

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства  
та природокористування

Кафедра технології будівельних виробів  
і матеріалознавства

**03-09-56М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до практичних занять з навчальної дисципліни  
**«Бетони і будівельні розчини. Заповнювачі для бетону»**  
(розділ «Загальні властивості розчинових сумішей і  
розчинів») для здобувачів вищої освіти першого  
(бакалаврського) рівня роботи за освітньо-професійною  
програмою «Технології будівельних конструкцій, виробів і  
матеріалів» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна  
інженерія» денної форми навчання

Рекомендовано науково-  
методичною радою  
з якості ННІБА  
Протокол № 1 від 31.08.2021 р.

Рівне – 2021

Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Бетони і будівельні розчини. Заповнювачі для бетону» (розділ «Загальні властивості розчинових сумішей і розчинів») для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня роботи за освітньо-професійною програмою «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної форми навчання [Електронне видання] / Дворкін Л. Й., Марчук В. В., Ніхаєва Л. І. – Рівне : НУВГП, 2021. – 15 с.

Укладачі: Дворкін Л. Й., д.т.н., професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства; Марчук В. В., к.т.н., доцент кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства; Ніхаєва Л. І., ст. викдалач кафедри кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

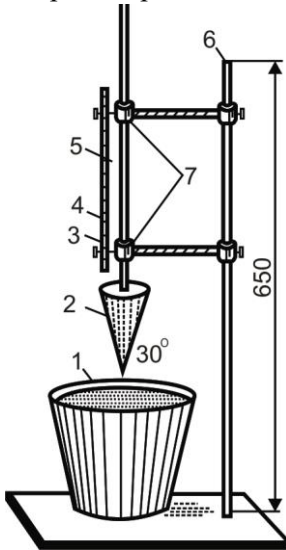
Відповідальний за випуск: Дворкін Л. Й., д.т.н., проф., завідувач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Керівник групи забезпечення спеціальності Караван В. В.

© Л. Й. Дворкін,  
В. В. Марчук,  
Л. І. Ніхаєва, 2021  
© НУВГП, 2021

## 1. Загальні властивості розчинових сумішей і розчинів

До загальних властивостей будівельних розчинів, які підлягають випробуванню згідно ДСТУ Б В.2.7-239:2010 відносяться рухомість, середня густина, розшаровуваність та водоутримуюча здатність розчинової суміші, а також міцність, середня густина, вологість, водопоглинання і морозостійкість затверділих розчинів.



**Рис. 1.** Прилад для визначення рухомості розчинової суміші:  
1 – посудина; 3 – затискний гвинт; 4 – шкала;  
5 – стержень; 6 – стійка; 7 – тримачі

*Рухомість* – здатність розчинової суміші укладатися на основу тонким однорідним шаром. Вона характеризується глибиною занурення еталонного конуса в см. Рухомість призначається із врахуванням виду розчину, способу його подачі, вологості і пористості основи, температури повітря. Наприклад, для монтажу стін із крупних панелей і блоків глибину занурення розчину призначають 5...7 см, а при кладці зі звичайної цегли – 9...13 см.

Залежно від рухомості розчинових сумішей встановлюють марки Р4, Р8, Р12. Р14 із глибиною занурення конуса відповідно 1...4, 4...8, 8...12 і 12...14 см.

Прилад для визначення рухомості (рис. 1) включає еталонний конус, який виготовляють із листової сталі або з пластмаси зі сталевим наконечником. Кут при вершині конуса складає  $30^\circ$ , його маса разом зі штангою  $300 \pm 2$  г. Ємність для розчинової суміші має форму зрізаного конуса заввишки 180 мм і об'ємом не менше 3 л. Після наповнення ємності розчиновою сумішшю її ущільнюють штикуванням

сталевим стержнем 25 разів і 5...6 кратним постукуванням об стіл.

Глибину занурення конуса вимірюють із похибкою до 1 мм за результатами двох випробувань як середнє арифметичне значення з них та округлюють до 1 см для встановлення марки суміші за рухомістю згідно ДСТУ Б В.2.7-239:2010. Різниця у показниках окремих випробувань не повинна перевищувати 20 мм.

