

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Кафедра технології будівельних виробів і  
матеріалознавства

**03-09-79М**

**Методичні вказівки**  
до виконання лабораторних робіт  
з навчальної дисципліни «В'язучі речовини»  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)  
рівня за освітньо-професійною програмою  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
денної форми навчання

Рекомендовано  
науково-методичною радою  
з якості ННІБА  
Протокол № 2 від 10.10.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «В'язучі речовини» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної форми навчання [Електронне видання] / Ніхаєва Л. І. – Рівне : НУВГП, 2023 – 33 с.

Укладач: Ніхаєва Л. І., старший викладач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Відповідальний за випуск: Дворкін Л. Й., д.т.н., професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

© Л. І. Ніхаєва, 2023

© НУВГП, 2023

## ЗМІСТ

Передмова	
Визначення властивостей мінеральних в'язучих матеріалів	
Лабораторна робота №1 Визначення властивостей повітряних в'язучих	
1.1 Визначення властивостей будівельного гіпсу (4 год.)	
1.2 Оцінка якості повітряного вапна (4 год.)	
Лабораторна робота №2 Визначення властивостей гідравлічних в'язучих	
2.1 Визначення технологічних властивостей цементу (2 год.)	
2.2 Визначення марки цементу за міцністю (2 год.)	
Контрольні запитання Підсумкове заняття (2 год).....	

## ПЕРЕДМОВА

Мета викладання навчальної дисципліни «В'язучі речовини» – дати студентам необхідні знання з питань технології будівельних в'язучих, їх властивостей і застосування у будівництві, сучасні методи дослідження в'язучих речовин, сучасні уявлення про процеси тверднення та структуроутворення мінеральних в'язучих матеріалів, основні закономірні, що визначають будівельно-технічні властивості мінеральних в'язучих матеріалів, мінеральних в'язучих матеріалів.

Методичні вказівки включають опис лабораторних робіт, що виконують студенти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» дисципліни «В'язучі речовини» у 5 семестрі.

В результаті виконання лабораторних робіт студенти мають оволодіти базовими знаннями з в'язучих речовин, набути навичок з вивчення основних властивостей матеріалів, методів дослідження в'язучих речовин, сучасними уявленнями про процеси тверднення та структуроутворення.

Тематика лабораторних робіт тісно пов'язана з лекційним матеріалом, тому студентам під час підготовки до лабораторної роботи необхідно ґрунтовно вивчати відповідний теоретичний матеріал. Крім того, готуючись до лабораторної роботи, студенти мають ознайомитися з методичними вказівками, вивчити методики дослідження.

За результатами виконання кожної лабораторної роботи студенти готують звіт відповідно до вимог, які наведено в кінці вказівок до кожної роботи. Студент має подати викладачеві звіт та захистити його до наступного лабораторного заняття. Під час підготовки до захисту слід орієнтуватися на перелік контрольних запитань.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

### Визначення властивостей повітряних в'язучих

Неорганічні в'язучі матеріали під час мішування з водою або іншою рідиною (наприклад розчинами солей, лугів і кислот) утворюють пластичне тісто, здатне внаслідок фізико-хімічних процесів тверднути й переходити в каменеподібний стан. Неорганічні в'язучі матеріали залежно від умов твердіння поділяють на повітряні та гідравлічні.

Повітряні в'язучі матеріали можуть тверднути й набирати міцність у повітряно-сухих умовах. До них належать гіпсо-ангідритові в'язучі речовини, повітряне вапно та його різновиди, магнезіальні в'язучі речовини та розчинне скло.

### 1.1. Визначення властивостей будівельного гіпсу (4 год.)

#### Дослід 1. Визначення тонкості помелу будівельного гіпсу

*Засоби випробування:* сушильна шафа, терези, сито № 02.

Для досліду беруть наважку гіпсу масою 50 г, попередньо висушеного на протязі однієї години при температурі  $50 \pm 5^\circ\text{C}$  і зваженого з точністю до 0,1 г. Наважку висипають на сито № 02 ( $918 \text{ отв/см}^2$ ) протягом 5–7 хв (рис. 1.1). і просіюють. Просіювання вважають закінченим, якщо крізь сито на протязі 1 хв. проходить не більше 0,05 г гіпсу.

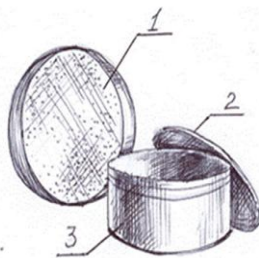


Рис. 1.1. Сито для визначення тонкості помелу

Після просіювання залишок на ситі зважують і тонкість помелу визначають у відсотках, як відношення маси гіпсу, що залишився на ситі, до маси його початкової наважки. За величину тонкості помелу приймають середнє арифметичне результатів двох визначень. Залежно від нього визначають ступінь помелу гіпсу за таблицею.

