

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇН
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

О.В. Кондращенко, В.А. Юшко

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт
**«Проектування складу і випробування будівельного розчину»,
«Випробування силікатної цегли»**

з дисципліни

«Будівельне матеріалознавство»

(для студентів 2 курсу напрямку 6.060101 «Будівництво»)

ХАРКІВ – ХНАМГ – 2009

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Проектування складу і випробування будівельного розчину», «Випробування силікатної цегли» з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» (для студентів 2 курсу напрямку 6.060101 «Будівництво») / Укл.: Кондращенко О.В., Юшко В.А. – Харків, ХНАМГ, 2009. – 16 с.

Укладачі: О.В. Кондращенко, В.А. Юшко

Рецензент: к.т.н., доц. В.О. Бондар (ХДТУБА)

Рекомендовано кафедрою технології будівельного виробництва і будівельних матеріалів,
протокол № 3 від 20.11.08 р.

Зміст

Стор.

Лабораторна робота № 1. Проектування складу і випробування будівельного розчину	4
1. Загальні положення	4
2. Підбір складу змішаного розчину	5
3. Приготування пробного замісу	7
4. Визначення властивостей розчинових сумішей і будівельних розчинів ...	7
Лабораторна робота № 2. Випробування силікатної цегли	9
1. Загальні положення	9
2. Визначення якості силікатної цегли за зовнішнім виглядом	11
3. Визначення властивостей силікатної цегли	11

Лабораторна робота № 1

Проектування складу і випробування будівельного розчину (ДСТУ Б В.2.7-23-95)

1. Загальні положення

Будівельний розчин – це штучний камінь, отриманий при твердінні раціонально підбраної і ретельно перемішаної суміші, що складається з мінеральної в'язучої речовини, дрібного заповнювача (піску) води і добавок. До затвердіння суміш цих компонентів називають розчиною сумішшю.

За видом в'язучої речовини будівельні розчини поділяють на прості з використанням одного виду в'язучої речовини (цементні, вапняні, гіпсові тощо) й складні на базі змішаних в'язучих речовин (цементно-вапняні, вапняно-зольні, вапняно-гіпсові тощо).

Основними властивостями розчиною суміші є рухомість, середня густина, водоутримувальна здатність, водовідділення, розшарованість (ДСТУ Б В.2.7-114-2002).

За рухомістю розчинні суміші поділяють на марки (табл. 1).

Таблиця 1 – Марки розчинної суміші за рухомістю

Марка розчинної суміші за рухомістю	Норма за рухомістю, см	Призначення розчинної суміші
П4	Від 1 до 4 включно	Бутова кладка, ущільнена вібруванням
П8	Вище 4 до 8 включно	Бутова кладка звичайна з порожнистої цегли і каміння, монтаж стін з крупних блоків і панелей, розшивання горизонтальних і вертикальних швів між панелями і блоками, облицювальні роботи
П12	Вище 8 до 12 включно	Кладка із звичайної цегли і каменя, штукатурні й облицювальні роботи
П14	Вище 12 до 14 включно	Заповнення порожнин в бутовій кладці

Основними властивостями отриманого штучного каменю на основі затверділого будівельного розчину є середня густина, міцність при стиску, розтяг при розколванні, розтяг при згині, усадка, середня густина, вологість, водопоглинення та морозостійкість. Обов'язковим для усіх видів розчинів є визначення міцності при стиску, інші властивості визначають у випадках, що передбачені проектом.

За середньою густиною будівельні розчини поділяють на важкі (середня густина від 1500 кг/м^3 і більше) й легкі (середня густина менше 1500 кг/м^3).

Для будівельного розчину встановлені такі марки за міцністю при стиску: М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150, М200.

Для розчину, що підлягає поперемінному заморожуванню і відтаванню в конструкціях будівель і споруд, призначають і контролюють марки за морозостійкістю: F10, F15, F25, F35, F50.

2. Підбір складу змішаного розчину

Мета роботи – встановлення раціонального співвідношення складових, що забезпечують одержання розчинної суміші заданої рухомості й набуття розчином необхідної міцності у визначений термін.

Склади розчину марок нижче M25 наведені в таблицях.

