

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Будівельні матеріали, конструкції та споруди»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

«БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ»

Частина 2

Харків - 2013

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Будівельні матеріали, конструкції та споруди» 7 листопада 2012 р., протокол № 4.

Рекомендуються для студентів спеціальності 7.070108 «Залізничні споруди та колійне господарство» всіх форм навчання.

Укладачі:

доценти Д.А. Пługін,
О.С. Борзяк

Рецензент

доц. С.І. Возненко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

«БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ»

Частина 2

Відповідальний за випуск Борзяк О.С.

Редактор Буранова Н.В.

Підписано до друку 4.12.12 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 2,00. Тираж 25. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
Кафедра «Будівельні матеріали, конструкції та споруди»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Будівельні матеріали»

Частина 2

Харків – 2013

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Будівельні матеріали, конструкції та споруди» 7 листопада 2012 р., протокол № 4.

Рекомендуються для студентів спеціальності 7.070108 “Залізничні споруди та колійне господарство” всіх форм навчання.

Укладачі:

доценти Д.А. Пługін,
О.С. Борзяк

Рецензент

доц. С.І. Возненко

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 8. МІНЕРАЛЬНІ В'ЯЖУЧІ РЕ- ЧОВИНИ	7
8.1 Будівельний гіпс	8
8.2 Визначення тонини помелу гіпсу	9
8.3 Визначення нормальної густоти гіпсового тіста	10
8.4 Визначення термінів тужавлення гіпсового тіста	11
8.5 Визначення міцності гіпсового каменю	13
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 9. ЦЕМЕНТ	17
9.1 Визначення тонкості помелу цементу ситовим аналізом	17
9.2 Визначення нормальної густоти цементного тіста	18
9.3 Визначення термінів тужавлення цементного тіста	19
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 10. ВИПРОБУВАННЯ ЦЕМЕНТУ. ВИЗНАЧЕННЯ МАРКИ ЦЕМЕНТУ	20
10.1 Визначення нормальної консистенції цементно-піща- ного розчину	20
10.2 Виготовлення зразків-балочок	22
10.3 Визначення міцності зразків на згин та стиск	22
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 11. БЕТОНИ	25
11.1 Загальні положення	25
11.2 Заповнювачі для важкого бетону	26
11.2.1 Пісок. Зерновий склад і модуль крупності	26
11.2.2 Крупний заповнювач. Зерновий склад	29
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 12. ПРИНЦИПИ ПІДБОРУ СКЛАДУ ВАЖКОГО БЕТОНУ	31
12.1 Розрахунок орієнтовного складу бетону	31
12.2 Приклад розрахунку складу важкого бетону	34
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 13. БЕТОННА СУМІШ	36
13.1 Випробування бетонної суміші	36
13.2 Виготовлення контрольних зразків важкого бетону ...	40
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 14. ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ	42
14.1 Підготовка зразків до випробування та умови їх проведення	42
...	42
14.2 Проведення випробувань і обробка результатів	43

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 15. НЕРУЙНІВНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ МІЦНОСТІ БЕТОНУ	46
15.1 Визначення міцності механічними методами неруйні- вного контролю	46
15.2 Ультразвуковий метод визначення міцності	51
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 16. СПОСОБИ ВИРОБНИ- ЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ	55
16.1 Агрегатно-потокова та стендова технологія виробни- цтва залізобетонних виробів	55
16.2 Конвеєрний та неперервний способи виробництва залізобетонних виробів	57
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	59

ВСТУП

Методичні вказівки складено згідно з рекомендованим програмою циклом робіт з курсу «Будівельні матеріали».

В методичних вказівках викладена методика проведення лабораторних робіт з випробування основних будівельних матеріалів та виробів, що застосовуються в промисловому та цивільному будівництві, при зведенні мостів, тунелів, у будівництві метрополітенів та інших споруд. Наведено стислий опис лабораторних приладів та обладнання, подано методику розрахунку отриманих результатів випробувань.

З метою підвищення самостійності при підготовці та проведенні лабораторних робіт методичні вказівки містять контрольні питання для самоперевірки.

Загальні положення про виконання лабораторних робіт:

- 1 Кожна лабораторна робота, кожне випробування – це самостійна дослідна робота, приступати до виконання якої без знання основ явищ та властивостей, що вивчаються, не припустимо.
- 2 Усвідомлене виконання лабораторних робіт навчає застосовувати теоретичні знання в експериментальній роботі, правильно планувати дослід, проводити вимірювання з достатньою точністю, аналізувати та отримувати вірогідні результати.
- 3 Студент отримує методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, до заняття ознайомлюється з теорією, суттю і методикою виконання завдання, зокрема використовуючи конспект або підручник. На заняттях з'ясовує у викладача всі питання, що виникли в процесі самопідготовки, і виконує роботу.
- 4 При проведенні випробувань необхідно строго дотримуватись правил техніки безпеки.
- 5 Після остаточної обробки матеріалу кожного заняття їх результати заносяться у відповідні таблиці даних методичних вказівок та робиться висновок про відповідність якості матеріалу вимогам стандарту. Заповнення всіх граф, які передбачені журналом, обов'язкове.

- 6 У час, який відведено для проведення лабораторного заняття, мають бути виконані такі складові:
- поточний контроль підготовленості студентів до виконання конкретної лабораторної роботи;
 - виконання завдань теми заняття;
 - оформлення індивідуального звіту з виконаної роботи;
 - захист звіту перед викладачем.
- 7 Студенти, які в результаті поточного контролю на початку заняття показали незадовільний рівень підготовленості, до лабораторної роботи не допускаються.
- 8 Відпрацювання лабораторних робіт для студентів, які не були на них допущені або пропустили їх з поважних причин, виконується у позанавчальний час.
- 9 Зарахування лабораторної роботи проводиться за отриманими результатами і висновками студента, з коротким опитуванням або співбесідою за результатами роботи. В окремих випадках захист лабораторної роботи може проводитися на наступному занятті.
- 10 Оцінювання результатів лабораторної роботи диференційоване, залежно від рівня роботи студента на занятті, отриманих результатів та зроблених висновків. Враховуються також попередні недопуски на дане заняття або пропуски його з неповажних причин.
- 11 Студентам, які мають хоча б одну не зараховану лабораторну роботу, не зараховується відповідний контрольний модуль. Вони не мають права на отримання заліку або допуску до екзамєну.

Лабораторна робота 8

МІНЕРАЛЬНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ

Метою лабораторних робіт даного комплексу є поглиблення знань про будівельні властивості найбільш поширених мінеральних в'язучих речовин – будівельного гіпсу і портландцементу, а також вивчення стандартних методів лабораторного визначення цих властивостей.

Мінеральними в'язучими називають порошкоподібні речовини, що при замішуванні з водою утворюють пластичне тісто, здатне в результаті фізико-хімічних процесів з часом твердішати і переходити в каменеподібний стан.

Мінеральні в'язучі, переходячи з тістоподібного в каменеподібний стан, скріплюють між собою камені або зерна піску, гравію, щебеню.

За умовами твердіння і збереження міцності мінеральні в'язучі підрозділяються на повітряні, гідравлічні і в'язучі автоклавного твердіння.

Повітряними в'язучими називають речовини, що мають здатність твердіти і довгостроково зберігати міцність тільки на повітрі. До повітряних в'язучих належать повітряне вапно, гіпсове в'язуче, магнезіальне в'язуче і рідке скло.