Залишки на ситі відповідно до класів тонины помелу гіпсових в'язучих

Клас (тонины помелу) гіпсового в'язучого	Залишок на ситі з розмірами вічка в світлі 0,2 мм, %, не більше
I	23
II	14
III	8
IV	2
	0,1

**Завдання 1:** визначити тонкість та ступінь помелу будівельного гіпсу.

Завдання виконують за наведеною методикою, результати заносять у журнал за наступною формою:

Визначення тонкості помелу гіпсу

Показники	№ проби	
	1	2
Маса наважки, м, г.		
Маса залишку на ситі №02, $m_1$ , г		
Тонкість помелу, %		
Середнє значення тонкості помелу, %		
Ступінь помелу		

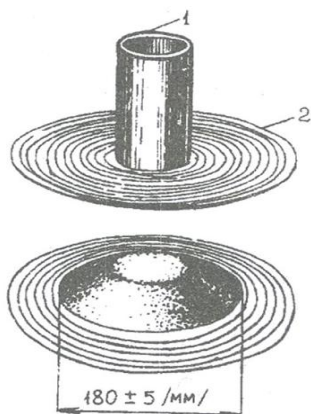
Висновок: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Д о с л і д 2 . В и з н а ч е н н я н о р м а л ь н о ї г у с т о т и г і п с о в о г о т і с т а

*Засоби випробування:* віскозиметр Сутгарда, лінійка, чаша, мірний циліндр, мішалка.

Для визначення нормальної густоти тіста використовують віскозиметр Сутгарда, який складається із металевого циліндра висотою 100 мм і внутрішнім діаметром 50 мм та скляної пластинки з концентричними колами від 150 мм до 220 мм. (рис. 1.2)



**Рис. 1.2.** Віскозиметр Сутгарда

Для досліду беруть наважку будівельного гіпсу масою 300 г, висипають у чашку, де знаходиться 150 г води (починають працювати з водогіпсового відношення 0,5). Масу перемішують протягом 30 с., починаючи відлік часу від моменту всипання в'язучого у воду. Циліндр і скло віскозиметра попередньо протирають вологою ганчіркою. Після закінчення перемішування циліндр, який встановлюють у центрі скла, заповнюють гіпсовим тістом.

Надлишок тіста в циліндрі зрізують. Через 45 с. після моменту всипання в'язучого у воду циліндр швидко піднімають вертикально на висоту 15...20 см і відводять в бік. Діаметр

розпливу тіста вимірюють відразу після підняття циліндра, в двох перпендикулярних напрямках з похибкою не більше 5 мм і визначають, як середнє арифметичне. Якщо діаметр розпливу не дорівнює  $180 \pm 5$  мм, то випробування повторюють з іншою кількістю води до одержання необхідної консистенції тіста.

**Завдання 2:** визначити нормальну густоту гіпсового тіста з будівельного гіпсу грубого, середнього та тонкого помелу.

Завдання виконують за наведеною методикою, додатково будують графік залежності діаметра розпливу від водогіпсового відношення. Результати заносять у журнал за наступною формою:

Визначення нормальної густоти гіпсового тіста

№ проби	Маса наважки г	Час перемі- шування, с	Маса води, г	В/ Г	Діаметр розпливу, D, мм	Н.Г., %

Висновок:.....

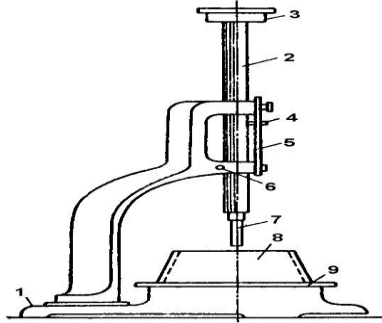
.....

**Дослід 3. Визначення строків тужавлення гіпсового тіста**

*Засоби випробування:* прилад Віка з голкою, чаша, мірний циліндр, секундомір, мішалка.

Для випробувань використовують прилад Віка (рис. 1.3). При визначенні строків тужавлення кільце і пластинку приладу попередньо змащують машинним маслом.





**Рис. 1.3. Прилад Віка**

Для досліду беруть наважку гіпсу масою 200 г, готують тісто нормальної густоти, відмічаючи момент всипання в'язучого у воду.

Тісто заливають у кільце приладу. Для видалення бульбашок повітря з тіста кільце з пластинкою струшують 4...5 разів, далі зрізають надлишок тіста і ставлять кільце з тістом під голку приладу. За допомогою рухомого стержня голку опускають до зіткнення з поверхнею тіста в центрі кільця. Закріплюють стержень і через кожні 30 с. вимірюють глибину занурення голки в тісто. Голку кожного разу опускають так, щоб вона потрапляла в інше місце. Час початку і кінця тужавлення виражають у хвиликах.

За часом тужавлення гіпсові в'язучі поділяють на групи:

Позначка групи тужавлення гіпсового в'язучого	Термін тужавлення, хв	
	початок, не раніше	кінець, не пізніше
Ш	2	15
Н	6	30
НС	10	30
П	20	120
ОП	20	180

## Визначення строків тужавлення гіпсового тіста.

### Результати дослідження

№ проби	НГ. %	Час			Строки тужавлення	
		замішування	початку тужавлення	кінця тужавлення	початок	кінець

Висновок:.....  
.....

#### Дослід 4. **Визначення марки будівельного гіпсу**

*Засоби випробування:* прилад МІІ-100, гідравлічний прес, форма для виготовлення зразків-балочок, чаша, мірний циліндр, терези, мішалка, лінійка.