Для встановлення складу розчинів марок M25 і вище виконують розрахунок на 1 м³ піску.

Після виготовлення пробного замісу і випробування суміші уточнюють склад – визначають витрати матеріалів на 1 м³ розчину.

Таблиця 2 – Дані для розрахунків

№ п/п	Найменування показника, одиниця виміру	Позначення показника	Значення показника
1	Показники складу		
1.1	Вид і властивості компонентів:		
1.1.1	В'язучі: активність, кг/см ² . середня насипна густина, кг/м ³	R _ц ρ _{н.п.}	
1.1.2	Заповнювачі: вид середня насипна густина, кг/м ³	ρ _{н.п.}	
1.1.3	Добавки: вид густина добавки, кг/м ³	ρ _д	
2	Показники фізико-механічних властивостей розчину		
2.1	Марка розчину, кг/см ²	R _р	
2.2	Рухливість розчину, см		

Порядок розрахунку

1. Витрати цементу (кг) на 1 м³ піску:

$$Q_{ц} = \frac{R_p \cdot 1000}{k \cdot R_{ц}}$$

де R_p – задана марка розчину, кг/см²,
 R_u – активність цементу, кг/см²,
 k – коефіцієнт при використанні портландцементу $k = 1$.
 Об'єм цементу визначають за формулою

$$V_u = \frac{Q_u}{\rho_{н.ц.}} \text{ (м}^3\text{)},$$

де $\rho_{н.ц.}$ – щільність цементу в пухконасипному стані, кг/м³.

2. Витрати добавки на 1 м³ піску:

$$Q_d = V_d \cdot \rho_d,$$

$$V_d = 0,17(1 - 0,002 \cdot Q_u).$$

При використанні вапняного тіста $\rho_d = 1400$ кг/м³ для вапняного молока (25% вапна) $\rho_d = 1200$ кг/м³.

3. Склад змішаного розчину в частинах визначають як результат ділення на об'єм цементу:

$$\frac{V_u}{V_u} : \frac{V_d}{V_u} : \frac{V_n}{V_u},$$

$$\frac{V_u}{V_u} = 1; \quad \frac{V_d}{V_u} = x; \quad \frac{V_n}{V_u} = y.$$

4. Орієнтовані витрати води на 1 м³ піску для отримання розчинної суміші заданої рухомості:

$$Q_w = 0,65(Q_u + V_d \cdot \rho_d).$$

Отримані розрахунками витрати уточнюють дослідним шляхом.

Розрахунок складу змішаного розчину на заміс (5 л):

$$Q_{ц.з.} = \frac{V_3}{1 + x + y} \cdot 1 \cdot \rho_u \text{ (кг)};$$

$$Q_{д.з.} = \frac{V_3}{1 + x + y} \cdot x \cdot \rho_d \text{ (кг)};$$

$$Q_{в.з.} = (Q_{ц.з.} + Q_{д.з.}) \cdot 0,65 \text{ (л)};$$

$$Q_{п.з.} = \frac{V_3}{1 + x + y} \cdot y \cdot \rho_n \text{ (кг)},$$

де $V_3 = 5$ л – об'єм замісу;

$Q_{ц.з.}$, $Q_{д.з.}$, $Q_{в.з.}$, $Q_{п.з.}$ – витрати на заміс відповідно цементу, добавки, води, піску;

1 , x , y – відносні частини цементу, добавки, піску в складі розчину.

3. Приготування пробного замісу

Пробний заміс потрібний для визначення фактичних значень рухомості суміші й міцності розчину.

Відважують компоненти розчинної суміші за розрахунком. Пісок висипають на металевий лист, до нього додають цемент і ретельно перемішують кельмою протягом 5 хвилин, вводять вапняне тісто і знову перемішують. Після цього додають воду і остаточно перемішують суміш протягом 3...5 хв.

4. Визначення властивостей розчинових сумішей і будівельних розчинів

Визначення рухливості розчинної суміші

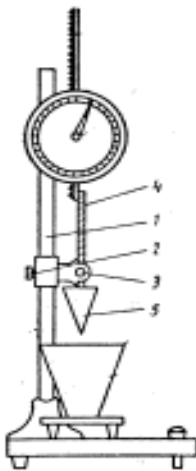


Рис. 1 – Схема приладу для визначення рухомості розчинної суміші:

- 1 – штатив; 2 – держак;
- 3 – пружинна кнопка;
- 4 – стержень; 5 – конус.