*Середню густину розчинової суміші* визначають за відношенням маси ущільненої суміші до її об'єму. Для проведення випробувань використовують сталеву циліндричну посудину ємністю 1000 см<sup>3</sup> (діаметр 113 мм, заввишки 100 мм). Розчинову суміш ущільнюють штикуванням сталевим стержнем 25 разів і 5...6 кратним постукуванням об стіл. Поверхню розчинової суміші після ущільнення вирівнюють із краями посуду.

Середню густину розчинової суміші, г/см<sup>3</sup> обчислюють за формулою:

$$\rho = \frac{m - m_1}{1000}, \quad (1)$$

де  $m$  – маса мірної посудини з розчиноювою сумішшю, г;

$m_1$  – маса мірної посудини без суміші, г.

За результатами двох визначень середньої густини суміші з однієї проби, які повинні відрізнитися одне від одного не більше ніж на 5% від меншого значення знаходять середнє арифметичне значення. При більшому розходженні результатів вимірювання повторюють на новій пробі розчинової суміші.

*Розшаровуваність розчинової суміші* характеризує її зв'язність при динамічних впливах. Вона визначається порівнянням вмісту маси заповнювача у нижній і верхній частинах свіжовідформованого зразка. Розчинову суміш укладають у форму куба розмірами 150×150×150 мм і ущільнюють на лабораторному вібромайданчику протягом 1 хв. Після вібрування із форми з ущільненою сумішшю відбирають два зразки – з верхнього шару заввишки (7,5±0,5) мм і нижнього. Відібрані проби зважують із похибкою до 2 г і піддають мокрому розсіюванню на ситі з розміром вічка 0,16 мм

до повного видалення в'язучого. Відмиті порції заповнювача висушують до постійної маси і зважують.

Вміст заповнювача у верхній (нижній) частинах ущільненої розчинової суміші,  $V, \%$  обчислюють за формулою:

$$V = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100, \quad (2)$$

де  $m_1$  – маса відмитого висушеного заповнювача з верхньої (нижньої) частини зразка, г;

$m_2$  – маса проби розчинової суміші, відібраної з верхньої (нижньої) частини зразка, г.

Показник розшаровуваності розчинової суміші,  $\Pi, \%$  обчислюють за формулою:

$$\Pi = \frac{\Delta V_3}{\sum V_3} \cdot 100, \quad (3)$$

де  $\Delta V_3$  – абсолютна величина різниці між вмістом заповнювача у верхній і нижній частинах зразка, %;

$\sum V_3$  – сумарний вміст заповнювача у верхній і нижній частинах зразка, %.

Показник розшаровуваності для відібраної проби розчинової суміші визначають двічі та обчислюють з округленням до 1% як середнє арифметичне значення двох результатів, які відрізняються між собою не більше ніж на 20% від меншого значення. При більшому розходженні результатів визначення повторюють на новій пробі розчинової суміші.

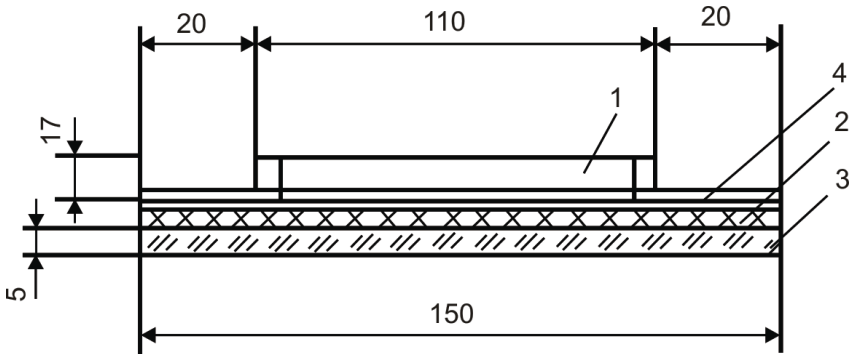
*Водоутримувальну здатність* визначають випробуванням шару розчинової суміші завтовшки 12 мм, викладеної на фільтрувальний папір (рис. 2). Ретельно перемішану розчинну суміш укладають в металеве кільце, яке встановлене на марлеву прокладку, 10 аркушів фільтрувального паперу, що викладені на скляну пластинку, вирівнюють і залишають на 10 хв. *Водоутримувальну здатність* розчинової суміші  $W_y$  характеризують вмістом води, % в пробі до і після експерименту. Її обчислюють за формулою:

$$W_y = \left( 100 - \frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_3} \cdot 100 \right), \quad (4)$$

де  $m_1$  і  $m_2$  – маса фільтрувального паперу відповідно до і після випробувань, г;

$m_3$  і  $m_4$  – маса приладу відповідно без і з розчиноюю сумішшю.