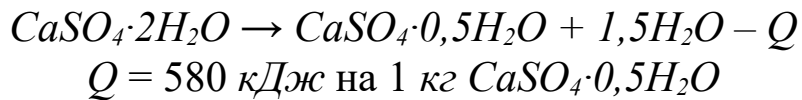
Гідравлічними в'язучими називають речовини, що твердіють і довгостроково зберігають міцність не тільки на повітрі, але й у воді. До гідравлічних в'язучих речовин належать гідравлічне вапно, романцемент, портландцемент і його різновиди.

До в'язучих *автоклавного твердіння* відносять речовини, здатні твердіти в автоклаві в умовах підвищених температур (170÷180 °С) і тиску (5÷10 атм.). Це вапняно-кремнеземистий, вапняно-зольний, вапняно-шлаковий цемент.

8.1 Будівельний гіпс

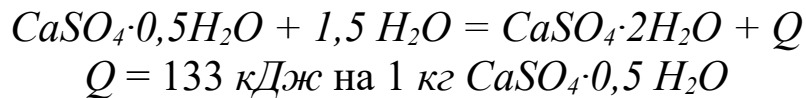
Будівельним гіпсом (ДСТУ Б В.2.7-82:2010) називають повітряне мінеральне в'язуче, отримане шляхом термічної обробки природного двуводного гіпсу ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) при температурі $120 \div 170 \text{ }^\circ C$ до перетворення його в напівводний гіпс ($CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$) зі здрібнюванням його в тонкий порошок до або після термічної обробки.

При термічній обробці природного двуводного гіпсу відбувається його дегідратація:



До найважливіших властивостей будівельного гіпсу належать: тонина помелу, нормальна густина гіпсового тіста, терміни тужавлення, міцність при вигині і стиску гіпсового каменю.

Гіпс твердіє в результаті гідратації, приєднуючи при цьому 1,5 молекули води, за реакцією:



У результаті напівводний гіпс знову переходить у гіпс двуводний.

Залежно від ступеня загущення гіпсового тіста розрізняють початок і кінець тужавлення. Початок тужавлення характеризується початком загущення тіста, а кінець тужавлення – втратою рухливості.

У зв'язку з цим при виробництві будівельних робіт необхідно знати час початку тужавлення гіпсу, щоб використовувати гіпсове тісто в установленій термін.

Будівельний гіпс характеризується коротким терміном твердіння: початок тужавлення гіпсу має наставати не раніше 4 хв, а кінець – не раніше 6 хв, але не пізніше 30 хв із моменту замішування порошку гіпсу з водою.

Застосування гіпсу як в'язучої речовини для виготовлення будівельних деталей і виробів, а також для виробництва штукатурних робіт обумовило вимоги до його міцності.

Швидкість твердіння і міцність гіпсу залежать від тонини помелу і початкової величини водозамішування: з підвищенням тонини помелу вони зростають, тому що чим більше питома поверхня, тим повніше взаємодія гіпсу з водою.

Особливо сильний вплив на міцність гіпсових виробів має величина початкового водозамішування, тобто кількість води, узята для приготування гіпсового тіста. Це пояснюється тим, що для отримання пластичного гіпсового тіста потрібно значно більше води, ніж на хімічну реакцію гідратації. Якщо ж води узято у кількості, більшій ніж необхідно для хімічної реакції, то надлишок її після затвердіння гіпсу випаровується, залишаючи пори, що знижують міцність гіпсових виробів.

Тому для отримання порівняльних результатів при випробуванні варто готувати гіпсові зразки з тіста стандартної пластичності, названої "нормальною густиною".

Нормальна густина гіпсового тіста виражається кількістю води в сантиметрах кубічних, що припадає на 100 г гіпсу, або кількістю води у відсотках від маси гіпсу. Звичайно нормальна густина будівельного гіпсу перебуває в межах 50÷70 %.

8.2 Визначення тонини помелу гіпсу

Тонина помелу гіпсу характеризується залишком на ситі із сіткою № 02 (розмір вічка в просвіті 0,2 мм), через яке просівають пробу гіпсу 50 г, попередньо висушеного в сушильній шафі протягом 1 год при температурі (50±5) °С.

Просівання вважається закінченим, якщо протягом 1 хв через сито проходить не більше 0,1 % (0,05 г) гіпсу. Контрольне просівання варто провести на папір при зняттю із сита дні. Закінчивши просівання, залишок на ситі зважують з точністю до 0,1 г (*m*) і розраховують залишок на ситі, що і характеризує тонину помелу гіпсу за формулою, %,

$$T = \frac{m}{50} \cdot 100. \quad (8.1)$$

Залежно від тонини помелу гіпсові в'язучі поділяються на класи, наведені у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Клас в'язучого	Індекс тонини помелу	Максимальний залишок на ситі, %, не більше
Грубого помелу	I	23
Середнього помелу	II	14
Тонкого помелу	III	2

8.3 Визначення нормальної густоти гіпсового тіста

Нормальну густоту гіпсового тіста визначають за допомогою приладу – віскозиметра Суттарда, що являє собою латунний циліндр висотою 100 мм із внутрішнім діаметром 50 мм (рисунок 8.1).

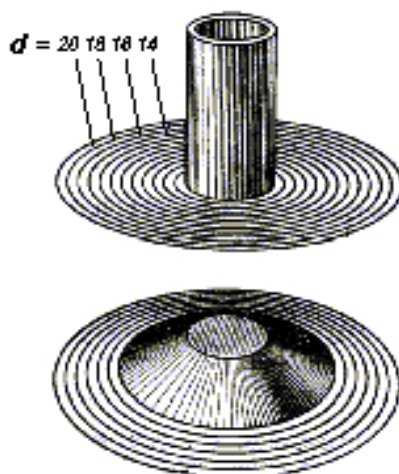


Рисунок 8.1 – Віскозиметр Суттарда

Циліндр повинний мати добре відполіровану внутрішню поверхню і місце стику зі склом, на яке його встановлюють при проведенні випробувань.

На склі або папері під склом наносять ряд концентричних кіл діаметром від 150÷220 мм, причому кола діаметром від 170 до 190 мм наносять через 5 мм, а інші – через 10 мм.

Перед випробуванням циліндр і скло змочують водою. Скляну пластину кладуть строго горизонтально, а циліндр встановлюють у центрі концентричних кіл.

Для визначення нормальної густоти тіста наважку гіпсу (300 г) заливають водою, взятою в кількості приблизно 150÷200 мл. Гіпс додають до води і швидко розмішують шпателем протягом 30 с до одержання однорідної маси, почавши відлік часу від початку висипання гіпсу у воду. Після закінчення перемішування, циліндр, встановлений у центрі скла, заповнюють гіпсовим тістом, надлишки якого зрізують шпателем. Через 45 с після початку висипання гіпсу у воду або через 15 с після закінчення циліндр швидким і строго вертикальним рухом піднімають нагору, при цьому тісто розливається на склі в конусоподібний корж (рисунок 8.1). Діаметр розпливу визначають за концентричними окружностями або вимірюють лінійкою у двох перпендикулярних напрямках з похибкою не більше 5 мм і розраховують середнє арифметичне значення.

Якщо тісто утворило корж діаметром 180 ± 5 мм, значить, воно має нормальну густоту. У тому випадку, коли під час випробування діаметр коржа з гіпсового тіста буде більше 180 ± 5 мм, експеримент повторюють з меншою кількістю води (1÷2 %), якщо діаметр виявляється менше 180 ± 5 мм, то експеримент повторюють з більшою кількістю води (1÷2 %).