Стержень конуса і проводять відлік з похибкою не більше 0,2 см.

Рухомість суміші (см) обчислюють як середнє арифметичне результатів двох випробувань. Якщо величина занурення конуса буде більше або менше, то виготовляють новий заміс з меншим або більшим вмістом води.

При відповідності величини занурення конуса заданій величині визначають водоцементне відношення.

Отримані дані заносять до табл. 3.

Таблиця 3 – Витрати матеріалів

Найменування матеріалів	Витрата матеріалів, кг	
	на 1 м ³	на заміс
Цемент		
Добавка		
Пісок		
Вода		

Визначення густини розчинової суміші

Щільність розчинової суміші визначають у циліндричній посудині місткістю $1 \text{ л} \pm 2 \text{ мл}$. Її заповнюють розчиновою сумішшю з деяким надлишком. Ущільнюють суміш штикуванням (25 разів) сталевим стержнем діаметром 10...12 мм.

Масу розчинової суміші визначають з похибкою не більше 5 г зважуванням посудини з випробовуваною сумішшю, при цьому масу посудини віднімають.

Щільність обчислюють як середнє арифметичне результатів двох випробувань і записують до табл. 4.

Таблиця 4 – Щільність розчинової суміші

Показники	Зразки	
	I	II
Маса посудини, г: - без суміші - із сумішшю		
Маса суміші, г		
Щільність суміші, кг/м^3		

Визначення марки будівельних розчинів

Марку будівельних розчинів визначають за межею міцності при згині трьох зразків – балочок розміром $40 \times 40 \times 160 \text{ мм}$ і стиску їх половинок віком 28 діб, або на зразках-кубах з ребром розміром $7,07 \times 7,07 \times 7,07 \text{ см}$.

Зразки-балочки виготовляють з розчинової суміші у формах з піддоном. Розчинову суміш ущільнюють штикуванням. Форму заповнюють в два шари. Надлишок суміші зрізують ножем і згладжують поверхню.

Форми, заповнені розчиновою сумішшю, виготовленою на гідравлічних в'язучих речовинах, витримують до розпалубки при температурі $(20 \pm 3) \text{ }^\circ\text{C}$ і відносній вологості понад 90%. Через (24 ± 2) години після укладання розчинової суміші зразки-балочки виймають з форм і зберігають при температурі $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ у воді.

Зразки-балочки випробують спочатку на вигин на приладі М І І-100, а потім отримані половинки випробують на стиск на гідравлічному пресі ПГ-10 з використанням стандартних пластинок площею 25 см^2 .

Розрахунок виконують за формулою

$$R_c = \frac{P}{S},$$

де P – руйнівне навантаження, кг,

S – площа перерізу зразка, см^2 .

Результат записують у такій послідовності:

Найменування розчину _____

Умови зберігання _____

Термін зберігання _____

Межа міцності при вигині _____

Межа міцності при стиску _____

Марка _____

Схеми випробувань заносять у зошит.

Контрольні запитання

1. Чим відрізняється розчинова суміш від будівельного розчину?
2. Дати класифікацію будівельних розчинів.
3. Викласти послідовність розрахунків складу змішаного розчину.
4. Як визначають рухомість розчинової суміші?
5. Як визначають марку розчину?
6. Як визначають густину розчинової суміші?

Лабораторна робота № 2

Випробування силікатної цегли (ДСТУ Б. В.2.7-80-98)

1. Загальні положення

Сучасна технологія виготовлення цегли силікатної передбачає виробництво в'язучого, формування виробів, твердіння у середовищі насиченої водяної пари в автоклавах при тиску 0,8-1,6 МПа й температурі 175-200 °С.

Застосовують силікатну цеглу і каміння для побудови кам'яних і армокам'яних конструкцій у надземній частині будівель з нормальним і вологим режимами експлуатації. Не можна застосовувати силікатну цеглу для влаштування фундаментів і цоколів будівель нижче гідроізоляційного шару, які зазнають впливу ґрунтових і стічних вод, а також для мурування стін будівель з мокрим режимом експлуатації (лазні, пральні, пропарювальні дільниці).