Значення  $W_y$  визначають як середнє арифметичне значення результатів двох вимірювань для кожної проби, які відрізняються між собою не більше ніж на 20% від меншого значення.



**Рис. 2.** Схема приладу для визначення водоутримувальної здатності розчиноюї суміші:

1 – металеве кільце з розчиноюю сумішшю; 2 – 10 шарів фільтрувального паперу; 3 – скляна пластина; 4 – шар марлевої тканини

*Середню густину розчину* визначають випробуванням зразків-кубів із ребром 70,7 мм, виготовлених із розчиноюї суміші робочого складу. Можливе також випробування зразків-пластин розміром (50×50) мм, які взяті зі швів конструкцій. Товщина пластин повинна відповідати товщині шва. При виробничому контролі середню густину розчинів визначають випробуванням зразків, які призначені для визначення міцності розчину.

Середню густину розчину  $\rho_0$  обчислюють як середнє арифметичне значення результатів випробувань трьох зразків, що входять в серію за формулою:

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \quad (5)$$

де  $m$  – маса зразка, кг;

$V$  – об'єм зразка, м<sup>3</sup>.

Зразки можуть знаходитися у стані природної вологості, або нормованому вологому стані: сухому, повітряно-сухому, нормальному, водонасиченому. При визначенні середньої густини розчину в повітряно-сухому стані зразки перед випробуванням витримують не менше 28 діб у приміщенні при температурі  $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$  і відносній вологості повітря  $(60 \pm 10)\%$ . При визначенні середньої густини розчину в нормальних вологих умовах зразки зберігають 28 діб у камері нормального зберігання або іншій герметичній посудині при відносній вологості повітря не менше 95% і температурі  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

Середню густину розчину при нормованому вологому стані  $\rho_n$  обчислюють за формулою:

$$\rho_n = \rho_w \frac{1 + \frac{W_n}{100}}{1 + \frac{W_m}{100}}, \quad (6)$$

де  $\rho_w$  – середня густина розчину при вологості  $W_n$ , кг/м<sup>3</sup>;

$W_n$  – нормована вологість розчину, %;

$W_m$  – вологість розчину в момент випробування.

*Вологість розчину* визначають випробуванням зразків або проб, отриманих:

- подрібненням зразків після їх випробування на міцність;
- з готових виробів або конструкцій.

При розрахунках вологості розчину застосовують формули:

- для вологості за масою, % :

$$W_m = \frac{m_s - m_c}{m_c}; \quad (7)$$

- для вологості за об'ємом, % :

$$W_o = \frac{W_m \rho_o}{\rho_s}, \quad (8)$$

де  $m_s$  і  $m_c$  – маса зразка розчину до і після сушіння;

$\rho_o$  – середня густина сухого розчину;

$\rho_s$  – густина води ( $\rho_s=1000$  кг/м<sup>3</sup>).

*Водопоглинання розчину* характеризує кількість води в % по відношенню до маси або об'єму сухих зразків, яку може поглинути розчин і утримувати у водонасиченому стані. Визначивши масу сухих і водонасичених зразків, водопоглинання обчислюють за формулами (6, 7). Температура води при насиченні зразків повинна бути  $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ , насичення водою проводять доти, поки результати двох послідовних зважувань будуть відрізнятися не більше ніж на 0,1%. Проміжні зважування зразків виконують через кожні 24 год. їх знаходження у воді. Зразки висушують до постійної маси до насичення їх водою, або після закінчення процесу водонасичення.

*Міцність розчину на стиск* визначають на зразках-кубах розмірами  $(7,07\times 70,7\times 70,7)$  мм у віці, який встановлено у стандарті або технічних умовах на даний вид розчину. На кожний термін випробувань виготовляють три зразки.

Зразки з розчинової суміші рухомістю до 5 см виготовляють у формах із піддоном, 5 см і більше – без піддона. При рухомості до 5 см суміш ущільнюють 12 натисками шпателя (6 натисків вздовж однієї сторони та 6 – у перпендикулярному напрямку), з рухомістю 5 см і більше – штикуванням сталевим стержнем 25 разів. Форми, заповнені розчиновою сумішшю, витримують до розпалублення 1 добу:

- на гідравлічних в'язучих – у камері нормального тверднення при температурі  $(20\pm 5)^\circ\text{C}$  та відносній вологості повітря  $(95\pm 5)\%$ ;

- на повітряних в'язучих – в приміщенні при температурі  $(20\pm 5)^\circ\text{C}$  і відносній вологості  $(65\pm 10)\%$ .