Нормальну густоту гіпсового тіста виражають відсотковим вмістом води від маси сухого гіпсу.

8.4 Визначення термінів тужавлення гіпсового тіста

Для визначення термінів тужавлення гіпсового тіста використовують прилад Віка, що складається зі станини, рухливого металевого стержня, латунного або пластмасового кільця у вигляді усіченого конуса, скляної пластини (рисунок 8.2).

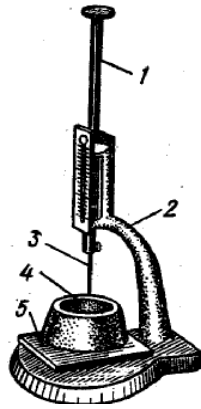


Рисунок 8.2 – Прилад Віка: 1 – рухливий стержень; 2 – станина; 3 – голка; 4 – латунне кільце; 5 – скляна пластина

Перед початком випробування перевіряють вільне переміщення металевого стержня з голкою (маса якого 300 г); положення стрілки, що повинна бути на нулі, якщо голка упирається в пластину; чистоту голки.

Для визначення термінів тужавлення відважують 200 г гіпсу, рівномірно всипають його в гумову грушу з водою, кількість якої відповідає нормальній густоті гіпсового тіста, і перемішують протягом 30 с.

Приготовлене тісто вливають у кільце приладу, встановлене на склі. Потім кільце поміщають під голку приладу, яку приводять до зіткнення з поверхнею тіста в центрі кільця і закріплюють стержень затискним гвинтом. Голку через кожні 30 с опускають у гіпсове тісто так, щоб щоразу вона занурювалася в новому місці. Після кожного занурення голку витирають тканиною, а кільце пересувають.

Глибину занурення голки в гіпсове тісто фіксують за показанням стрілки, розташованої на рухливому стержні.

За отриманим значенням визначають два моменти: початок і кінець тужавлення. Початком тужавлення вважають проміжок часу від моменту замішування гіпсового тіста (висипання гіпсу у воду) до моменту, коли голка після занурення у тісто перший раз не доходить до поверхні пластинки.

Кінцем тужавлення вважають проміжок часу від моменту замішування гіпсового тіста до моменту занурення голки в тісто не більше ніж на 1 мм.

Час від початку і кінця тужавлення виражають у хвилинах.

Терміни тужавлення гіпсових в'язучих залежно від групи мають відповідати значенням, наведеним у таблиці 8.2.

Таблиця 8.2

Група в'язучого	Індекс терміну тужавлення	Термін тужавлення, хв	
		початок, не раніше	кінець, не пізніше
Швидкого тужавлення	А	2	15
Нормального тужавлення	Б	6	30
Повільного тужавлення	В	20	Не нормується

8.5 Визначення міцності гіпсового каменю

Для оцінки якості і сорту гіпсу його пробу випробовують у лабораторії, де визначають міцність при вигині і стиску зразків-балочок розміром 40×40×160 мм, виготовлених з гіпсового тіста.

Для виготовлення трьох балочок відважують 1 кг гіпсу і відміряють кількість води, що відповідає нормальній густоті тіста.

Після приготування гіпсового тіста у сферичній чаші, його заливають у металеві форми для виготовлення зразків (рисунок 8.3).

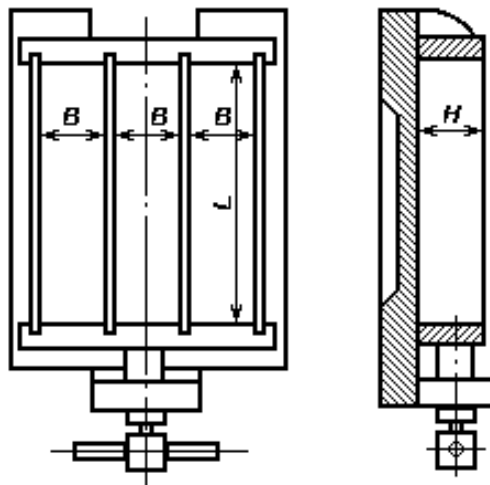


Рисунок 8.3 – Форма для виготовлення зразків-балочок:
 $H - 40$ мм; $B - 40$ мм; $L - 160$ мм

Після наповнення форм поверхню загладжують шпателем.

Через 1 год від початку замішування гіпсового тіста зразки виймають з форм і через 2 год після замішування тіста зразки випробовують на вигин.

Міцність при вигині розраховують за формулою (8.2) або (8.3) як середнє результатів випробувань трьох зразків:

$$\sigma_{\text{виг}} = \frac{3PL}{2bh^2}, \quad (8.2)$$

де P – руйнівне навантаження, кгс;
 L – випробувальна база, $L = 10$ см;
 b – ширина зразка, см;
 h – висота зразка, см.

$$R_{\text{виг}} = 0,0234 \cdot F \text{ МПа} (0,234 \cdot F \text{ кгс/см}^2), \quad (8.3)$$

де F – руйнівне навантаження, МПа або кгс/см².

Схема випробувань наведена на рисунку 8.4.

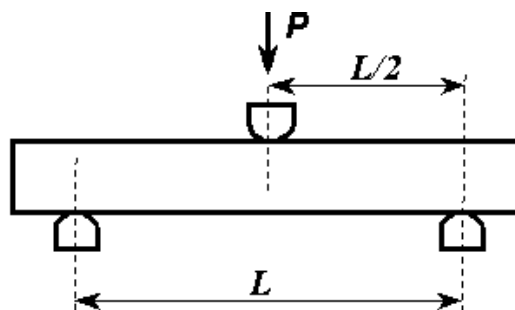


Рисунок 8.4 – Схема випробування зразків-балочок на вигин

Міцність при стиску визначають шляхом випробування шести половинок балочок, отриманих при випробуванні на вигин на гідравлічному пресі. Для передачі навантаження на половинки балочок користуються сталевими пластинами розміром 40×62,5 мм (площа 25 см²) (рисунок 8.5).

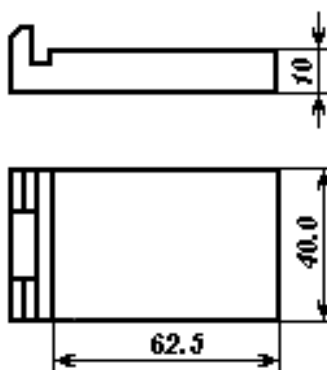


Рисунок 8.5 – Пластини для передачі навантаження при випробуванні на стиск половинок балочок розміром 40×40×160 мм

Схема випробування половинок балочок на стиск наведена на рисунку 8.6.

Міцність при стиску обчислюють за формулою (8.4):

$$R_{\text{см}} = \frac{P}{S}, \quad (8.4)$$

де P – руйнівне навантаження, кгс;

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

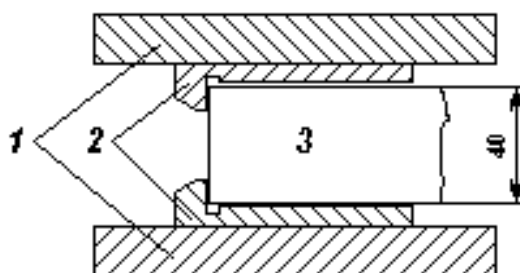


Рисунок 8.6 – Схема випробування половинок балочок на стиск:
1 – плити преса; 2 – пластини; 3 – половина балочки

За остаточний результат приймають середній з чотирьох результатів випробування шести зразків-половинок. Найбільше і найменше значення відкидають.