Слід враховувати, що під час тривалої дії високих температур (понад 500 °С) силікатна цегла руйнується внаслідок дегідратації гідросилікатів кальцію.

Вапняно-шлакова цегла (ДСТУ Б В.2.7-36-95) є різновидом силікатної цегли, але відрізняється меншою щільністю (1400-1600 кг/м³) і кращими теплоізоляційними властивостями (0,5-0,7 Вт/м °С). Вапняно-шлакова цегла має у своєму складі: вапно (3-12%), шлак (88-97%).

Поряд з силікатною цеглою широко застосовують силікатний бетон.

Силікатний бетон – це ущільнена суміш, що затверділа в автоклаві, складається з меленого кварцового піску (8-15%), кварцового піску (70-80%) і меленого вапна (6-10%).

Силікатні бетони можуть бути: важкими (заповнювачі ущільнені – пісок, щебінь), легкими (заповнювачі пористі – керамзит, вспучений перліт, аглопорит та ін.) і ніздрюваті (піно-, газобетон).

1. Цегла силікатна поділяється на види за розмірами (табл. 1):

Таблиця 1 – Види цегли

№ п/п	Види цегли	Розміри цегли, мм		
		довжина	ширина	висота
1	Цегла одинарна повнотіла або з пористим заповнювачем	250	120	65
2	Цегла потовщена порожниста або повнотіла з пористим заповнювачем	250	120	88
3	Каміння порожнисте	250	120	138

2. Маса потовщеної цегли в сухому стані не повинна перевищувати 4,3 кг.

3. За призначенням цегла поділяється на звичайну і лицьову.

4. За видом виготовлення цегла буває: порожниста, пориста (з пористим заповнювачем), пористо-порожниста, повнотіла; лицьова цегла і каміння можуть бути незабарвленими й кольоровими (забарвлення силікатної суміші у масі перед формування сирцю; нанесення кольорової пасти чи суспензії на свіжосформований сирець; забарвлення запареної цегли кольоровими розчинами солей; нанесення легкоплавких кольорових глазурей, лаків, емалей на запарену цеглу).

5. За середньою густиною і теплофізичними властивостями цегла поділяється на три групи:

- ефективна, з густиною не більше 1400 кг/м³ і коефіцієнтом теплопровідності до 0,46 Вт/мК;
- умовно ефективна, з густиною 1401-1650 кг/м³ і коефіцієнтом теплопровідності до 0,58 Вт/мК;
- звичайна, з густиною більше 1650 кг/м³ і теплопровідністю до 0,7 Вт/мК.

6. За міцністю цеглу поділяють на марки: 300, 250, 200, 150, 125, 100 і 75.

7. За морозостійкістю цеглу поділяють на марки (МрЗ): 50, 35, 25, 15.

8. Межа міцності при стиску й вигині має бути не менше величин, поданих у табл. 2.

Таблиця 2 – Межа міцності цегли

Марка цегли і каміння	Межа міцності, МПа					
	при тиску		при вигині			
	Середня для зразків	Найменша для окремих зразків	Одинарна потовщена повнотіла цегла		Потовщена порожниста цегла	
			Середня для 5 зразків	Найменша для окремих зразків	Середня для 5 зразків	Найменша для окремих зразків
300	30,0	25,0	4,0	2,7	2,4	1,8
250	25,0	20,0	3,5	2,3	2,0	1,6
200	20,0	15,0	3,2	2,1	1,8	1,3
150	15,0	12,5	2,7	1,8	1,5	1,1
125	12,5	10,0	2,4	1,6	1,2	0,9
100	10,0	7,5	2,0	1,3	1,0	0,7
75	7,5	5,0	1,6	1,1	0,8	0,5

9. Водопоглинення цегли за масою повинно бути не менше 6 %.

10. Відхилення розмірів і показників зовнішнього вигляду лицьової і звичайної цегли від норми не повинно перевищувати величин, наведених у табл. 3.