Якщо через 1 добу міцність зразків недостатня для розпалублення їх допускається розпалублювати через  $(48\pm 2)$  год.



Після розпалублення зразки повинні зберігатися при температурі  $(25\pm 10)^\circ\text{C}$ . Зразки з розчинів на гідравлічних в'язучих протягом трьох діб зберігаються у камері нормального тверднення або у вологому піску, тирсі, поліетиленових пакетах. Час, що залишився до випробувань, зразки з розчинів, які тверднуть на повітрі, зберігаються у приміщенні при відносній вологості повітря  $(65\pm 10)\%$ , з розчинів, які тверднуть у вологому середовищі – у воді.

В умовах зимового мурування конструкцій на кожний термін випробувань виготовляють по 6 зразків, які зберігаються на відкритому повітрі в тих самих умовах, що і конструкції. У подальшому 3 зразки після їх відтавання і досягнення температури приміщення  $(25\pm 10)^\circ\text{C}$  випробовують у терміни необхідні для контролю міцності розчину на стиск у конструкції, а 3 зразки, що залишились випробовують після їх відтавання і подальшого 28-добового тверднення при температурі не нижче  $(25\pm 10)^\circ\text{C}$ .

При випробуванні зразків розчину стискальна сила повинна бути спрямована паралельно шарам укладки розчинової суміші у форму, а вертикальна вісь зразка проходить через центр плити преса. Навантаження на зразок прикладається протягом не менше 30 с зі швидкістю не більше 0,6 МПа/с.

Границю міцності розчину на стиск  $f_{cm}$ , обчислюють як середнє арифметичне значення результатів випробувань трьох зразків. Для кожного зразка її розраховують із похибкою до 0,01 МПа за формулою:

$$f_c = \frac{P}{S}, \quad (9)$$

де  $P$  – руйнівне навантаження, Н;

$S$  – робоча площа перерізу зразка,  $\text{см}^2$ .

*Морозостійкість розчинів* випробовують шляхом багаторазового поперемінного заморожування зразків кубів із ребром 70,7 мм у насиченому водою стані при температурі мінус 15...20°C і відтавання їх у воді за температури 15...20°C. Для проведення випробувань виготовляють 6 зразків-кубів, із яких 3 зразки піддають заморожуванню та відтаванню, а інші 3 зразки є контрольними. Основні і контрольні зразки після

витримування у камері нормального тверднення у 28-добовому віці насичують водою протягом не менше 48 год при температурі 15...20°C. Температура заморожування зразків у морозильній камері – мінус 15...20°C, тривалість одного заморожування – не менше 4 год. Після вивантаження із морозильної камери зразки відтаюють у воді при температурі 15...20°C протягом не менше 3 год.

*Марка за морозостійкістю* розчинів визначається найбільшим числом циклів поперемінного заморожування і відтавання при якому втрата міцності не перевищує 25%, а втрата маси – не більше 5%.

Втрату міцності зразків,  $\Delta$ , % обчислюють за формулою:

$$\Delta = \frac{f_{c.k} - f_{c.o}}{f_{c.k}} \cdot 100, \quad (10)$$

де  $f_{c.k}$  – середнє арифметичне значення міцності на стиск контрольних зразків, МПа;

$f_{c.o}$  – середнє арифметичне значення міцності на стиск основних зразків після випробування їх на морозостійкість, МПа.

Контрольні зразки випробовують на міцність у насиченому водою стані перед початком заморожування основних зразків.

Втрату маси зразків,  $M$ , % обчислюють за формулою:

$$M = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100, \quad (11)$$

де  $m_1$  – маса насиченого водою зразка перед випробуванням на морозостійкість, г;

$m_2$  – маса насиченого водою зразка після випробування на морозостійкість, г.

Втрату маси зразків після випробування на морозостійкість обчислюють як середнє арифметичне значення результатів випробувань трьох зразків.

Якщо при контрольному візуальному огляді, який проводять через кожні 5 циклів заморожування і відтавання, на двох із трьох зразках встановлені видимі пошкодження

(розшарування, поява тріщин, викришування тощо) випробування на морозостійкість припиняють.