За результатами випробувань визначають марку гіпсу.

Марка гіпсу характеризується граничним значенням міцності при стиску ($MПа$) стандартного зразка у віці двох годин.

Показники міцності при стиску і вигині для кожної марки гіпсового в'язучого повинні відповідати граничним значенням, наведеним у таблиці 8.3.

Таблиця 8.3

Марка в'язучого	Граничні значення міцності зразків-балочок розмірами 40×40×160 мм у віці 2 год, не менше	
	при стиску	при вигині
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

Приклад умовного позначення гіпсового в'язучого марки 5, швидкого тужавлення, грубого помелу:
ГВ Г-5-А-І ДСТУ Б В.2.7-82:2010.

Контрольні запитання

- 1 Які матеріали мають назву неорганічних в'язучих?
- 2 На які види підрозділяють неорганічні в'язучі речовини?
- 3 Основні властивості та галузь застосування повітряних в'язучих речовин.
- 4 Виробництво будівельного гіпсу, його властивості та використання.
- 5 Пояснити методику визначення тонини помелу, термінів тужавлення, нормальної густини будівельного гіпсу.
- 6 За якими показниками визначають якість гіпсу?

Лабораторна робота 9

ЦЕМЕНТ

Серед мінеральних в'язучих речовин найбільше застосування в будівництві мають портландцемент, шлакопортландцемент, пуцолановий цемент і композиційний цемент (ДСТУ Б В.2.7-46:2010).

Портландцемент являє собою мінеральну гідравлічну в'язучу речовину – продукт тонкого помелу цементного клінкера з невеликою добавкою (3÷5%) природного гіпсу. Цементний клінкер одержують у результаті випалу до спікання при температурі 1400÷1450°C сировинної суміші з вапняку (70÷76%) і глини (22÷30%). Природний гіпс додається для уповільнення термінів тужавлення цементу.

9.1 Визначення тонкості помелу цементу ситовим аналізом

Тонкість помелу цементу впливає на властивості цементу: швидкість тужавлення і твердіння, а також міцність затверділого цементного каменю. Чим тонше здрібнений цементний клінкер, тим швидше і повніше протікає взаємодія цементу з водою і тим вище буде його міцність. Визначення тонкості помелу роблять ситовим аналізом, а також за питомою поверхнею (ДСТУ Б В.2.7-188:2009). Розглянемо метод визначення тонкості помелу цементу ситовим аналізом.

Ситовий аналіз здійснюється просіванням цементу через сито № 008 (розмір вічка у просвіті 0,08 мм).

З відібраної проби, попередньо висушеної в сушильній шафі при температурі 105÷110 °C протягом 2 год, відважують 50 г цементу з точністю до 0,05 г, поміщають у сито, закривають кришкою і просівають, струшуючи сито в похилому положенні і поступово повертаючи навколо вертикальної осі. Просівання вважається закінченим тоді, коли протягом однієї хвилини контрольного просівання на лист паперу через сито проходить не більше 0,05 г цементу.

Тонкість помелу характеризується кількістю цементу, що залишився на ситі № 008 у відсотках до первісної маси проби, що

просівається. Згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-46:2010 залишок на ситі не повинен перевищувати 15 %. При відсутності приладу для механічного просівання, наважку просівають вручну.

9.2 Визначення нормальної густоти цементного тіста

Нормальну густоту цементного тіста визначають згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-185:2009 за допомогою приладу Віка (рисунок 8.2), що застосовувався для визначення термінів тужавлення гіпсу. Але в даному випадку голка приладу замінюється товкачиком Тетмайєра – металевим стержнем діаметром 10 мм і довжиною 50 мм.

Маса рухливого стержня приладу складає 300 г.

Для визначення нормальної густоти цементного тіста зважують 400 г цементу. Поміщають у сферичну чашу діаметром 400 мм і висотою 200 мм. У цементному порошку роблять заглиблення, у яке за один прийом вливають воду, що відміряна з точністю до 0,5 мл. Після заливання води поглиблення заповнюють цементним порошком і через 30 с починають перемішувати, а потім енергійно розтирати тісто лопаткою. Розтирання варто вести поперемінно у взаємно перпендикулярних напрямках. Тривалість перемішування – 5 хв з моменту додавання води.

Приготовлене цементне тісто переносять у кільце приладу, встановлене на металевій пластині. Кільце, заповнене цементним тістом, струшують три – чотири рази, постукуючи об стіл металевою пластиною піддона.

Перевіривши справність приладу, кільце з цементним тістом устанавлюють під металевий стержень, який доводять до зіткнення з тістом. Рухливий стержень звільняють (поворотом гвинта) і він вільно занурюється в тісто. Через 30 с відраховують глибину занурення стержня за шкалою приладу.

Нормальна густота характеризується відсотковим вмістом води від маси цементу, при консистенції цементного тіста, коли стержень не доходить до дна (металевої пластини) на $5 \div 7$ мм.

Якщо консистенція цементного тіста не відповідає нормальній густоті, змінюють кількість води і знову замішують тісто.

Нормальна густота цементного тіста з портландцементу звичайно перебуває в межах 22÷28 %. Для першого дослідження варто застосовувати середнє значення.

9.3 Визначення термінів тужавлення цементного тіста

Початок і кінець тужавлення цементного тіста визначають згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7–185:2009 за допомогою приладу Віка (рисунок 8.2) на цементному тісті нормальної густоти, але замість товкачика Тетмайєра в рухливу частину приладу закріплюють голку діаметром 1 мм і довжиною 50 мм.

Перед визначенням термінів тужавлення стержень з голкою необхідно встановити на металеву пластину, а стрілку приладу звести з нулем. Після цього кільце заповнюють цементним тістом нормальної густини так само, як і при визначенні нормальної густини.

Голку зі стержнем підводять до поверхні цементного тіста і закріплюють гвинтом, після чого швидко звільняють фіксуючий гвинт і дають можливість голці вільно опускатися в цементне тісто. Дослід повторюють через кожні 10 хвилин, при цьому голку витирають і опускають у нове місце шляхом зсуву кільця з пластиною відносно голки.

За початок тужавлення приймають час (у годинах або хвилинах), що пройшов від початку замішування тіста до моменту, коли голка не дійде до дна на $2 \div 4$ мм. За кінець тужавлення приймають час від початку замішування до моменту, коли голка буде опускатися в тісто не більше ніж на $1 \div 2$ мм.

Нормативний початок тужавлення для всіх цементів настає не раніше, ніж через 45 хв, а кінець тужавлення – не пізніше 10 год від початку замішування.

Контрольні запитання

- 1 Що таке портландцемент?
- 2 Що є сировиною для виробництва портландцементу?
- 3 Технологія виробництва цементу за мокрим та сухим методом.
- 4 Основні властивості цементу.
- 5 Методика визначення тонкості помелу цементу, нормальної густоти та строків тужавлення цементного тіста.

Лабораторна робота 10

ВИПРОБУВАННЯ ЦЕМЕНТУ. ВИЗНАЧЕННЯ МАРКИ ЦЕМЕНТУ

Марку цементу встановлюють за показниками міцності при стиску половинок зразків-балочок розміром $40 \times 40 \times 160$ мм з урахуванням їх міцності при вигині (ДСТУ Б В.2.7-187:2009). Зразки виготовляють з цементно-піщаного розчину нормальної консистенції складу 1:3, одна частина (за масою) цементу і три частини піску, при водоцементному відношенні не менше 0,4 і консистенції розчину, що характеризується розпливом конуса на струшувальному столику в межах $106 \div 115$ мм. Використовують стандартний (нормальний) пісок за ДСТУ Б В.2.7-189:2009, крупність зерен – від 0,08 до 2,0 мм.