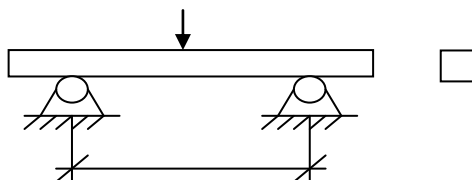
Для виконання дослідів формують три зразки-балочки розміром 40×40×160 мм з тіста нормальної густини. Витрата гіпсу на одну форму (три зразки) становить 1,1 кг. Готують тісто нормальної густини, виливають його у форму, попередньо змащену машинним маслом, комірки форми заповнюють одночасно. Для видалення бульбашок повітря форму з тістом струшують. Залишки гіпсового тіста знімають лінійкою або ножом. Через 15±5 хв. після закінчення тужавлення зразки виймають з форми і зберігають до випробувань. Через 2 год. після виготовлення за допомогою приладу МІІ-100 (чи аналогічного) визначають границю міцності трьох балочок на згин, завантажуючи балочку по одноточковій схемі (відстань між опорами 100 мм). Одержані шість половинок використовують для визначення границю міцності на стиск на гідравлічному пресі. При цьому зразки розміщують між двома металевими пластинками таким чином, щоб бокові грані балочок, які при виготовленні прилягали до металевих стінок форми, знаходились на площинах пластин, а упори пластин щільно прилягали до торцевої рівної грані балочки.

Границю міцності на згин окремих зразків визначають безпосередньо за показами приладу МІІ-100 через дві години після виготовлення зразків-балочок. За границю міцності на згин будівельного гіпсу приймають середнє арифметичне результатів випробувань трьох зразків.



Рис. 1.4. Прилад МІІ-100\_

### Схема установки зразка



### Результати дослідження

№ зразка	$R_{зг}$ , МПа
1	
2	
3	
Сер. значення	

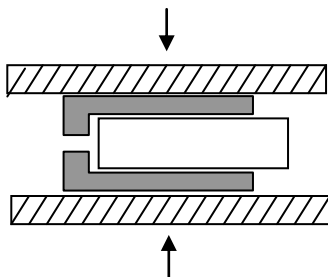
Границя міцності на стиск (МПа) окремого зразка дорівнює:

$$R_{ст} = 10 \cdot P/F, \quad (1.1.)$$

де  $P$  – руйнівна сила, кН;  $F = 25\text{см}^2$  – площа пластинки.

Границю міцності на стиск будівельного гіпсу визначають як середнє арифметичне результатів випробувань шести зразків, відкинувши найбільше і найменше значення.

Схема установки зразка



Результати дослідження

№ зразка	S, см <sup>2</sup>	P, кгс	R <sub>ст</sub> , МПа
1			
2			
3			
4			
5			
6			
Середнє значення			

Висновок:.....

Марку гіпсу визначають, користуючись наступною таблицею:

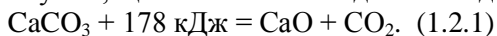
Марка гіпсового в'язучого	Границя міцності зразків розмірами (40×40×160) мм, МПа, не менше	
	при стиску ( $R_{стис}$ )	при згині ( $R_{згин}$ )
Г-2	2	1,2
Г-3	3	1,8
Г-4	4	2,0
Г-5	5	2,5
Г-6	6	3,0
Г-7	7	3,5
Г-8	8	3,85
Г-9	9	4,2
Г-10	10	4,5
Г-13	13	5,5
Г-16	16	6,0
Г-19	19	6,5
Г-22	22	7,0
Г-25	25	8,0

### Контрольні запитання

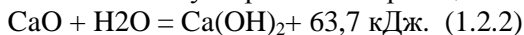
1. Написати реакції отримання і твердіння будівельного гіпсу.
2. Перерахувати модифікації напівводного гіпсу, умови їх отримання та відмінні властивості.
3. Описати методики визначення основних якісних властивостей будівельного гіпсу.
4. З якою метою визначають нормальну густоту тіста?
5. Перерахувати фактори, які впливають на міцність штучного гіпсового каменю.
6. Як впливають різні умови твердіння на міцність будівельного гіпсу?
7. Який вплив регуляторів тужавлення на властивості будівельного гіпсу.
8. Назвати галузь застосування будівельного гіпсу.

9. Як підвищити водостійкість будівельного гіпсу?  
**1.2. Оцінка якості будівельного вапна (4 год.)**

Повітряне будівельне вапно (ДСТУ Б.В.2.7–90:2011) – продукт випалювання за температур до 1000...1200° С кальцієво-магнієвих гірських порід (вапняку, крейди, вапняку-черепашнику), що містять не більше 6 % глинистих домішок. Головним технологічним процесом під час отримання повітряного вапна є випалювання, до того ж утворюється продукт (грудкове негашене вапно) у вигляді поритих кусків, що активно взаємодіють з водою:



Гашене вапно утворюється за реакцією



Теоретично для гасіння вапна потрібно 32,13 % води від маси CaO.

Залежно від кількості води отримують три різних продукти: вапно-пушонку, або гідратне вапно, яке збільшується в об'ємі в 2...3,5 рази порівняно з грудковим вапном. Якщо кількість води досягає 200...250 % від маси вапна, то утворюється пластичне тісто. У разі витрати ще більшої кількості води утворюється вапняне молоко.

Технічні характеристики будівельного вапна оцінюють визначенням тонкості помелу, швидкості гашення, активності, водопотреби, строків тужавіння, міцності під час стиску.

Повітряне вапно використовують для приготування мурувальних розчинів, а також для виготовлення штучних бетонних виробів, силікатної цегли та інших вапняно-піщаних виробів автоклавного твердіння.

**Д о с л і д 5 . Визначення температури і часу гасіння вапна**

*Засоби випробування:* термос місткістю 500 мл, термометр, скляна паличка.