Таблиця 3 – Норми показників зовнішнього вигляду лицьової і звичайної цегли

№ п/п	Найменування показників	Допустимі відхилення для цегли та каміння	
		лицьова	звичайна
1	Відхилення від розмірів цегли, мм		
	за довжиною	± 2	± 3
	за шириною	± 2	± 2
	за товщиною	± 2	± 2
2	Непаралельність, мм	2	2
3	Відбитість кутів глибиною від 10 до 15 мм, шт.	1	3
4	Відбитість або притупленість ребер глибиною від 5 до 10 мм, шт.	1	3
5	Шорсткість поверхні або зірваність нелицьової грані глибиною, мм	3	5
6	Включення піску, глини та ін. розміром від 5 до 10 мм на зламі, шт.	2	4
7	Проколини верхньої постелі порожнистих виробів, мм	10	10
8	Недогас (дефекти від недогасіння суміші)	Не дозволяється	

11. Розміри, форма і розташування порожнин у цеглі наведені на рис. 1-4.

2. Визначення якості цегли за зовнішнім виглядом

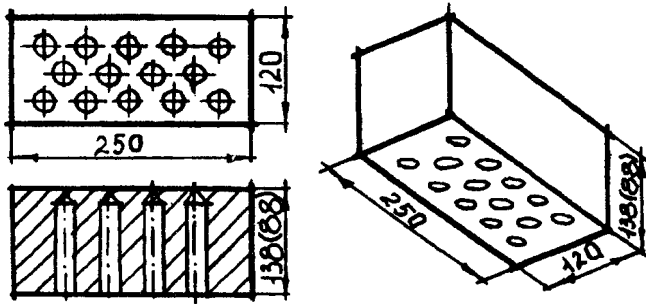
Для визначення відповідності цегли вимогам ДСТУ перевіряють лінійні розміри: за довжиною, шириною, товщиною, встановлюють непаралельність кутів, шорсткість поверхні, наявність включень піску, глини, дефекти від недогасіння суміші.

Результати огляду заносять до табл. 4.

Таблиця 4 – Показники зовнішнього вигляду цегли

№ п/п	Показники зовнішнього вигляду	Результати огляду зразків			Вимоги ДСТУ
		1	2	3	

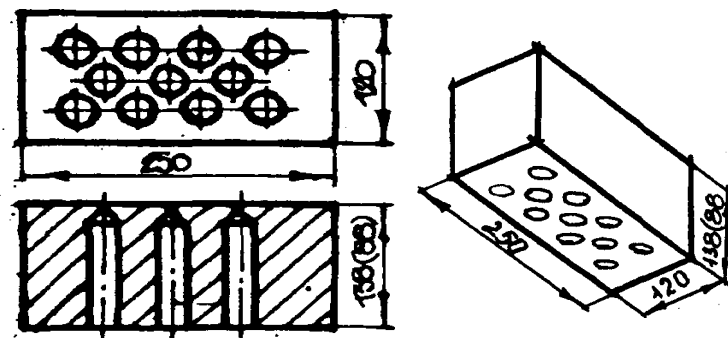
КАМІНЬ (ЦЕГЛИНА) З 14 ПУСТОТАМИ



Діаметр отворів
30-32 мм,
пустотність 28-31%

Рис. 1

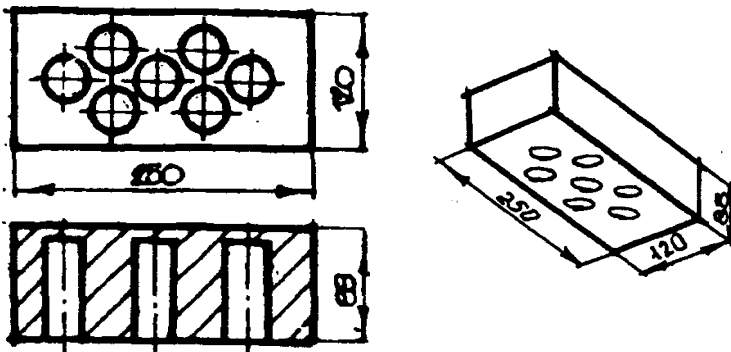
КАМІНЬ (ЦЕГЛИНА) З 11 ПУСТОТАМИ



Діаметр отворів
27-32 мм,
пустотність 22-25 %.

