потім порівнюють забарвленість рідини, що відстоялася над пробєю, з кольором еталонного розчину або склом, колір якого співпадає з кольором еталонного розчину.

Відсутність забарвлення рідини над піском або забарвлення помітно світліше еталона є

ознакою придатності піску для бетонів чи розчинів. При фарбуванні рідини над піском темніше кольору еталона необхідно проведення наступного дослідження придатності піску для бетонів і розчинів.

Еталонний розчин готують у такий спосіб: розчиняють 2,5 мол 2% розчину таніну в 37,5 мол 3% розчину гідроксиду натрію. Приготовлений розчин перемішують і залишають на 2 год. Оптична щільність розчину таніну, визначається на фотоколориметрі чи електрофотометрі в області довжин хвиль 450-500 нм і повинна складати 0,60-0,68.

Еталон повинний застосовуватись свіжоприготовленим. Результати випробувань заносять до лабораторного журналу за формою, наведеною в таблиці 8.5.

**Таблиця 8.5**

Визначення наявності в піску органічних домішок

Показники	Розмірність	Результати		
		1	2	3
Місткість циліндра	см <sup>3</sup>			
Об'єм піску, всипаного в циліндр	см <sup>3</sup>			
Вид і концентрація лугу				
Рівень, до якого налитий луг	см <sup>3</sup>			
Еталонний розчин				
Час обробки піску лугом	год.			
Фарбування лугу над піском				

### 8.5 Визначення зернового складу і модуля крупності піску

Зерновий, чи гранулометричний, склад піску характеризується вмістом у ньому зерен різної крупності і визначається просіванням середньої проби через набір сит. Набір стандартних сит для просівання піску включає сита з вічками 10; 5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм.

Сита з вічками 10 і 5 мм служать для виявлення засміченості піску зернами гравію чи щебеню.

Пробу піску масою 2 кг висушують у сушильній шафі за температури 105-110° С до постійної маси.

Сушу пробу піску просівають крізь сита з круглими отворами діаметром 10 і 5 мм. Залишки на ситах зважують і обчислюють процентний вміст у піску зерен гравію чи щебеню крупністю 5-10 мм ( $Gp_5$ ) і вище ( $Gp_{10}$ ) з точністю до 0,1% за формулами (8.4) і (8.5).

$$Gp_5 = \frac{M_5}{M} \cdot 100; \quad (8.4)$$

$$Gp_{10} = \frac{M_{10}}{M} \cdot 100,$$

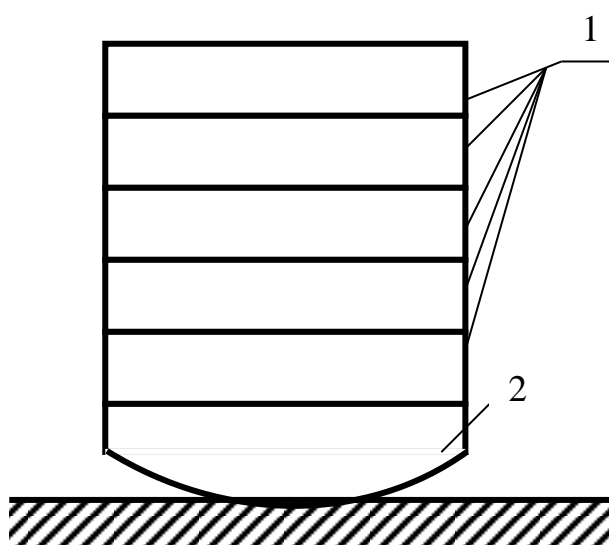


(8.5)

де  $M_5$  – залишок на ситі з вічками діаметром 10 мм, г;

$M_{10}$  – залишок на ситі з вічками діаметром 5 мм, г;

$M$  – маса проби, г.



1-сита з вічками 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 мм; 2 – піддон

Рис.8.4 Набір стандартних сит для визначення зернового складу піску

З проби піску, що пройшов крізь зазначені вище сита, відважують наважку масою 1000 г і знову просівають крізь набір сит з вічками розміром 2,5 мм та з сітками 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 (рис. 8.4).

Просівання відбувається механічним чи ручним шляхом. Тривалість просівання повинна бути такою, щоб при контрольному інтенсивному ручному струшуванні кожного сита протягом 1 хв. через нього проходило не більш 0,1% маси наважки. При ручному просіванні допускається визначати кінець просівання, інтенсивно струшуючи сито над аркушем папера. Просівання вважається закінченим, якщо при цьому практично не спостерігається падіння

зерен піску.

Залишки на кожному ситі зважують і обчислюють:

1. До маси наважки, що просівається, у відсотках за формулою (8.6):

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (8.6)$$

де  $a_i$  – частковий залишок на кожному ситі, %;

$m_i$  – маса піску на кожному ситі, г;

$m$  – наважка піску, що дорівнює 1000г.

2. Повний залишок на кожному ситі визначають як суму часткових залишків на попередніх ситах у відсотках плюс залишок на заданому ситі у відсотках за формулою (8.7)

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (8.7)$$

де  $a_{2,5}$ ,  $a_{1,25}$ , ... - часткові залишки на відповідних ситах.

3. Модуль крупності піску ( $M_K$ ) (без зерен крупніше 5 мм) визначається як частка від розподілу на 100 сум повних залишків на всіх ситах, починаючи із сита з розміром отворів 2,5 мм і закінчуючи ситом з розміром отворів 0,16 мм.

Модуль крупності піску ( $M_K$ ) обчислюють за формулою (8.8):

$$M_K = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,160}}{100}, \quad (8.8)$$

де  $A_{2,5}$ ;  $A_{0,63}$ ; ... – повні залишки на ситі з вічками 2,5 і на ситах із сітками

№ 1,25; 0,63 ;.... , %.

Результати визначення зернового складу піску записують у табл. 8.6 і оцінюють їх відповідно до технічних вимог, після чого роблять висновок про можливість застосування випробуваного піску для будівельних робіт.

Таблиця 8.6

Визначення зернового складу і модуля крупності піску

Показники	Розмір-ність	Залишки, % за масою на ситах					Пройшло крізь сито 0,16	Сума
		2,5	1,25	0,63	0,35	0,16		
Часткові залишки піску	г							
Часткові залишки піску	%							
Повні залишки піску	%							

## Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт №1-8 з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» для студентів напряму підготовки 060101 – будівництво.

Укладачі: О.Г. Вандоловський,  
І.Е. Казімагомедов,  
О.В. Вішев,  
О.Б. Деденьова,  
Т.О. Костюк,  
Т.А. Ліпко,  
О.В. Рачковський.

Відповідальний за випуск: Вандоловський О.Г.

Редактор Л.І. Христенко

План 2012, поз. .

Підп. до друку.

Надруковано на ризографі.

Тираж 50 прим.

Формат 60 × 84/16.

Обл.- вид. арк. .

Ум. друк. арк..

Зам. № .

Папір друк №2.

Безкоштовно.

---

ХДТУБА, 61002, Харків, вул. Сумська, 40

---

Підготовлено та надруковано РВВ Харківського національного університету  
будівництва та архітектури