Для визначення температури і часу гасіння вапна використовують прилад, який працює за принципом побутового термоса, місткістю 500 мл і термометр на 100°C, встановлений у корок термосу. Масу наважки вапна розраховують за формулою:

$$m = 1000/A, \quad (1.2.3)$$

де  $A$  – вміст активних  $\text{CaO} + \text{MgO}$  у вапні, %.

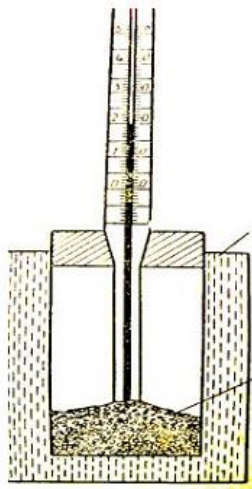
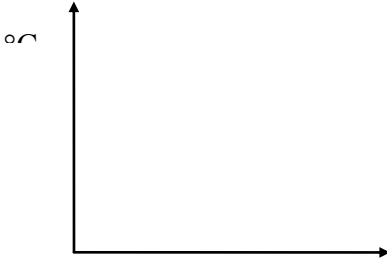


Рис. 1.5. Термостат

З навчальною метою масу наважки беруть 10...20 г, наважку розміщують в посудині Дюара, вливають 20...40 мл води і швидко все перемішують. Посудину закривають корком з встановленим термометром на 100°C і залишають у спокої. Ртутна кулька термометра повинна бути повністю занурена в реагуючу суміш. Відрахунок температури реагуючої суміші ведуть через кожну хвилину, починаючи з моменту вливання води. Визначення рахується закінченим, якщо на протязі 4 хв.



температура не піднімається на  $1^{\circ}\text{C}$ . За час гасіння приймають час з моменту вливання води до початку періоду, коли ріст температури не перевищує  $0,25^{\circ}\text{C}$  за хвилину.

По часу гасіння розрізняють вапно швидкого гашення (індекс часу гасіння А, час гасіння до 8 хв.), вапно середнього гашення (індекс часу гасіння Б, від 8 до 25 хв.), вапно повільного гашення (індекс часу гасіння В, більше 25 хв.).

**Завдання 3 :** визначити температуру та тривалість гасіння вапна різної активності.

Завдання виконують за наведеною вище методикою. Додатково будують графік зміни температури гасіння. Результати випробувань заносять в журнал за наступною формою:

Визначення часу та температури гасіння вапна

№ виміру	Час		Температура, $^{\circ}\text{C}$
	год	хв.	

Висновок: \_\_\_\_\_

-----

**Дослід 6. Визначення вмісту непогашених зерен**

*Засоби випробування:* сито з розміром отворів  $0,63\text{ мм}$ , скляна паличка з гумовим наконечником, сушильна шафа, терези.



Вміст непогашених зерен визначають за прискореним методом. Вапняне тісто, отримане при визначенні часу гасіння вапна (дослід 6), розбавляють холодною водою до консистенції вапняного молока і промивають на ситі з сіткою № 063. Залишок на ситі висушують при температурі 140...150°C до постійної маси ( $m_i$ ). Вміст непогашених зерен (**Н.З.**) вираховують за формулою:

$$\text{Н.З.} = \left( \frac{m_i}{m} \right) \cdot 100 \% , \quad (1.2.4)$$

де  $m$  – маса негашеного вапна.

Вміст непогашених зерен для негашеного вапна першого сорту повинен бути не більшим 7%, другого – 11%, третього – 14%.

**Завдання 4:** визначити вміст непогашених зерен у вапні з різним ступенем випалу.

Завдання виконують за наведеною методикою, результати заносять у робочий журнал за наступною формою:

Визначення вмісту непогашених зерен

Вид вапна \_\_\_\_\_

Метод \_\_\_\_\_

Наважка негашеного вапна  $m =$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ г

Маса залишку на ситі №063 після промивки та сушіння

$m_i =$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ г

Вміст непогашених зерен: \_\_\_\_\_ %

Висновок: \_\_\_\_\_

## Вимоги до повітряного вапна

У % за масою

Найменування показників	Негашене вапно						Гідратне вапно сортів	
	Кальцієве вапно сортів			магnezіальне та доломітове вапно сортів				
	1	2	3	1	2	3	1	2
Активні CaO+MgO, не менше: без добавок	90	80	70	85	75	65	67	60
з добавками	65	55	-	60	50	-	50	40
Активний MgO, не більше:	5	5	5	20(40)	20(40)	20(40)	-	-
CO <sub>2</sub> , не більше: без добавок	3	5	7	5	8	11	3	5
з добавками	4	6	-	6	9	-	2	4
Непогашені зерна, не більше:	7	11	14	10	15	20	-	-
<b>Примітка 1.</b> У дужках наведені показники для доломітового вапна.								
<b>Примітка 2.</b> Мінеральні добавки вводяться у вапно у таких кількостях, щоб дотримувались вимоги до вмісту активних CaO+MgO.								
<b>Примітка 3.</b> Для кальцієвого вапна 3 сорту, що використовується для технологічних цілей, допускається вміст непогашених зерен до 20%								
<b>Примітка 4.</b> CO <sub>2</sub> у вапні з добавками визначають газоб'ємним способом								

### Контрольні питання

1. Дати визначення будівельного вапна і перерахувати основні види сировини для його одержання.
2. Записати реакції отримання повітряного будівельного вапна.
3. Перерахувати основні властивості повітряного будівельного вапна.
4. Описати методики визначення основних якісних властивостей будівельного вапна.
5. Яка якісна характеристика вапна?
6. Яка природа непогашених зерен?
7. Які добавки регулюють процес гашення?