Рис. 2

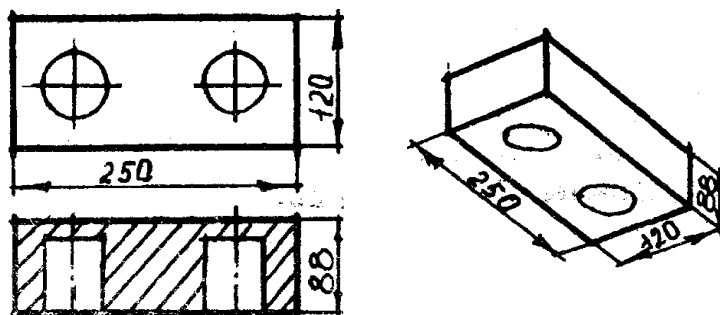
ПОТОВЩЕНА ЦЕГЛИНА З 7 ПУСТОТАМИ



Діаметр отворів
30-36 мм,
пустотність 16-18%.

Рис. 3

ПОТОВЩЕНА ЦЕГЛИНА З 2 ПУСТОТАМИ



Діаметр отворів
50-60 мм,
пустотність 8-10%.

Рис. 4

3. Визначення властивостей силікатної цегли

Визначення середньої густини цегли

Для визначення середньої густини суху цеглу зважують з похибкою до 1 г.

Розміри цегли вимірюють металевою лінійкою або штангенциркулем з похибкою не більше 1 мм – за довжиною трьох ребер, що збігаються в одному куті.

Середня густина цегли (кг/м³):

$$\rho_0 = \frac{m}{V} \times 1000,$$

де m – маса сухої цегли, г;

V – об'єм цегли, см³.

Результати визначення середньої щільності цегли записують до табл. 5.

Таблиця 5 – Результати визначення середньої щільності цегли

№ зразків	Розміри цегли, см			Об'єм, см ³	Маса, г	Середня густина, кг/м ³	Показник ефективності
	довжина	ширина	товщина				
1							
2							
3							

Визначення водопоглинання

Водопоглинання визначають на трьох зразках без попереднього сушіння. Зразки укладають в один ряд за висотою на відстані один від одного не менше 2 см на грабки в посудину з водою температурою (20 ± 5) °С таким чином, щоб рівень води був вище верху зразків на 2-10 см. Зразки витримують у воді 48 ± 1 год.

Насичені водою зразки виймають з води, обтирають тканиною і зважують. Вода, що витікає із зразка на чашу терезів, входить до маси зразка.

Після зважування зразки висушують до постійної маси.

Водопоглинання (W) зразків за масою визначають за формулою

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\%,$$

де m_1 – маса зразка, насиченого водою, г;

m – маса зразка після сушіння до постійної маси, г.

За результат водопоглинення беруть середнє арифметичне трьох визначень, які підраховані з точністю до 1%, і записують до табл. 6.

Таблиця 6

№ п/п	Розміри цегли, см			Маса цегли, г		Водопоглинання цегли, %
	довжина	ширина	товщина	сухої	насиченої	
1						
2						
3						

Визначення межі міцності цегли при згині

З партії цегли вибирають п'ять цеглин. Випробують їх у сухому стані. Зразки без спеціальної підготовки кладуть на дві опори у вигляді валків з відстанню між ними 20 см. Визначення проводять зосередженим навантаженням, що прикладається посередині зразка (рис. 5).

Межу міцності при вигині підраховують за формулою

$$R_{виг.} = \frac{3 \cdot P \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2},$$

де P – руйнівне навантаження, кг;
 l – відстань між опорами, м (см);
 b – ширина зразка, м (см);
 h – висота зразка, м (см).

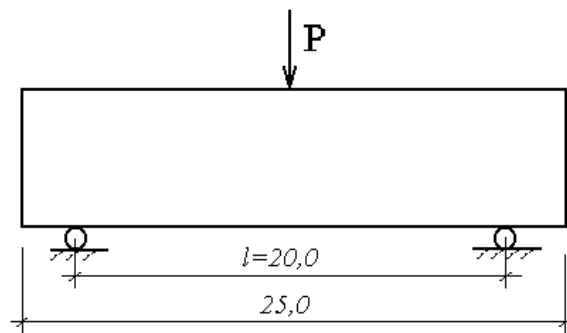


Рис. 5

Підраховують межу міцності при вигині цегли з точністю до 0,05 МПа. Результати випробувань записують до табл. 7.