10.1 Визначення нормальної консистенції цементно-піщаного розчину

Для визначення нормальної консистенції цементно-піщаного розчину з водоцементним відношенням $V/C - 0,4$ відважують 1500 г піску і 500 г цементу, висипають у сферичну чашу і перемішують суху суміш протягом 1 хв. Потім у центрі суміші роблять лунку і вливають у неї 200 мл води. Суміш вручну перемішують протягом 1 хв і переносять у механічну мішалку, у якій остаточно перемішують протягом 2,5 хв.

Механічна мішалка являє собою чашу, що обертається зі швидкістю 8 об/хв. Мішалка обладнана напрямними лопатками і валком для змішування компонентів розчину (цемент, вода, пісок). Перемішування розчину продовжується протягом 20 обертів чаші (рисунок 10.1).

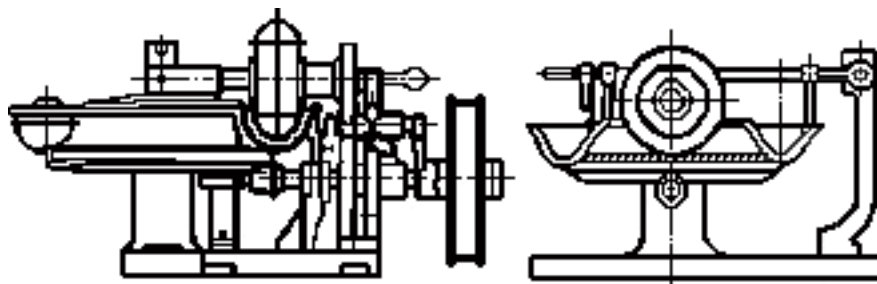


Рисунок 10.1 – Механічна мішалка для приготування

цементно-піщаного розчину

Консистенцію цементного розчину визначають за допомогою струшувального столика і форми-конуса.

Столик являє собою чавунну станину 1 (рисунок 10.2, а). У горизонтальних підшипниках розташований вал 2 з кулачком 3, що при обертанні вала рукояткою піднімає вертикальну вісь 4 з розташованим на ній горизонтальним диском 5. За допомогою кулачка вісь разом з укріпленим диском отримує одне струшування за 1 оберт вала. На диск поміщають скло, під склом розташовано лист паперу, на який нанесені концентричні кола. Конус з насадкою діаметром основи 70 і 100 мм і висотою 60 мм (рисунок 10.2, б) встановлюється в центрі скла.

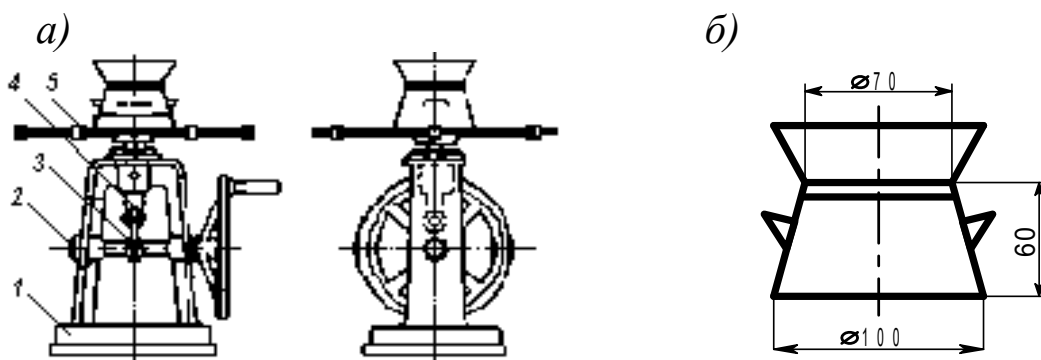


Рисунок 10.2 – Струшувальний столик (а) і форма-конус (б)

Консистенцію цементного розчину на струшувальному столику визначають у такий спосіб. Після закінчення перемішування цементного розчину заповнюють ним форму-конус у два прийоми шарами рівної товщини, ущільнюючи розчин кожного шару спеціальною штиківкою (рисунок 10.3).

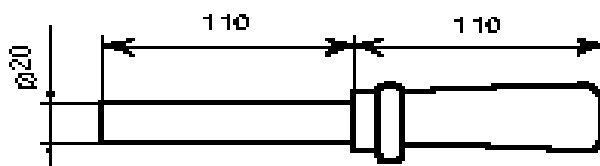


Рисунок 10.3 – Штиківка для ущільнення цементно-піщаного розчину

Нижній шар штикують 15 разів, верхній шар – 10 разів. Перед укладанням розчину форму-конус і скло зволожують.

Після ущільнення цементного розчину надлишок розчину зрізують ножом і форму обережно знімають вертикально вгору.

При струшуванні конус розчинної суміші починає розтікати-ся в корж. Через 30 струшувань (1 об/с) вимірюють розплив конуса (діаметр коржа) у двох взаємно перпендикулярних напрямках вимірювальним інструментом.

Консистенція розчину вважається нормальною, якщо розплив конуса перебуває в межах 106÷115 мм. Якщо він буде складати менше 106 мм, варто збільшити кількість води в розчині. Мінімальна кількість води має бути 40 % від маси цементу.

10.2 Виготовлення зразків-балочок

Перед виготовленням зразків для випробування на вигин внутрішню поверхню стінок форми і піддона (рисунок 8.3) змазують машинним мастилом і закріплюють на вібромайданчику з амплітудою коливань $0,35 \pm 0,03$ мм і частотою коливань 2800÷3000 кол./хв.

Усі три гнізда форми заповнюють розчином, спочатку приблизно на 1 см по висоті, і вмикають вібромайданчик, потім протягом 2 хв вібрації всі три гнізда форми рівномірно невеликими порціями остаточно заповнюють розчином.

Через 3 хв від початку вібрації вібромайданчик вимикають, знімають з нього форму, зрізують надлишок розчину змоченим ножом, поверхню зразків зачищають урівень із краями форми, маркують і поміщають у ванну з гідравлічним затвором.

Через 24 ± 2 год після виготовлення форми обережно розкривають, зразки в горизонтальному положенні занурюють на 27 діб у ванну з водою ($t = 20 \pm 2$ °C) так, щоб вони не торкалися один одного.

Після закінчення терміну збереження зразки витягають з води, насухо витирають і не пізніше ніж через 10 хв випробовують.

10.3 Визначення міцності зразків на згин та стиск

Міцність зразків при вигині можна визначити на приладі МП-100 (рисунок 10.4) або за методикою випробування, що викладена в розділі 8.5 "Визначення міцності гіпсового каменю".

Міцність при вигині визначається як середнє арифметичне значення двох найбільших результатів випробувань трьох зразків.

Отримані після випробувань на вигин у результаті зламу шість половинок балочок відразу ж випробовують на стиск.

Випробування на стиск проводяться за тією самою методикою, що й випробування половинок балочок гіпсових зразків (розділ 8.5).

Отриману в такий спосіб величину називають активністю цементу.