## Лабораторна робота № 2

### Визначення властивостей гідралічних в'язучих

Гідралічні в'язучі матеріали тверднуть і зберігають міцність як у повітряно-сухих умовах так і воді. До них належать гідралічне вапно, романцемент; портландцемент та його різновиди. В'язучі матеріали автоклавного твердіння здатні тверднути й утворювати міцний камінь в умовах підвищених температур, тиску та вологості. До таких в'язучих речовин належать вапняно-кремнеземисті, вапняно-шлакові й вапняно-зольні.

*Портландцементом* називають гідралічний в'язучий матеріал, який твердне у воді і на повітрі, отриманий шляхом сумісного тонкого помелу портландцементного клінкеру з гіпсом і, при необхідності, з мінеральними добавками. Крім того, для інтенсифікації помелу та регулювання властивостей, у портландцемент вводять різні хімічні добавки.

Крім портландцементу, виготовленого на основі портландцементного клінкеру в будівництві також застосовують цементи на основі глиноземистого (високоглиноземистого) та сульфоалюмінатного (сульфоферитного) клінкерів. За призначенням цементи поділяють на загальнобудівельні й спеціальні, за речовинним складом - на типи, які характеризуються різним видом і вмістом мінеральних добавок.

*Цементи загальнобудівельного призначення* найбільш широко застосовують у будівництві при масовому виготовленні будівельних конструкцій. Вони можуть мати різне призначення, хоча для кожного типу виділяють переважні області застосування. Наприклад, цементи з низьким вмістом мінеральних добавок застосовують для найбільш відповідальних виробів і конструкцій, що працюють у складних експлуатаційних умовах, коли, зокрема, необхідна висока морозостійкість, зносостійкість бетону і т.п. Шлакопортландцемент бажано застосовувати для конструкцій з підвищеною водо- і сульфатостійкістю, з пониженою екзотермією бетону. Із зазначеного не слідує, що дані види

цементу не можна застосовувати в інших галузях промисловості.

*Цементи спеціального призначення* мають більш вузьку галузь застосування. Наприклад, високоміцний цемент доцільно застосовувати для конструкцій, які мають високий проектний клас за міцністю на стиск (В40 і більше). Тампонажні цементы застосовують для цементування нафтових і газових свердловин, сульфатостійкі - для конструкцій, які піддаються дії сульфатної агресії.

Загальнобудівельні цементы виготовляють з нормуванням міцності у віці 2 (7) і 28 діб (*нормальнотверднучі*) та з підвищеною ранньою міцністю через 2 доби при нормуванні також 28-добової міцності (*швидкотверднучі*). За міцністю на стиск цементы поділяють на марки й класи. *Марку* цементу встановлюють за результатами визначення середніх арифметичних значень при випробуванні зразків, виготовлених і тверднучих у відповідності з діючим стандартом через 28 діб з моменту виготовлення. *Клас цементу* - його міцність при стиску в МПа, гарантована з 95%-ю довірчою ймовірністю (95%-ю забезпеченістю).

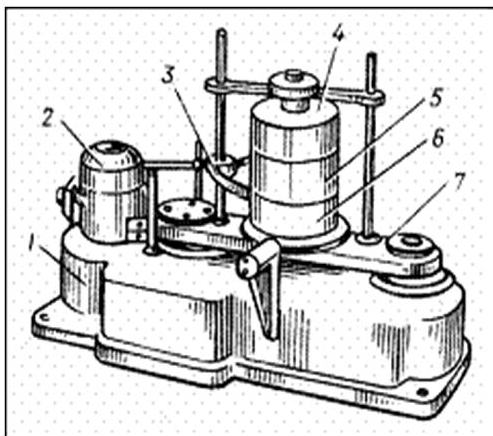
Для портландцементу і його різновидів встановлені марки М300, М400, М500, М600 (чисельне значення марки відповідає границі міцності в МПа $\times$ 10 або кгс/см<sup>2</sup>). Класи цементу нормовані відповідно до Європейських норм EN 197-1 - 22,5; 32,5; 42,5 й 52,5. Марка цементу М400 приблизно відповідає класу 32,5, марка М500 - класу 42,5 і т.д.

Міцнісні показники цементів, нормовані при визначенні їх марок і класів, наведені в таблиці.

### Вимоги до міцності цементів

Марка цементу (з позначками швидкості тверднення)	Міцність на стиск, МПа, не менше, через		
	2 доби	7 Діб	28 діб

продовження таблиці			
300	–	15,0	30,0
400	–	20,0	40,0
400P	15	–	40,0
500	15	–	50,0
500P	20	–	50,0



**Рис. 1.6.** Ситовий аналізатор для оцінки тонкості помелу

Основним показником тонкості помелу цементу є залишок на ситі №008 (з розміром комірки  $0,08 \times 0,08$  мм). Цемент із залишком на ситі №008 більшим 15% рахують браком, оскільки грубі частинки розміром більше  $80 \dots 100$  мкм взаємодіють з водою дуже повільно і знижують міцності показники в'язучого.

