

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Український державний університет
науки і технологій**

Кафедра «Архітектурне проектування,
землеустрій та будівельні матеріали»

В авторській редакції

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

Частина 2

Навчально-методичні рекомендації
до лабораторних робіт

ДНІПРО
2023

Упорядники:
О. В. Громова, А. М. Зінкевич, Т. І. Афанасьєва

Електронний аналог
друкованого видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми
192 «Будівництво та цивільна інженерія», 273 «Залізничний транспорт»,
183 «Технологія захисту навколишнього середовища»
Протокол № 8 від 17.04.2023

Б 90 Будівельне матеріалознавство. Визначення основних властивостей портландцементу : навчально-методичні рекомендації до лабораторних робіт / упоряд.: О. В. Громова, А. М. Зінкевич, Т. І. Афанасьєва ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро : УДУНТ, 2023. – Ч. 2. – 17 с.

Навчально-методичні рекомендації призначені для використання студентами 2 курсу денної форми навчання, освітній ступень – бакалавр, спеціальностей: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»; 273 «Залізничний транспорт»; 183 «Технологія захисту навколишнього середовища» під час виконання лабораторних робіт з освітніх програм «Промислове та цивільне будівництво», «Архітектурне проектування будівель і споруд», «Водопостачання та водовідведення», «Мости і транспортні тунелі», «Захист довкілля та техногенна безпека», «Залізничні споруди та колійне господарство», «Автомобільні дороги та аеродроми».

Навчально-методичні рекомендації містять основні теоретичні положення для засвоєння матеріалу, методику проведення випробувань та обробки отриманих даних, контрольні питання з дисциплін «Будівельне матеріалознавство» і «Матеріалознавство та технологія матеріалів».

Іл. 9. Табл. 6. Бібліогр.: 6 назв. Додат.: 2.

Зміст

Витяг з інструкції № 116	4
1. Загальні положення.....	4
2. Вимоги безпеки перед початком роботи	4
3. Вимоги безпеки під час роботи	4
4. Вимоги безпеки по закінченню роботи	5
5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	5
Лабораторна робота № 4	5
Визначення рівномірності зміни об'єму цементу	5
Лабораторна робота № 5	8
Визначення міцності цементу на згин і стиск.....	9
1. Визначення консистенції цементного розчину.....	9
2. Виотовлення зразків-балочок	10
3. Випробування зразків	11
Контрольні запитання.....	14
Додатки	15
Додаток 1.....	15
Додаток 2.....	15
Рекомендована література.....	16

ВИТЯГИ З ІНСТРУКЦІЇ № 116

1. Загальні вимоги

«Інструкція з охорони праці при проведенні лабораторних робіт в лабораторії будівельних матеріалів» № 116 (ауд. 348 та лабораторія, нульовий поверх) забезпечує безпечні умови праці при проведенні лабораторних робіт і є обов'язковою для усіх викладачів кафедри «Архітектурне проектування, землеустрій та будівельні матеріали» надалі «АПЗБМ».

Викладачі кафедри «АПЗБМ» при виконанні лабораторних робіт, пов'язаних з обслуговуванням та експлуатацією електричних приладів, повинні мати кваліфікаційні групи з електробезпеки (2 група) та пройти інструктаж з охорони праці та інструктаж з пожежної безпеки на робочому місці (2 рази на рік).

За невиконання даної інструкції викладач або студент несе дисциплінарну, матеріальну, адміністративну та кримінальну відповідальність.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Викладачі кафедри «АПЗБМ» повинні:

- бездоганно знати вимоги даної Інструкції;
- проводити інструктаж з охорони праці із студентами на початку семестру (на першому занятті з лабораторних робіт) з записом у контрольному листі інструктажу з охорони праці для студентів;
- вміти організувати безпечне проведення лабораторних робіт;
- не допускати до роботи студентів, що з'явилися на заняття в нетверезому вигляді і притягнути їх до відповідальності.

3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

Студенти під час виконання лабораторної роботи повинні:

- виконувати тільки ті роботи, що доручені викладачем;
- бережно відноситись до лабораторного посуду, приладів, інструментів, обладнання та меблів лабораторії;
- проявляти обережність при роботі зі скляними приладами, хімічним посудом та випробувальними будівельними матеріалами;
- одягати при необхідності халати та гумові рукавички;
- слідкувати за порядком на робочому місці.