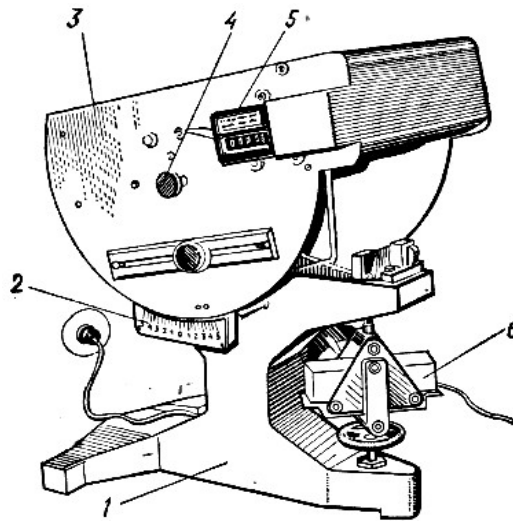


Рисунок 10.4 – Випробувальна машина МП-100 для визначення міцності при вигині: 1 – станина; 2 – шкала; 3 – коромисло; 4 – рукоятка тумблера; 5 – лічильник; 6 – випробовуваний зразок

Марка цементу характеризується міцністю на стиск (кг/см^2) стандартного зразка у віці 28 діб (для цементів, що швидко твердіють, також і через 3 доби), що твердів у нормальних умовах.

Марку цементу знаходять за результатами визначення міцності цементу при стиску й вигині, порівнюючи ці результати з вимогами ДСТУ на відповідний цемент. Для кожної марки портландцементу і його різновидів міцність при вигині й при стиску зразків не повинна бути нижче значень, що наведені у таблиці 10.1.

Таблиця 10.1 – Вимоги до марок портландцементу та його різновидів

Найменування цементу	Марка цементу	Міцність у віці 28 діб, МПа (кгс/см ²)	
		при вигині	при стиску
Портландцемент, портландцемент з мінеральними добавками, шлакопортландцемент	300	4,4 (45)	29,4 (300)
	400	5,4 (55)	39,2 (400)
	500	5,9 (60)	49 (500)
	550	6,1 (62)	53,9 (550)
	600	6,4 (65)	58,8 (600)

Контрольні запитання

- 1 Марка цементу – що це таке?
- 2 Яка методика визначення марки цементу?
- 3 У яких умовах зберігаються зразки для визначення марки цементу?

Лабораторна робота 11

БЕТОНИ

11.1 Загальні положення

Бетоном називається штучний кам'яний матеріал, отриманий у результаті затвердіння раціонально підбраної й ущільненої бетонної суміші, що складається з в'язучої речовини, води, заповнювачів (піску, щебеню або гравію) і в необхідних випадках спеціальних добавок.

Суміш цих матеріалів до затвердіння називається бетонною сумішшю.

Зерна піску і щебеню складають кам'яний каркас у бетоні. Цементне тісто, що утворюється після замішування бетонної суміші з водою, вкриває зерна піску і щебеню, заповнює проміжки між ними і відіграє на початку роль змащення заповнювачів, що забезпечує рухливість (текучість) бетонної суміші, а згодом, тверднучи, зв'язує зерна заповнювачів, утворюючи штучний камінь – бетон. Бетон у сполученні зі сталевую арматурою називається залізобетоном. Заповнювачі, утворюючи твердий каркас бетону, зменшують його усадку при твердінні цементного каменю.

Бетони класифікують за рядом їхніх властивостей: за середньою густиною, міцністю, за призначенням і за видом в'язучого матеріалу.

1 За середньою густиною бетони підрозділяються:

- особливо важкий ($\rho_{\text{сер}} \geq 2500 \text{ кг/м}^3$; заповнювач – барит, метал);
- важкий ($\rho_{\text{сер}} = 2200 \div 2500 \text{ кг/м}^3$; заповнювач – щебінь з гірської породи або гравій, кварц, пісок кварцовий);
- полегшений ($\rho_{\text{сер}} = 1800 \div 2200 \text{ кг/м}^3$);
- легкий ($\rho_{\text{сер}} = 500 \div 1800 \text{ кг/м}^3$);
- особливо легкий ($\rho_{\text{сер}} \leq 500 \text{ кг/м}^3$).

2 За міцністю при стиску зразків розміром $150 \times 150 \times 150 \text{ мм}$ бетони підрозділяються на марки і класи. Клас бетону – міцність, гарантована з певною забезпеченістю 0,95 (тобто це значить, що встановлена класом міцність забезпечується не менше ніж у 95 випадках із 100).

3 За призначенням бетони бувають таких видів:

- звичайний бетон (для несучих елементів споруд і конструкцій, що сприймають механічні навантаження);
- транспортний бетон, у тому числі і дорожній (для конструкцій і елементів конструкцій, що працюють у нестабільних умовах впливу середовища і навантажень: дорожні й аеродромні покриття, підрейкові основи, мости, труби). Цей бетон має високу морозостійкість, динамічну й утомну міцність;
- гідротехнічний бетон (для експлуатації в умовах безперервної зміни вологості, заморожування і відтавання, а також можливості сольової корозії);
- облицювальний і оздоблювальний бетон;
- спеціальні бетони (для захисту навколишнього середовища і людей від радіоактивного випромінювання), кислотостійкий, жаростійкий, теплоізоляційний тощо.

4 За видом в'язучого матеріалу розрізняють:

а) бетони на мінеральних в'язучих:

- цементний;
- силікатний (з вапняним в'язучим);
- з гіпсовим в'язучим;
- зі змішаним в'язучим;

б) бетони на органічних в'язучих:

- асфальтовий;
- полімербетон (ПЦБ – полімерцементний бетон, ПСБ – полімерсилікатний бетон, БП – бетонополімер, ПБ – полімербетон).

11.2 Заповнювачі для важкого бетону

Залежно від призначення й умов експлуатації бетону в споруді заповнювачі повинні мати певні властивості і задовольняти вимоги ДСТУ Б В.2.7-43-96.

11.2.1 Пісок. Зерновий склад і модуль крупності

До піску належить уся маса корисної копалини з розміром зерен від 0,14 до 5,0 мм. У піску не допускаються зерна розміром більше 10 мм, а зерен розміром від 5 до 10 мм має бути не більше

10 % за масою. Кількість зерен, що проходять через сито з розміром вічка сітки 0,14 мм, не повинна перевищувати 10 % за масою.

На якість бетону впливає зерновий (гранулометричний) склад піску і кількісний вміст у ньому різних домішок: пилоподібних, мулистих, глинистих і органічних. Вміст їх визначається відмулюванням і кількісно не повинен перевищувати 3 % у природному піску і 5 % у дробленому, у тому числі не більше 0,15 % глини. Найбільш шкідливою в піску є домішка глини, що вкриває шаром окремі зерна піску і перешкоджає зчепленню їх з цементним каменем, знижуючи міцність бетону.

Зерновий (гранулометричний) склад піску має особливе значення для отримання якісного бетону. Пісок має складатися із зерен різної величини в межах 0,14÷5 мм і тоді об'єм пустот у ньому буде мінімальним.

Зерновий склад піску визначають відповідно до ДСТУ Б В.2.7-232:2010 просіванням сухого піску через стандартний набір сит з отворами розміром 10; 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм.

Висушену до постійної маси пробу піску просівають крізь сита з круглими отворами діаметром 10 і 5 мм. Залишки на цих ситах зважують і розраховують з точністю до 0,1 % відсотковий вміст у піску зерен розмірами 5÷10 мм і вище 10 мм.