В роботі використовуються сита №008 і №02. Наважку висушеного цементу в кількості 50 г (точність зважування 0,01 г) переносять на сито №02, розміщене на ситі №008, а під нього підставляють піддон, набір сит накривають кришкою. Цемент розсіюють, використовуючи механічний струшувач або вручну. На ситах і піддоні залишаються фракції  $200$  мкм,  $80 \dots 200$  мкм і  $< 80$  мкм. Через  $5 \dots 7$  хв. після початку струшування зважують залишок на ситі №02. Просіювання можна закінчити, коли на

протязі 1 хв. при ручному струшуванні на кальку (без піддона) через сито №008 проходить не більше 0,05 г цементу. Тонкість помелу цементу  $T_{008}$  (%) визначається з точністю до 0,1% як відношення залишку на ситі №008 до початкової маси проби:

$$T_{008} = \frac{m_{008} \cdot 100}{m_0}; \quad (2.1.1.)$$

де  $m_{008}$  – залишок на ситі №008, г;  $m_0$  – маса вихідної наважки, г.

#### Визначення тонкості помелу портландцементу

Показники	ПЦ марки 400		ПЦ марки 500	
	№ проби			
	1	2	1	2
Маса наважки, $m_0$ , г.				
Маса залишку на ситі №008, $m_{008}$ , г				
Тонкість помелу, %				
Середнє значення тонкості помелу, %				

Висновок: \_\_\_\_\_

#### 2.1.2. Визначення водопотреби цементу (нормальна густота)

Визначають на приладі Віка зі стрижнем Тетмайера (діаметр якого 10 мм, вага – 300 г).



Рис.1.7. Визначення водопотреби цементного тіста

### Типи і склад цементів

Тип цементу	Найменування цементу	Умовна позначка цементу	Речовинний склад цементу, у відсотках за масою <sup>1)</sup>					
			Основні компоненти					Додаткові компоненти
			Портландцемент-ний клінкер К	Гранульований домений шлак Ш	Пуцоланові матеріали П	Золавинесення З	Вапняк В	
I	Портландцемент	ПЦ	95-100	–	–	–	–	0-5
II	Портландцемент шлаком	3 ПЦ II/A-Ш	80-94	6-20	–	–	–	0-5
		ПЦ II/B-Ш	65-79	21-35	–	–	–	0-5
	Портландцемент пуцоланом	3 ПЦ II/A-П	80-94	–	6-20	–	–	0-5
	Портландцемент золою-винесення	3 ПЦ II/A-З	80-94	–	–	6-20	–	0-5
	Портландцемент вапняком	3 ПЦ II/A-В	80-94	–	–	–	6-20	0-5
	Портландцемент композиційний <sup>2)</sup>	ПЦ II/A-К	80-94	←———— 6-20 —————→				0-5
ПЦ II/B-К		65-79	←———— 21-35 —————→				0-5	

III	Шлакопортланд-цемент	ШПЦ МІ/А	35-64	36-65	—	—	—	0-5
		ШПЦ ІІІ/Б	20-34	66-80	—	—	—	0-5
		ШПЦ ІІІ/В	5-19	81-95	—	—	—	0-5
IV	Пуцолановий цемент <sup>2)</sup>	ПЦЦ IV/А	65-79	—	←———— 21-35 ———→			0-5
		ПЦЦ IV/Б	45-64	—	←———— 36-55 ———→			0-5
V	Композиційний цемент <sup>2)</sup>	КЦ V/А	40-64	18-40	←———— 10-20 ———→			0-5
		КЦ V/Б	20-39	41-60	←———— 20-40 ———→			0-5

<sup>1)</sup> Значення в таблиці відносяться до суми основних та додаткових компонентів цементу, що прийнята за 100 %, і не враховують кількість добавок, що містять кальцій сульфат, і технологічні добавки.

<sup>2)</sup> У портландцементі композиційному, пуцолановому та композиційному цементах основні компоненти (окрім портландцементного клінкеру) мають бути наведені в позначках цементу.



*Засоби випробування:* прилад Віка з товкачиком, мішалка механічна для приготування цементного тіста або сферична чаша з лопаткою з нержавіючої сталі, терези, мірний циліндр.

Нормальна густина цементного тіста визначається за допомогою приладу Віка, при цьому в нижню частину стержня приладу вставляють металевий товкачик  $\varnothing 10 \pm 0,1$  мм.

Для приготування цементного тіста відважують 300 г цементу, засипають в чашу, попередньо протерту вологою тканиною. Потім у цементі роблять заглиблення, в яке вливають за один прийом воду в кількості, приблизно необхідній для отримання цементного тіста нормальної густини. Заглиблення засипають цементом і через 30 секунд після додавання води спочатку обережно перемішують, а потім енергійно розтирають тісто лопаткою.

Тривалість перемішування і розтирання складає 5 хв. з моменту додавання води.

Перед початком випробувань перевіряють, чи вільно опускається стержень приладу Віка, а також записують нульовий показник приладу при дотиканні товкачика до пластинки, на якій розміщене кільце. Кільце і пластинку перед початком випробувань змащують тонким шаром машинного масла.

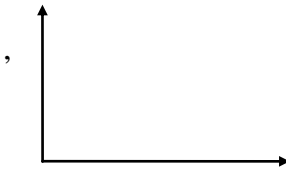
Приготоване цементне тісто вкладають у кільце за один прийом і 5..6 разів струшують, постукуючи по твердій основі. Поверхню тіста вирівнюють з краями кільця, зрізуючи надлишок його ножем, протертим вологою тканиною. Негайно після цього приводять товкачик приладу в дотик з поверхнею тіста в центрі кільця і закріплюють стержень стопорним пристроєм.

Потім звільняють стержень і дають можливість товкачику вільно занурюватись у цементне тісто на протязі 30 секунд, після цього проводять відлік глибини занурення по шкалі. Кільце з тістом під час відліку не повинне піддаватись поштовхам.