Студентам категорично забороняється:

- заносити до лабораторії їжу та напої;
- працювати на приладах без дозволу та відсутності викладача;
- самовільно вмикати електроприлади, рубильники, кнопки, вимикачі, що знаходяться в лабораторії;
- підключати до електромережі підзарядки для мобільних телефонів;
- торкатися частин лабораторного обладнання, яке знаходиться під електрострумом в момент роботи;
- використовувати хімічний посуд з тріщинами або надбитий скляний

посуд;

- уламки розбитого скляного посуду збирати руками.

Викладачам категорично забороняється

- залишати без догляду увімкнені прилади та установки;
- будь-яке ремонтування та перенос електроприладів під час їхньої роботи.

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

Викладачі після закінчення роботи повинні:

- відключити електроприлади від електромережі;
- проконтролювати наявність відповідних приладів на робочому місці.

Студенти після закінчення роботи повинні:

- вимити прилади та посуд і скласти їх на місце;
- привести в порядок своє робоче місце;
- вимити руки миючими засобами;
- не залишати свої речі в лабораторії, за які викладач після закінчення заняття не несе відповідальності.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Ознакою аварійної ситуації може бути займання електропроводки або електроприладів, поява підвищеного шуму, диму або вогню, повітряної тривоги. В цьому випадку треба негайно вимкнути рубильник, прийняти заходи для гасіння пожежі (вогнегасник, пісок). В разі потреби надати першу допомогу потерпілому, а при необхідності викликати «швидку допомогу» за тел. **103**. У разі повітряної тривоги заняття припиняється, вимикаються всі прилади і студенти з викладачем переходять до укриття.

Про кожну аварійну ситуацію або нещасний випадок викладач повинен повідомити завідувачу лабораторією або завідувача кафедри.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Визначення рівномірності зміни об'єму цементу

Процес твердіння цементу супроводжується зміною об'єму утвореного цементного каменю. Однак наявність у цементі вільних оксидів Са та Mg, які гасяться зі збільшенням об'єму в уже затверділому цементному камені, може привести до нерівномірних деформацій та утворення тріщин у затверділих бетонах та розчинах. Межі по вмісту – СаО до 1 %, MgO до 5 %.

Мета роботи: встановлення зміни об'єму цементу методом візуального огляду коржиків цементного тіста нормальної густоти. Рівномірність зміни об'єму цементу визначають одним з двох методів:

а) методом Ле-Шательє, згідно з яким вимірюють зміну об'єму цементного тіста нормальної густоти за показниками зміни відстані між двома індикаторними стрілками кільця Ле-Шательє (ДСТУ Б EN 196-3:2015 Методи випробування цементу. Частина 3. Визначення строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму (EN 196-3:2005+A 1:2008, IDT));

б) методом візуального огляду коржиків з цементного тіста нормальної густоти після їх повітряно-вологого зберігання та кип'ятіння в воді (ДСТУ Б

В.2.7-185:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму.

Прилади і матеріали: бачок для випробування кип'ятінням; ємність для перемішування; кельма; ваги лабораторні; мірний циліндр 250 см³; технічний ніж; цемент; вода.

Сутність методу: методом візуального огляду коржика (б) з цементного тіста нормальної густоти, після їх повітряно-вологого зберігання та кип'ятіння в воді встановити зміну об'єму.

Методика випробування

Для випробування на рівномірність зміни об'єму готують цементне тісто нормальної густоти згідно з лабораторною роботою № 2.

Дві наважки цементного тіста масою 75 г кожна, виготовлених у вигляді кульок, розташовують на скляній пластинці, злегка змащеній машинним маслом. Стукають пластинкою по твердій поверхні до утворення з кульок коржиків діаметром від 7 см до 8 см та товщиною у центрі близько 1 см. Поверхню коржиків вирівнюють ножем, що протертий вологою тканиною, від зовнішнього краю до центра до утворення гострих країв і гладкої закругленої поверхні. Відразу після цього коржики поміщають у ванну з гідравлічним затвором або шафу для повітряно-вологого зберігання зразків для витримування коржиків протягом (24 ± 2) год.

Для зберігання коржиків застосовують ванну з гідравлічним затвором (рис. 4.1) або шафу для повітряно-вологого зберігання зразків достатніх розмірів, в яких слід підтримувати температуру (20 ± 2) °С та відносну вологість повітря не менше ніж 90 %. Ванну з гідравлічним затвором виготовляють із корозієстійкого матеріалу (наприклад, оцинкованої сталі). У ванні встановлюють решітки для розміщення на них зразків. Під решіткою завжди повинна бути вода.



Рис. 4.1. Ванна з гідравлічним затвором

Після закінчення часу зберігання два цементних коржики виймають з ванни, знімають із пластинок і розміщують на ґратчастій полиці у водяній бані.