Таблиця 7 – Результати випробувань цегли на міцність

№ п/п	Розміри цеглини, см		Руйнуюче навантаження	Межа міцності при вигині, МПа		
	ширина	товщина		R_i	$R_{сер.}$	R_{min}
1						
2						
3						

Визначення межі міцності цегли при стиску

Межу міцності при стиску цегли визначають для кожної партії на п'яти зразках.

Випробування проводять на зразках, що складаються з двох цілих цеглин або з двох їх половинок. Цеглу поділяють на половинки шляхом розколювання або розпилювання. Можна визначити межу міцності при стиску на половинках цегли, що одержані після випробування на вигин.

Цеглу укладають постелями одну до одної, а у випадку з половинками поверхню поділу розташовують у протилежні боки. Випробування проводять «насухо», не вирівнюючи поверхню цементним розчином (рис. 6).

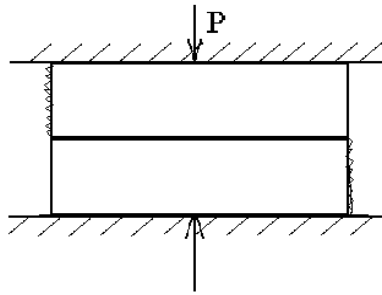


Рис. 6

Перед випробуванням на стиск необхідно виміряти площу перерізу зразка, за якою буде розрахована межа міцності при стиску.

Підготовлений зразок розташовують у центрі плити пресу таким чином, щоб геометричні осі зразка і плити були сумісні. Навантаження на зразок повинно зростати безперервно з рівномірною швидкістю.

Межу міцності для кожного зразка при стиску підраховують за формулою

$$R_{ст.} = \frac{P_p}{S} ,$$

де P_p – руйнівне навантаження, кг;

S – площа перерізу зразка, см².

Примітка. При підрахунку межі міцності при стиску зразків з двох цілих цеглин товщиною 88 мм або з двох їх половинок результати випробувань помножують на коефіцієнт 1,2.

Результати визначення межі міцності при стиску цегли записують до табл. 8.

Таблиця 8 – Результати визначення межі міцності при стиску цегли

№ п/п	Розміри зразка, см		Площа перерізу зразка, см	Руйнівне наванта- ження, кг	Межа міцності при стиску, кг/см ³ (МПа)		
	довжина	ширина					
1							
2							
3							
4							
5							

За одержаними даними (табл. 4-8) визначають марку силікатної цегли і встановлюють відповідність її за зовнішнім виглядом діючим вимогам.

Контрольні запитання

1. Сировина, що застосовується для виготовлення силікатної цегли.
2. Скорочена технологічна схема виробництва силікатної цегли.
3. Різновиди силікатної цегли.
4. Показники ефективності цегли.
5. Які ознаки зовнішнього вигляду вказують на якість силікатної цегли?
6. Методика визначення середньої густини цегли.
7. Методика визначення водопоглинання цегли.
8. Методика визначення межі міцності при стиску й вигині.
9. Які марки цегли за міцністю і морозостійкістю передбачені ДСТУ Б.В.2.7-80-98?

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Проектування складу і випробування будівельного розчину», «Випробування силікатної цегли» з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» (для студентів 2 курсу напрямку 6.060101 «Будівництво»).

Укладачі: Олена Володимирівна Кондращенко,
Володимир Андрійович Юшко

Відповідальний за випуск: С.В. Шаповал

Редактор: М.З. Аляб'єв

Комп'ютерна верстка: Г.О. Павлова

План 2009, поз. 92 М

Підп. до друку 31.03.2009 р.	Формат 60×84 1/6	Папір офісний.
Друк на ризографі.	Умовно-друк. арк. 0,9	Обл.-вид. арк 1,2
Тираж 50 прим.	Замовл. №	

61002, м. Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ,
61002, м. Харків, вул. Революції, 12