Дослід повторюють до тих пір, доки не буде досягнута така глибина занурення товчачика, яка відповідає нормальній густині. При цьому кожен раз готують нову порцію цементного тіста. Результати випробувань заносять у журнал.

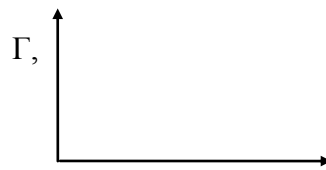
### Визначення нормальної густоти цементу

№ спроби	Кількість води		Вміст добавки, %	Покази приладу, мм	Глибина занурення, мм
		л			



Залежність глибини  
опускання товчачика від  
вмісту води

Висновок \_\_\_\_\_



Залежність НГ  
цементу від вмісту добавки-  
пластифікатора

Висновок \_\_\_\_\_

### 2.1.3.Визначення строків тужавлення

*Засоби випробування:* прилад Віка з голкою, мішалка механічна для приготування цементного тіста або сферична чаша з лопаткою з нержавіючої сталі, терези, мірний циліндр.

Дослід проводять за допомогою приладу Віка, в якому товчачик замінюють голкою  $\varnothing 1,1 \pm 0,04$  мм, Голка повинна бути виготовлена із сталюого нержавіючого дроту. Перед початком випробувань перевіряють, чи вільно опускається голка приладу

Віка, а також записують нульовий показник приладу при дотиканні голки до пластинки, на якій розміщене кільце.

За результатами попереднього досліду готують тісто нормальної густини, заповнюють ним кільце, яке розміщують під голкою приладу. Голку приводять в дотик з тістом, закріплюють стержень стопором, потім звільняють його, даючи можливість голці вільно занурюватись у тісто на протязі 30 секунд, потім роблять відлік за шкалою. Занурення проводять через кожні 10 хв., пересуваючи кільце кожен раз так, щоб голка не потрапляла на попереднє місце. Після кожного занурення голку витирають.

Визначення строків тужавлення цементу

№ спроби	Вміст добавки, %	Початок тужавлення, хв.	Кінець тужавлення, хв.

#### 2.1.4. **Визначення марки цементу за міцністю (2 год.)**

##### 2.1.5. **Виготовлення зразків для визначення марки цементу**

*Засоби випробування:* мішалка механічна для приготування цементного тіста або сферична чаша з лопаткою з нержавіючої сталі, струшуючий столик і форма-конус, штиковка, форми для виготовлення зразків-балочок, вібромайданчик, штангенциркуль, терези, мірний циліндр.



**Рис. 1.8. Струшуючий столик**

**Виготовлення цементного розчину.** Для визначення консистенції цементного розчину зважують 1500 г піску і 500 г цементу, висипають їх в попередньо протерту мокрою тканиною сферичну чашу, перемішують цемент з піском лопаткою на протязі 1 хв. Потім в центрі сухої суміші роблять ямку, вливають туди воду в кількості 200 г ( $B/C = 0,4$ ), дають воді всмоктатись на протязі 0,5 хв. і перемішують суміш ще на протязі 1 хв.

Розчин переносять в попередньо протерту вологою тканиною чашу механічної мішалки і перемішують в ній на протязі 2,5 хв. (20 обертів чаші). На струшуючий столик ставлять форму-конус. Диск столика і внутрішню поверхню форми-конуса попередньо протирають вологою тканиною. По закінченні перемішування розчину ним заповнюють форму-конус на половину висоти і ущільнюють 15-ма штикуваннями металеві штиковки. Потім заповнюють конус з надлишком і штикують ще 10 разів. Після ущільнення надлишок розчину зрізають ножем врівень з верхом конуса, потім вертикально знімають конус.

Розчин струшують на столику 30 раз на протязі  $30 \pm 5$  с. Після цього штангенциркулем вимірюють діаметр конуса по нижній площині в двох взаємоперпендикулярних напрямках і

знаходять середнє значення. Для тіста нормальної консистенції розплив конуса повинен бути в межах 106...115 мм. Якщо він виявиться меншим 105 мм, кількість води збільшують до отримання розпливу конуса 106...108 мм, якщо більшим 115 мм - кількість води зменшують до отримання розпливу конуса 113...115 мм.

Водоцементне відношення, отримане при розпливі конуса 106...115 мм, приймають для проведення подальших випробувань.

**Виготовлення цементних зразків.** Для визначення марки цементу виготовляють 3 зразки в стандартній формі-трійці. Внутрішню поверхню стінок і піддона форми змащують машинним маслом. На зібрану форму ставлять насадку. Зразки-балочки виготовляють із цементного розчину нормальної консистенції. Для ущільнення розчину форму з насадкою закріплюють на вібромайданчику, потім заповнюють розчином по висоті приблизно на 1 см і включають вібромайданчик. На протязі перших 2-х хвилин вібрації всі три комірки форми рівномірно невеликими порціями заповнюють розчином. Через 3 хв. після початку вібрування майданчик виключають. Форму знімають, зрізують ножем, змоченим водою, надлишок розчину, загладжують поверхню зразків врівень з краями форми і маркують кожний зразок.



**Рис. 1.9.** Форма для виготовлення цементних зразків-балочків

Після виготовлення зразки в формах зберігають  $24 \pm 2$  год. у ванні з гідравлічним затвором. Потім зразки обережно виймають із форми і розміщують у ванні з питною водою так, щоб вони не торкались один до одного. Вода повинна покривати зразки не менше ніж на 2 см і її потрібно міняти кожні 14 діб. Температура води повинна бути  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Загальний строк зберігання - 28 діб, після чого зразки випробовують.