З проби піску, що пройшов через зазначені сита, відважують 1000 г (m) піску і просівають послідовно через набір сит з вічками розмірами 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм. Залишки на кожному ситі зважують (m_i) і розраховують:

1) частковий залишок a_i на кожному ситі – як відношення маси залишку на даному ситі до маси наважки, що просівається, %,

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (11.1)$$

де m_i – маса залишку на даному ситі, г;

m – загальна маса наважки, що просівається, г.

2) повний залишок A_i на кожному ситі – як суму часткових залишків на всіх ситах з більшим розміром отворів плюс залишок на даному ситі, %,

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (11.2)$$

де $a_{2,5} \div a_i$ – часткові залишки на ситах з більшим розміром отворів, починаючи із сита з розміром отворів 2,5 мм, %;
 a_i – частковий залишок на даному ситі, %;

3) модуль крупності піску M_k – як окреме від поділу на 100 суми повних залишків на всіх ситах, починаючи із сита з розміром отворів 2,5 мм і закінчуючи ситом з розміром отворів 0,14 мм:

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}}{100}, \quad (11.3)$$

де $A_{2,5} (1,25; 0,63; 0,315; 0,14)$ – повні залишки на ситах, %.

Зерновий склад піску в бетоні має відповідати кривій просівання, обираній при проектуванні складу бетону відповідно до графіка (рисунок 11.1).

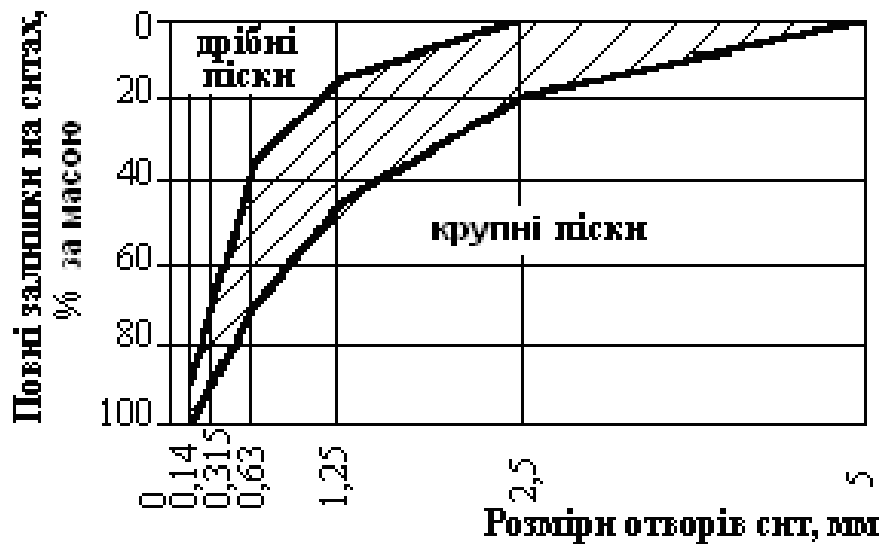


Рисунок 11.1 – Зерновий склад піску

За модулем крупності і повним залишком на ситі № 063 визначають групу піску за крупністю (таблиця 11.1).

Таблиця 11.1

Група піску	Повний залишок на ситі № 063, % за масою	Модуль крупності M_k
Підвищеної крупності	65÷75	3÷3,5
Крупний	45÷65	2,5÷3
Середній	30÷45	2÷2,5
Дрібний	10÷30	1,5÷2
Дуже дрібний	менше 10	1÷1,5

Для бетону рекомендується модуль крупності (M_k) у межах 2÷3, тобто піски крупні і середні.

11.2.2 Крупний заповнювач. Зерновий склад

Як крупний заповнювач для важкого бетону застосовується гравій або щебінь з гірських порід (ДСТУ Б В.2.7-75-98), а також штучні матеріали.

Гравієм називається скупчення зерен розміром 5÷70 мм, що утворилися в результаті природного руйнування гірських порід. Зерно гравію має обкатану форму і гладку поверхню.

Щебінь – отримують шляхом подрібнення масивних гірських порід на частки розміром 5÷70 мм.

Граничний розмір зерен щебеню не повинен перевищувати одну чверть мінімального розміру перетину конструкції, а також перевищувати відстань між окремими елементами арматури в залізобетонній конструкції. Наприклад, для залізобетонної балки шириною 20 см допускається щебінь із граничною величиною зерен $200:4=50$ мм. Для плит і підлог допускається до половини товщини шару.

Крупний заповнювач поставляють фракціями: 5÷10; 10÷20; 20÷40; 40÷70. У деяких випадках допускається випускати і поставляти суміш фракцій, а також щебінь фракцій 70÷120 та 120÷150 мм.

Зерновий склад безпосередньо впливає на пустотність заповнювача, від якої залежить витрата в'язучої речовини. Чим більша пустотність, тим більша витрата в'язучої речовини і навпаки. При заповненні пустот крупного заповнювача зернами дрібної фракції пустотність суміші буде зменшуватися.

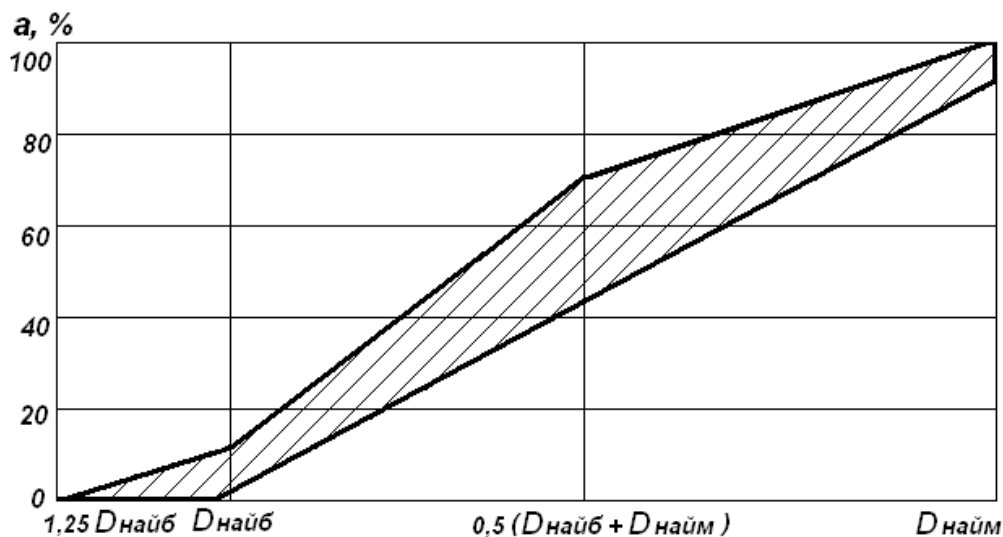


Рисунок 11.2 – Зерновий склад гравію (бетону)

Для визначення зернового складу крупного заповнювача використовують стандартний набір сит з отворами діаметром 3; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60 і 70 мм.

Маса проб приймається залежно від розміру зерен 5; 10; 30 і 50 кг. Пробу заповнювача просівають через стандартний набір сит, зібраних у стовпчик.

Залишки матеріалу на кожному із сит висушують до постійної маси, зважують і визначають у відсотках часткові залишки (відношення маси залишку на кожному ситі до маси наважки, що просівається) і повні залишки (сума часткових залишків на всіх ситах з більш великим розміром отворів плюс залишок на даному ситі).

Найбільшу крупність зерен (D_{\max}) встановлюють за розміром отвору першого із сит, повний залишок на якому не перевищує 5 % від наважки, що просівається.