Водяна баня з нагрівачем, в якій розміщують коржиків під водою, повинна забезпечувати протягом (30 ± 5) хв підвищення температури води від (20 ± 2) °С до температури кипіння. У середині водяної бані розміщують ґратчасту полицю для коржиків, яка знаходиться на відстані не менше ніж 5 см від дна ємності бані. Рівень води у водяній бані повинен перекривати коржиків на 4...6 см протягом усього часу кип'ятіння.

У водяній бані зразки нагрівають протягом (30 ± 5) хв до температури кипіння води (100 °С) і витримують протягом 3 год за цієї температури, після чого припиняють нагрівання, дають коржикам охолонути в ємності бані до температури повітря в приміщенні лабораторії, і проводять їх зовнішній огляд відразу після витягання з води.

Цемент відповідає вимогам стандарту щодо рівномірності зміни об'єму, якщо на лицьовій стороні коржиків відсутні радіальні, що доходять до країв, тріщини або сітки дрібних тріщин, які видно неозброєним оком або під лупою, а також яких-небудь скривлень і збільшення об'єму коржиків. Скривлення виявляють за допомогою лінійки, яку прикладають до плоскої поверхні коржика, при цьому виявлені скривлення не повинні бути більше ніж 2 мм на краю або в центрі коржика. Допустима у першу добу після випробувань поява тріщин усихання, що не доходять до країв коржиків, за умови зберігання дзвінкого звуку при постукуванні коржиків один по одному.

Зразки коржиків, які витримали або не витримали випробування на рівномірність зміни об'єму, наведені на рисунках 4.2 і 4.3.