## 2.2. Визначення марки цементу за міцністю (2 год.)

**Визначення межі міцності на згин.** Випробування проводять на приладі МИИ-100 або аналогічному. Зразки встановлюють на дві опори і завантажують посередині. Опорні і передаючі навантаження елементи повинні мати циліндричну форму і розміщуватись строго паралельно. Зразок розміщують на опорних елементах приладу так, щоб його горизонтальні при виготовленні грані знаходились у вертикальному положенні. Випробування зразків проводять відповідно до інструкції, яка додається до приладу і згідно вказівок викладача чи лаборанта.

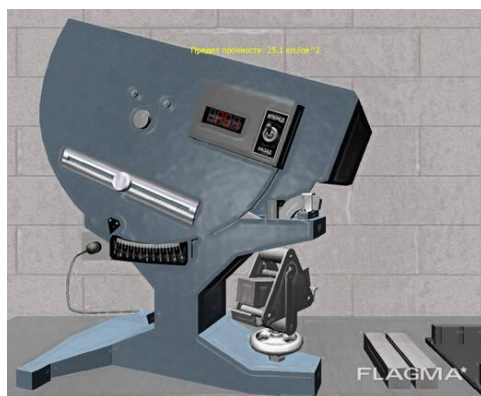
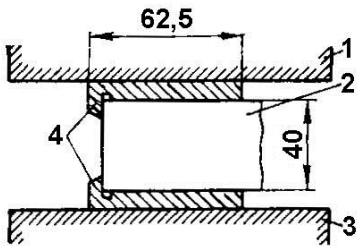


Рис. 1.10. Прилад МИИ-100



**Рис. 1.11.** Схема випробування зразків-балочок на стиск:

1 – верхня плита преса; 2 – половинка

пластинок, а упори пластинок щільно прилягали до торцевої гладкої поверхні зразків. У такому випадку площа опирання зразків на пластини складає 25 см<sup>2</sup>.

Для визначення границі міцності на стиск використовують прес з граничним навантаженням 200...250 кН. Середня швидкість росту навантаження при проведенні випробувань повинна бути  $2 \pm 0,5$  МПа. Зразок разом з пластинками розміщують на опорній плиті пресу, потім доводять його до руйнування і визначають руйнуюче навантаження за шкалою преса.

Границя міцності на стиск (активність цементу), МПа, дорівнює

$$R_{ct} = 10 \cdot F/A, \quad (2.1.2)$$

де **F** – руйнуюче навантаження, кН, **A** – площа стиску, м<sup>2</sup>.

Середнє значення міцності на стиск обчислюють як середнє арифметичне чотирьох найбільших результатів шести випробуваних напівбалочок. Результати досліду записують у робочий журнал. На підставі даних випробувань роблять висновок про марку цементу.

Границю міцності на згин вираховують як середнє арифметичне значення з двох найбільших результатів випробувань трьох зразків.

**Визначення границі міцності на стиск.** На стиск випробовують шість половинок балочок, отриманих після випробування на згин. Для передачі навантаження на половинки використовують дві пластинки розмірами 40×62,5 мм, виготовлені з нержавіючої сталі (рис. 1.11.). Половинку балочки розміщують між двома

Для визначення марки виготовляють і випробовують за наведеною вище методикою зразки-балочки. Результати випробувань заносять до журналу за наступною формою:

### Визначення марки портландцементу

#### а). Визначення границі міцності на згин

Показники	№ зразка		
	1	2	3
Вік зразка, діб			
Границя міцності на згин, МПа			
Середнє значення, МПа			

#### б). Визначення границі міцності на стиск

Показники	№ зразка					
	1	2	3	4	5	6
Вік зразка, діб						
Площа стиску, см <sup>2</sup>						
Руйнуюче навантаження, кН						
Границя міцності на стиск, МПа						
Середнє значення, МПа						

Висновок: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

### Контрольні запитання

1. Навести мінералогічний склад портландцементу і шлакопортландцементу?
2. Перерахувати основні фізико-механічні властивості цементу, навести методику їх визначення та вимоги відповідних стандартів.



3. Що таке тужавлення цементу? Як можна його прискорити або сповільнити?
4. Які добавки-пластифікатори і для чого вводять до складу цементу?
5. Які в'язучі називають гідравлічними? Наведіть приклади.
6. Навіщо визначають строки тужавлення?
7. Дати означення портландцементу.

### Література

1. В'язучі речовини / Дворкін Л. Й., Рунова Р. Ф., Дворкин О. Л., Носовский Ю. Д. Київ : «Основа», 2012. 448 с.
2. Дворкін Л. Й., Лаповська С. Д. Будівельне матеріалознавство : підручник. Київ : Кондор-Видавництво, 2017. 472 с.
3. Волженский А. В., Буров Ю. С., Колокольников В. С. Минеральные вяжущие вещества : учебник. М. : Стройиздат, 1979.
4. Пашенко А. А., Сербін В. П., Старчевська О. О. В'язучі матеріали : підручник. К. : Вища школа, 1995.
5. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Мінеральні в'язучі матеріали : підручник. Рівне : РДТУ, 2000.
6. Буров Ю. С., Колокольников В. С. Лабораторный практикум по курсу «Минеральные вяжущие». М. : Стройиздат. 1967, 1974.