**Приклад. 1.** Розрахувати показники основних властивостей будівельних розчинів за результатами випробувань, які наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати випробувань розчинів

Властивість, що контролюється	Показники	Розмірність	Значення для зразків			Значення показника властивості
			№1	№2	Середнє	
<i>Властивості розчинових сумішей</i>						
Рухомість розчинових сумішей	Глибина занурення конуса	см	8.2	8.6	8.4	8.0
Густина розчинової суміші	Маса мірної посудини ( $m_1$ )	г	350	350	350	2,0
	Маса мірної посудини з розчиновою сумішшю ( $m$ ) Середня густина ( $\rho$ )	г г/см <sup>3</sup>	2300 1,95	2420 2,07	2360 2,01	

продовження табл. 1

Властивість, що контролюється	Показники	Розмірність	Значення для зразків			Значення показника властивості
			№1	№2	Середнє	
Розшаровуваність	Вміст заповнювача у верхній частині ущільненої розчинової суміші ( $V_1$ )	%	28,5	27,8	28,1	8
	Вміст заповнювача у нижній частині ущільненої розчинової суміші ( $V_2$ )	%	33,5	32,1	32,8	
	Показник розшаровуваності ( $\Pi$ )	%	8	7	7,5	

продовження табл. 1

Властивість, що контролюється	Показники	Розмірність	Значення для зразків			Значення показника властивості
			№1	№2	Середнє	
Водоутримувальна здатність	Маса фільтрувального паперу до випробувань	г	15	15	15	
	після випробувань	г	25	27	26	
	Маса приладу без розчинової суміші з розчиною сумішшю	г	650	649	649,5	
	Водоутримувальна здатність ( $W_v$ )	г	845	840	843,5	
		%	94,9	93,8	94,1	
<i>Властивості розчинів</i>						
Середня густина розчину в сухому стані	Середня густина розчину $\rho_w$ при вологості $W=15\%$	кг/м <sup>3</sup>	2050	2060	2040	2050
	Вологість розчину в момент випробування $W_m$	%	4	2	3	3
	Середня густина розчину $\rho_n$	кг/м <sup>3</sup>	1972	2020	1981	$\rho_n=1991$
Водопоглинання	Маса сухого зразка $m_c$	кг	0,717	0,711	0,709	0,712
	Маса насиченого водою зразка $m_v$	кг	0,758	0,763	0,760	0,760
	Водопоглинання за масою	%	5,7	7,3	7,2	6,7
	Водопоглинання за об'ємом	%	11,2	14,8	14,3	13,4

продовження табл. 1

Властивість, що контролюється	Показники	Розмірність	Значення для зразків			Значення показника властивості
			№1	№2	Середнє	
Границя міцності на стиск	Руйнівне навантаження	Н	31000	31500	31567	$R_{cm}=6,23$
	Робоча площа перерізу зразка	см <sup>2</sup>	51,4 6,03	49,8 6,33	50,6 6,32	
	Границя міцності	МПа				

#### Питання для самоконтролю

1. Що таке рухомість розчинової суміші?
2. З чого складається прилад для визначення рухомості розчинової суміші?
3. Які марки розчинової суміші?
4. Як визначають середню густину розчинової суміші?
5. Що характеризує розшаровуваність розчинової суміші ?
6. За якою формулою визначають показник розшаровуваності розчинової суміші,  $I$ ?
7. Як визначають водоутримувальну здатність розчинової суміші?
8. Як визначають середню густину розчину?
9. Що характеризує водопоглинання розчину?
10. Як визначити міцність розчину на стиск ?
11. Як визначити марку за морозостійкістю розчинів?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дворкін Л. Й., Гоц В. І., Дворкін О. Л. Випробування бетонів і розчинів. Проектування їх складів : навчальний посібник. 2014. 397 с.
2. Будівельне матеріалознавство: підручник / під ред. П. В. Кривенко. К. : ТОВ УВПК Ексоб, 2004. 704 с.
3. Гоц В. І. Бетони і будівельні розчини. К. : КНУБА, 2003. 472 с.
4. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Бетони і будівельні розчини. К. : "Основа", 2008. 448 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-23-95 Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні технічні умови.
6. ДСТУ Б В.2.7-239:2010 (EN 1015-11:1999, NEQ). Розчини будівельні. Методи випробувань.