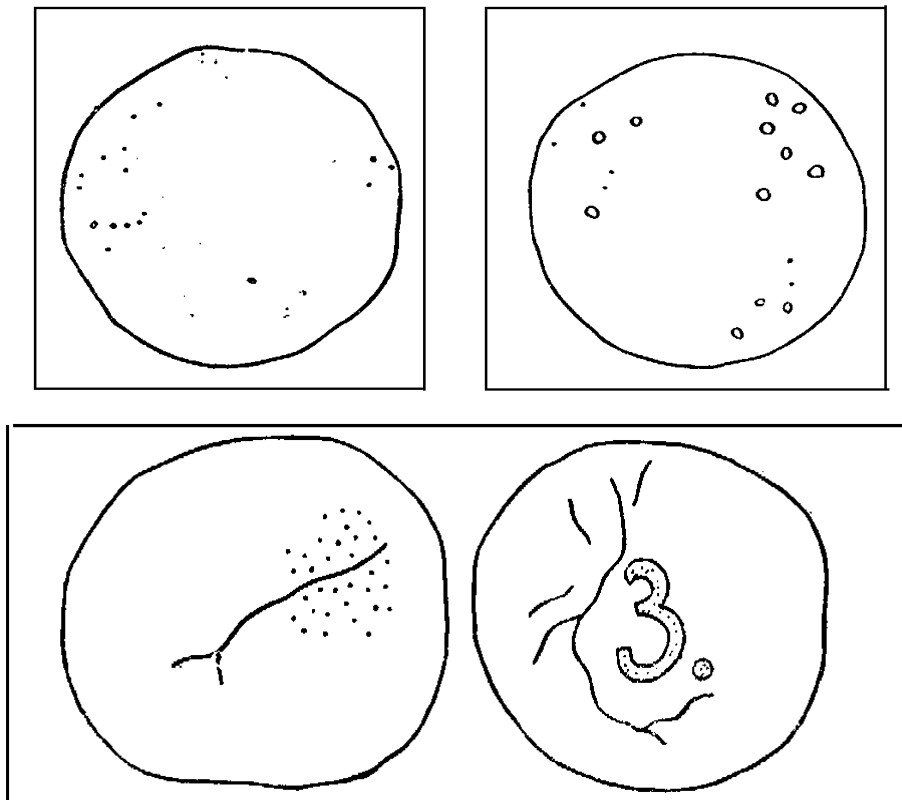




Рис. 4.2. Зразки коржів, що витримали випробування

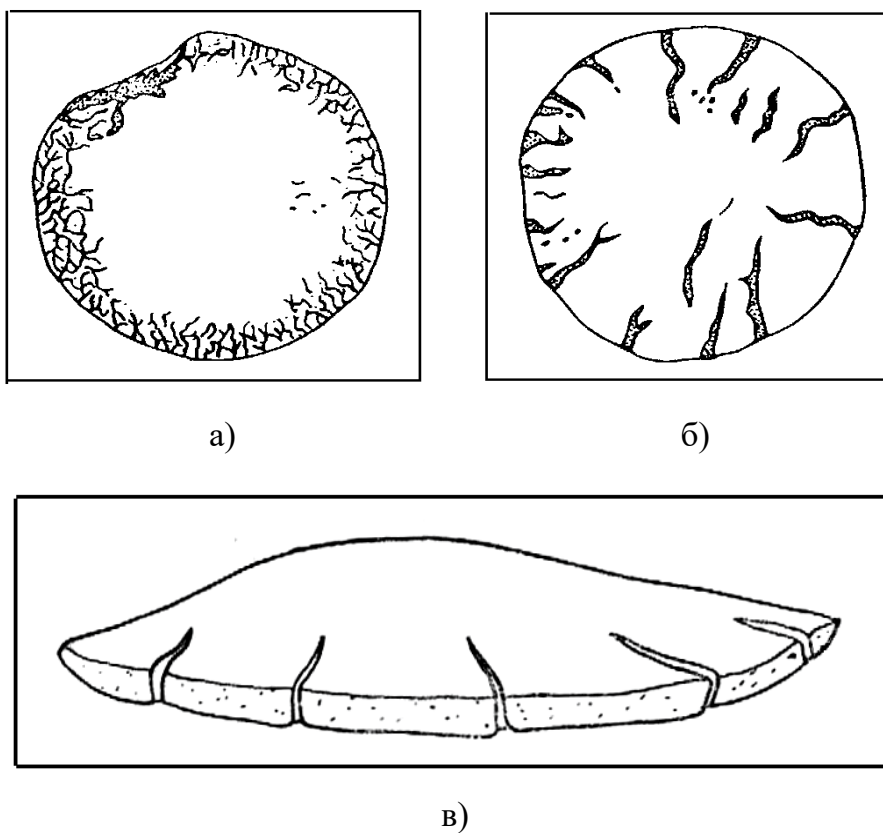


Рис. 4.3. Зразки коржів, що витримали і не витримали випробування:
а) зруйнування; б) радіальні тріщини; в) скривлення

Проводять порівняння досліджуваних зразків коржиків на наявність дефектів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Визначення міцності цементу на згин і стиск

Міцність цементного каменю є його головною властивістю. Міцність цементу встановлюють за показником границі міцності на стиск половинок зразків-балочок розміром 40x40x160 мм, які виготовляють із цементно-

піщаної розчинової суміші складу (цемент:пісок) 1:3 (за масою) при В/Ц , що забезпечує нормальну консистенцію розчинової суміші (розплив конуса $d = 106...115$ мм). Після твердіння в нормальних умовах (при $t = 20$ °С и $W = 85$ %) зразки випробують через 28 діб.

Значення границі міцності на стиск таких зразків називають **активністю цементу**, а значення активності, округлене в бік зменшення (визначене в кгс/см²), - **маркою цементу**. В залежності від міцності на стиск портландцемент розділяють на марки: 300, 400, 500.

Мета роботи: встановлення марки цементу за показником його активності, яка визначається за міцністю на згин і стиск зразків-балочок у віці 28 діб.

Прилади і матеріали: змішувач для перемішування цементного розчину; ємність для перемішування; кельма; струшувальний столик і форма-конус; штиковка $d = 2$ см; форма для зразків-балочок; насадка до форми; вібраційна площадка з амплітудою $(0,35 \pm 0,03)$ мм, частотою коливань 3000 кол/хв; прилад для випробування зразків на згин; гідравлічний прес; натискні пластинки для передачі навантаження із сталі; ваги лабораторні; мірний циліндр $V=250$ см³; цемент; пісок стандартний для випробувань цементів згідно ДСТУ Б В.2.7-189:2009 Будівельні матеріали. Пісок стандартний для випробувань цементів. Технічні умови; вода.

Сутність роботи: визначення міцності цементу на згин та стиск згідно ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск.

Методика випробування

1. Визначення консистенції цементного розчину.

Для приготування цементного розчину зважують (1500 ± 5) г стандартного піску (кварцовий природний пісок з нормованим зерновим хімічним складом, що призначений для випробування), (500 ± 1) г цементу у співвідношенні компонентів цемент: пісок – 1:3 і (195 ± 1) г води (В/Ц = 0,39). Зважені сухі компоненти пісок і цемент всипають у металеву сферичну ємність протерту вологою тканиною і перемішують протягом однієї хвилини.

У центрі сухої суміші роблять заглиблення і вливають віддозовану воду. Дають воді всмоктатися у суміш протягом 30 с і потім перемішують суміш кельмою одну хвилину.

Додаткове перемішування-розтирання виконується 20 обертами ковзанки розчинозмішувача. У попередньо протерту вологою тканиною чашу розчинозмішувача переноситься розчин і рівномірно розподіляється. Вмикається двигун. Змішувач відключають через 20 обертів, або через 2,5 хв перемішування.

Консистенцію цементного розчину визначають на струшувальному столику (рис. 5.1). Зверху на штоку закріплений диск. На диску під склом аркуш з накресленими колами. Два кола $d = 106$ і 115 мм, що є контрольними, накреслені червоною тушшю. Шток струшуючого столика знизу закінчується

кулачком, величина зазубрини якого складає $10 \pm 0,5$ мм. При обертанні штурвала кулачок переміщається по ролику і зіскакує на зазубрині – відбувається струшування.

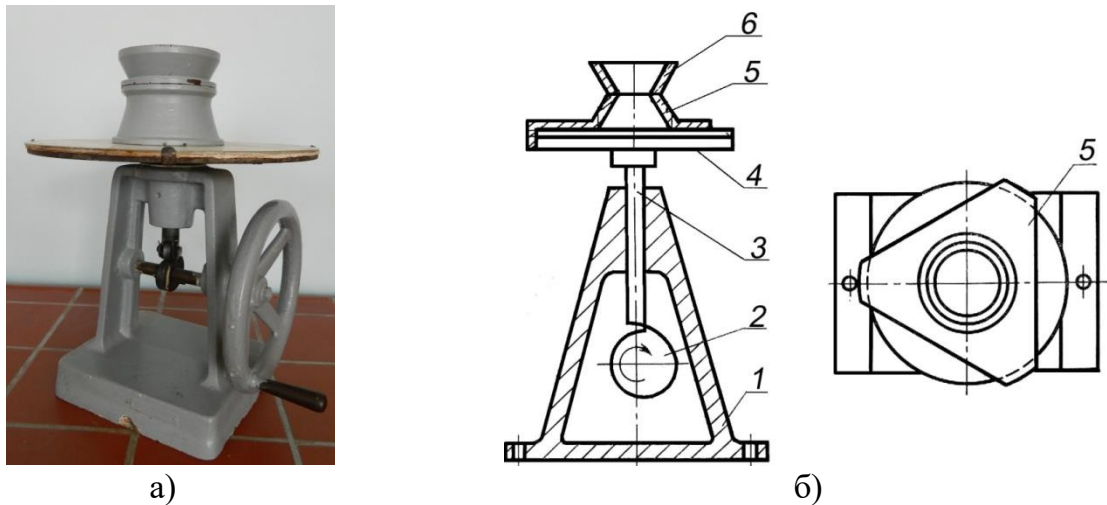


Рис. 5.1. Струшуючий столик:

а) зовнішній вигляд; б) схема: 1 – станина; 2 – кулачок; 3 – шток; 4 – диск;
5 – форма-конус; 6 – насадка

У центрі струшувального столика встановлюють форму-конус. Внутрішню поверхню форми і диск столика протирають вологою тканиною. Зверху на конус установлюють насадку. Розчин укладають у форму-конус на половину висоти і ущільнюють 15 натисканнями штиковки $d = 2$ см. Потім наповнюють конус із надлишком і ущільнюють ще 10 натисканнями.

Після ущільнення знімають насадку, зрізають надлишок урівень з краями форми і загладжують поверхню розчину ножем, потім піднімають конус у вертикальному напрямку.

Конус із цементно-піщаної суміші струшують на струшувальному столику, обертаючи штурвал 30 раз протягом 30 с (одне струшування в секунду). Після чого штангенциркулем вимірюють діаметр конуса за нижньою основою у двох взаємно перпендикулярних напрямках і беруть середнє значення. Розплив конуса з В/Ц=0,39 має бути не менше ніж 106 мм.

Якщо розплив конуса виявиться менше ніж 106 мм, кількість води збільшують. Якщо розплив конуса буде більше 115 мм, кількість води зменшують.

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

2. Виготовлення зразків-балочок.

Для виготовлення зразків-балочок використовують тримісні розбірні металеві форми (п. 6.1.4 ДСТУ Б В.2.7-187:2009), попередньо змащені машинною олією. Форма встановлюється і жорстко закріплюється на стандартній віброплощині (А.2, А.3 додатка А ДСТУ EN 196-1:2019).

Розчин стандартної консистенції укладають через насадку в гнізда форми приблизно на висоту 1 см і вмикають віброплощадку. Протягом 2 хв вібрації всі гнізда форми рівномірно заповнюють розчином із надлишком. Третю хвилину продовжують вібрувати цілком заповнену форму, а потім вимикають пристрій.

Насадку знімають, надлишок розчину обережно зрізають і поверхню загладжують врівень з краями форми змоченим у воді ножем. Після цього зразки маркують (дата виготовлення, група).

Для кожного встановленого терміну випробувань виготовляють по три контрольних зразки.

Після виготовлення зразки-балочки в формах зберігають: (24 ± 1) годину у посудині з гідравлічним затвором або у шафі, що забезпечує температуру повітря $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ і відносну вологість не менше 90 %. На другу добу зразки розформовують і укладають в посудинах з питною водою у горизонтальному або вертикальному положенні на відстані один від одного, щоб вода мала вільний доступ до всіх шести поверхонь зразка-балочки. Шар води повинен покривати зразки-балочки не менше ніж на 2 см.

Після закінчення строку зберігання (28 діб) зразки-балочки виймають з води, обтирають тканиною і, не пізніше ніж через 30 хв, випробовують.

3. Випробування зразків

Спочатку визначається міцність на згин цілих зразків-балочок, а потім визначають границю міцності на стиск половинок балочок на гідравлічному пресі.

При випробуванні на згин зразок установлюють на опорні елементи приладу таким чином, щоб його горизонтальні грані, які утворилися при формуванні, при випробуванні знаходилися у вертикальному положенні. Схема розташування зразка на опорних елементах показана на рис. 5.2.

Розрахунок міцності на згин $R_{зг}$ в МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$) виконують за формулою:

$$R_{зг} = \frac{3 \cdot P_p \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2},$$

де $R_{зг}$ – міцність на згин, МПа;

P_p – руйнівне навантаження, кгс;

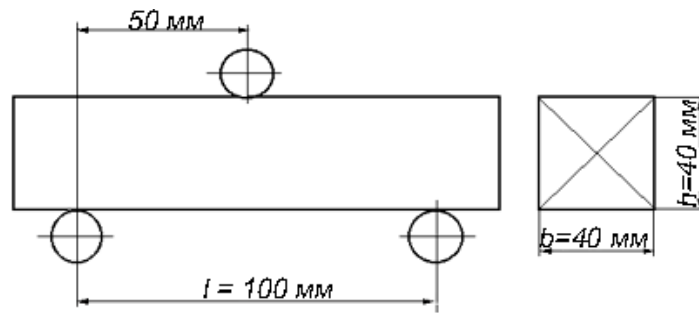
l – відстань між опорами, см;

b, h – розміри поперечного перерізу зразка-балочки, см.

Або для спрощеного розрахунку міцності на згин використовують формулу:

$$R_{зг} = 0,0234 \cdot P_p, \text{ МПа } (0,234 \cdot P_p, \text{ кгс}/\text{см}^2),$$

де P_p – руйнівне навантаження в МПа або $\text{кгс}/\text{см}^2$.



а)



б)



в)

Рис. 5.2. Випробування зразка на згин:

а) схема розташування зразка на опорних елементах; б) розташування зразка в пристрої для випробування; в) випробування зразка на пресі

Результат випробування міцності на згин обчислюють як середнє арифметичне значення трьох одиничних результатів, отриманих при випробуванні трьох зразків-балочок. Кожен результат має бути наведений із точністю не менше ніж 0,1 МПа. Середнє арифметичне значення наводять із точністю не менше ніж 0,1 МПа.

На зразках-половинках балочок, отриманих після випробування на згин, визначають границю міцності на стиск. Половинку балочки поміщають між двома пластинками (рис. 5.3, а) так, щоб бокові грані, що при виготовленні примикали до стінок, знаходилися на площині пластинок, а упори пластинок щільно примикали до торцевої гладкої площини зразка-балочки (рис. 5.3, б).

Зразок-балочку разом із пластинами центрують на опорній плиті преса для випробувань (рис. 5.4, а).

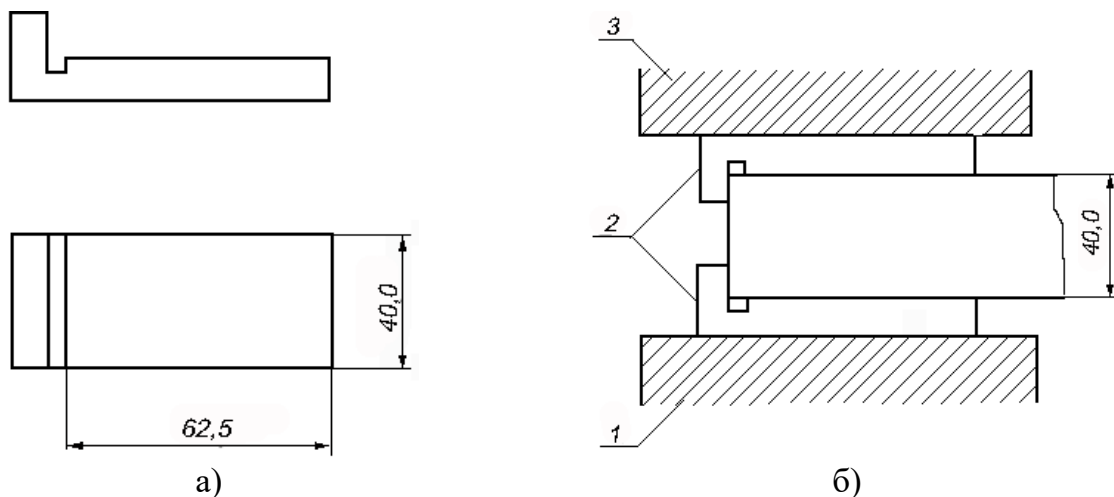


Рис. 5.3. а) пластинки для передачі навантаження на половинки балочок;
б) схема випробування зразка на стиск: 1 – нижня плита преса; 2 – пластинки;
3 – верхня плита преса

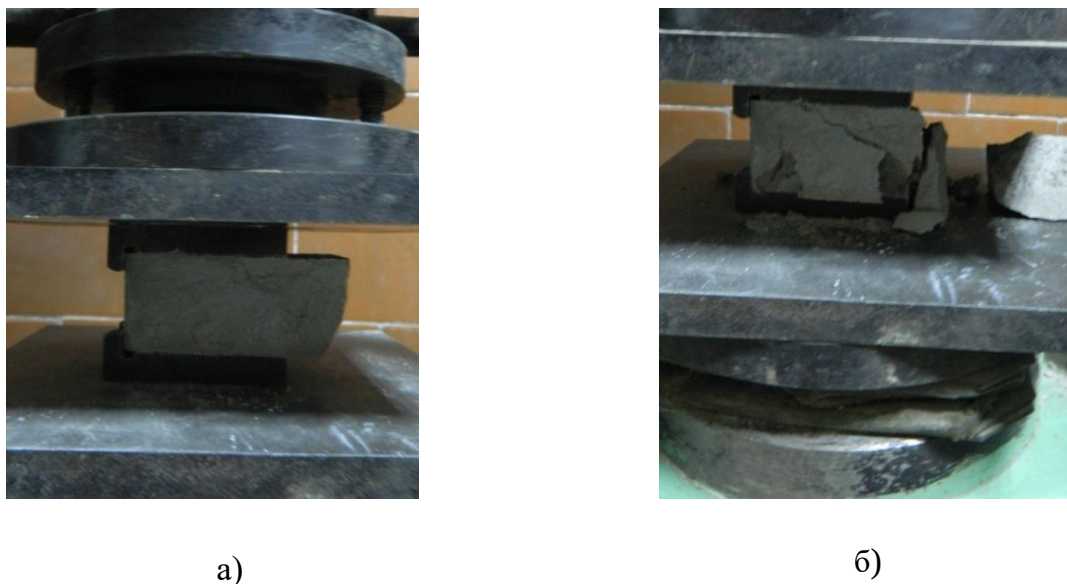


Рис. 5.4. Випробування зразка на стиск:
а) розташування зразка на опорних елементах; б) зразок після випробування на стиск

Міцність на стиск окремого зразка обчислюють як частку від ділення величини руйнівного навантаження (в кгс) на робочу площу пластинки (см²), тобто на 25 см²:

$$R_i^{\text{CT}} = \frac{P_i^{\text{P}}}{S_i},$$

де R_i^{CT} – границя міцності при стиску окремого зразка, МПа (кгс/см²);

P_i^{P} – величина руйнівного навантаження, кгс (Н);

S_i – робоча площа пластинки, $S = 25 \text{ см}^2$.

Результат випробування міцності на стиск обчислюють, як середнє арифметичне значення шістьох одиничних результатів, отриманих при

випробуванні трьох зразків-балочок. Кожен результат наводять із точністю не менше ніж 0,1 МПа.

Якщо одиничне значення з шести результатів відрізняється від середньоарифметичного більше ніж на $\pm 10\%$, його відкидають, а середнє арифметичне значення вираховують із п'яти результатів, які залишились. Якщо одиничне значення з п'яти результатів відрізняється від середньоарифметичного більше ніж на $\pm 10\%$, всі результати випробувань відкидають, і визначення міцності повторюють.

$$R_{\text{сер}}^{\text{ст}} = \frac{R_i^{\text{ст}} + \dots + R_n^{\text{ст}}}{n},$$

де $R_i^{\text{ст}} \dots, R_n^{\text{ст}}$ – результати визначення міцності на стиск окремих зразків у МПа (кгс/см²);

n – кількість зразків, результати визначення міцності яких враховані при обчисленні.

Результати випробувань та розрахунків заносять у табл. 5.1 і роблять висновок щодо марки цементу.

У додатках 1 і 2 наведені вимоги стандарту на міцність цементу в залежності від марок, терміну твердіння та виду цементу.

Таблиця 5.1

Результати визначення межі міцності на вигин і стиск

№	Руйнівне навантаження при згині $P_{зг}$, кгс	Границя міцності при згині $R_{зг}$, МПа (кгс/см ²)	Середнє арифметичне результатів випробувань $R_{зг}^{\text{сер}}$, МПа	№	Руйнівне навантаження при стиску P_p , кгс (Н)	Границя міцності при стиску $R_{ст}$, МПа	Середнє арифметичне результатів випробувань $R_{ст}^{\text{сер}}$, МПа
1				1			
				2			
2				3			
				4			
3				5			
				6			

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Внаслідок чого виникає нерівномірність зміни об'єму при твердінні цементу? Сутність методу визначення.

2. Які вимоги стандарту ставляться до цементу по стійкості до зміни об'єму?

3. Вкажіть різницю між визначеннями «активності» і «марки» цементу.

4. Як визначити марку цементу?

5. Дати визначення стандартної консистенції цементно-піщаного розчину? Як її визначити?

6. Яких умов твердіння зразків-балочок потрібно дотримуватися при визначенні марки цементу?

7. Як визначити міцність цементу на згин? Наведіть розрахункову формулу і схему визначення.

8. Як визначити міцність цементу на стиск? Наведіть розрахункову формулу і схему визначення.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Вимоги до міцності цементів (ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови)

Марка цементу (з позначками швидкості тверднення)	Міцність на стиск, МПа, не менше, через		
	2 доби	7 діб	28 діб
300	—	15,0	30,0
400	—	20,0	40,0
400Р	15,0	—	40,0
500	15,0	—	50,0
500Р	20,0	—	50,0

Примітка. Цемент із звичайною ранньою міцністю (без позначки). Цемент з високою ранньою міцністю (швидкотверднучий), позначений Р.

Додаток 2

Марки цементів залежно від межі міцності стандартних зразків

Види цементів	Марка цементу	Межа міцності при вигині, МПа (кг/см ²) у віці не менше		Межа міцності при стиску в МПа (кг/см ²) у віці не менше	
		3 доби	28 діб	3 доби	28 діб
Портландцемент (ПЦ)	300	-	4,4(45)	-	29,4(300)
Портландцемент (ПЦ) з мінеральними домішками	400	—	5,4(55)	—	39,2(400)
	500	—	5,9(60)	—	49,0(500)
Шлакопортландцемент (ШПЦ)	550	-	6,1(62)	-	53,9(550)
	600	-	6,4(65)	-	58,8(600)
Швидкотвердіючий портландцемент	400	3,9(40)	5,4(55)	24,5(250)	39,2(400)
	500	4,4(45)	5,9(60)	27,5(280)	49,0(500)
Швидкотвердіючий шлакопортландцемент	400	3,4(35)	5,4(55)	19,6(200)	39,2(400)

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б В.2.7-185:2009. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму. Чинний від 2010-08-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 11 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. Чинний від 2011-09-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 17 с.
3. ДСТУ Б EN 196-3:2015. Методи випробування цементу. Частина 3. Визначення строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму (EN 196-3:2005+A1:2008, IDT). Чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. 17 с.
4. ДСТУ EN 196-1:2019. Методи випробування цементу. Частина 1. Визначення міцності (EN 196-1:2016, IDT). Чинний від 2020-01-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 34 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-187:2009. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск. Чинний від 2010-08-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 20 с.
6. ДСТУ Б В.2.7-189:2009. Будівельні матеріали. Пісок стандартний для випробувань цементів. Технічні умови. Чинний від 2010-08-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 18 с.

Навчально-методичне видання

**Громова Олена Вячеславівна,
Зінкевич Андрій Миколайович,
Афанасьєва Тетяна Іванівна**

БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО
ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

Частина 2

Навчально-методичні рекомендації
до лабораторних робіт

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка Т. І. Афанасьєва

Експертний висновок склав канд. техн. наук, професор Микола Біляєв

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 641 від 01.08.2023)

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 0,99 Обл.-вид. арк. 0,60
Зам. № 89

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010