Найменшу крупність зерен (D_{\min}) щебеню встановлюють за розміром отвору першого із сит, повний залишок на якому складає 95%.

За отриманими даними зернового складу щебеню будують криву розсіву на графіку (рисунок 11.2) і дають висновок щодо умов використання.

Контрольні запитання

- 1 Що називають бетоном?
- 2 Який принцип класифікації бетонів?
- 3 Які бувають види заповнювачів?

4 Як визначається модуль крупності піску?

Лабораторна робота 12

ПРИНЦИПИ ПІДБОРУ СКЛАДУ ВАЖКОГО БЕТОНУ

Підбір складу важкого (звичайного) бетону полягає у встановленні найбільш раціонального співвідношення між складовими матеріалами бетону (цементом, водою, піском, щебенем або гравієм) і виконується відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-215:2009.

Склад бетону виражається витратою всіх складових матеріалів за масою на 1 м^3 покладеної і ущільненої бетонної суміші.

Розрізняють два склади бетону: номінальний (лабораторний) і виробничий (польовий) – для матеріалів у природно-вологодому стані.

12.1 Розрахунок орієнтовного складу бетону

Для розрахунку складу важкого бетону необхідно мати такі дані:

- задану марку бетону – R_b ;
- необхідну консистенцію бетонної суміші, обумовлену осадкою конуса (S), розпливанням конуса (F) або жорсткістю (V);
- активність або марку цементу – R_c ;
- насипну густину складових – $\rho_{nc}, \rho_{np}, \rho_{nц}$;
- істинну густину складових – $\rho_c, \rho_n, \rho_{ц}$;
- пустотність щебеню – $V_{n.ц}$;
- найбільшу крупність щебеню – D_{max} ;
- вологість заповнювачів – $W_n, W_{ц}$;
- коефіцієнт розсунення зерен щебеню $\alpha = 1,1 \div 1,56$.

Склад бетону для пробних замісів розраховують у такій послідовності: розраховують водоцементне відношення, витрату води, витрату цементу, після чого визначають витрати крупного і дрібного заповнювача на 1 м^3 бетонної суміші.

1 Водоцементне відношення B/C розраховують шляхом перетворення формули основного закону міцності бетону (12.1), виходячи з необхідної марки бетону, активності цементу і з урахуванням виду і якості складових за формулами (12.2) і (12.3):

$$R_{\sigma} = A \cdot R_{\text{ц}} (Ц / B \pm 0,5); \quad (12.1)$$

для бетонів з $B/Ц \geq 0,4$

$$B/Ц = \frac{A \cdot R_{\text{ц}}}{R_{\sigma} + 0,5 \cdot A \cdot R_{\text{ц}}}; \quad (12.2)$$

для бетонів з $B/Ц < 0,4$

$$B/Ц = \frac{A_1 \cdot R_{\text{ц}}}{R_{\sigma} - 0,5 \cdot A_1 \cdot R_{\text{ц}}}, \quad (12.3)$$

де R_{σ} – марочна міцність бетону, кгс/см^2 , (МПа);

$R_{\text{ц}}$ – активність цементу, кгс/см^2 , (МПа);

A, A_1 – коефіцієнт, що враховує якість матеріалів (таблиця 12.1).

Таблиця 12.1 – Залежність значення коефіцієнтів A і A_1 від якості заповнювачів

Характеристика заповнювачів	A	A_1
Високоякісні	0,65	0,43
Рядові	0,60	0,40
Зниженої якості	0,55	0,37

2 Витрату води визначають, орієнтовно виходячи з заданої легкоукладальності бетонної суміші і крупності зерен заповнювача за графіком професора Миронова або за табличними даними (таблиця 12.2).

3 Витрату цементу визначають на 1 м^3 бетонної суміші за водоцементним відношенням $B/Ц$ і водопотребою B (витрата води) бетонної суміші

$$Ц = \frac{B}{B/Ц}. \quad (12.4)$$

4 Витрата заповнювачів (піску, щебеню) у кілограмах на 1 м^3 бетону розраховують, виходячи із двох умов:

а) сума абсолютних об'ємів усіх компонентів бетону дорівнює 1 м^3 (1000 дм^3) ущільненої бетонної суміші

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{В}{\rho_{в}} + \frac{П}{\rho_{п}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} = 1000; \quad (12.5)$$

б) цементно-піщаний розчин заповнює порожнечу у крупному заповнювачі з деяким розсуненням зерен

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + В + \frac{П}{\rho_{п}} = V_{н.щ} \frac{Щ}{\rho_{нщ}} \cdot \alpha. \quad (12.6)$$

Розв'язуючи спільно ці два рівняння, знаходять формулу для визначення витрати щебеню в кілограмах на 1 м³ бетону:

$$Щ = \frac{1000}{\frac{V_{н.щ} \cdot \alpha}{\rho_{нщ}} + \frac{1}{\rho_{щ}}}. \quad (12.7)$$

Після визначення витрати щебеню розраховують витрату піску (кг/м³) як різницю між проектним об'ємом бетонної суміші і сумою абсолютних об'ємів цементу, води і крупного заповнювача

$$П = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_{ц}} + В + \frac{Щ}{\rho_{щ}} \right) \right] \cdot \rho_{п}. \quad (12.8)$$

Таблиця 12.2 – Орієнтовні витрати води на 1 м³ бетонної суміші на щільних заповнювачах

Показник	Жорсткість, с	Осадка конуса, см	Витрата води, л/м ³ , при крупності, мм							
			гравію				щебеню			
			10	20	40	70	10	20	40	70
V0	≥31	-	150	135	125	120	160	150	135	130
V1	30÷21	-	160	145	130	125	170	160	145	140
V2	20÷11	-	165	150	135	130	175	165	150	155
V3	10÷6	-	175	160	145	140	185	175	160	155
S1(V4)	5÷3	<4	190	175	160	155	200	190	175	170
S2	-	5÷9	200	185	170	165	210	200	185	180
S3	-	10÷15	215	205	190	180	225	215	200	190
S4	-	16÷21	225	220	205	195	235	230	215	205

5 Визначають розрахункову густину бетонної суміші, кг/м³,

$$\rho_{б.сум} = Ц + В + П + Щ. \quad (12.9)$$

6 Визначають коефіцієнт виходу бетонної суміші:

$$\beta = \frac{1000}{V_{\text{ц}} + V_{\text{п}} + V_{\text{щ}}} = \frac{1000}{\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{нц}}} + \frac{\text{П}}{\rho_{\text{нп}}} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{нщ}}}}, \quad (12.10)$$

де $V_{\text{ц}}$; $V_{\text{п}}$; $V_{\text{щ}}$ – насипний об’єм відповідно цементу, піску і щебеню.

Значення коефіцієнта перебуває в межах $0,55 \div 0,75$.

12.2 Приклад розрахунку складу важкого бетону

$$R_{\text{б}} = 300 \text{ кгс/см}^2;$$

$$OK = 3 \text{ см};$$

$$R_{\text{ц}} = 460 \text{ кгс/см}^2;$$

$$\rho_{\text{нц}} = 1200 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{ц}} = 3100 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{нп}} = 1500 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{п}} = 2600 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{нщ}} = 1600 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{щ}} = 2700 \text{ кг/м}^3;$$

$$V_{\text{нц}} = 0,41;$$

$$D_{\text{max}} = 40 \text{ мм};$$

$$W_{\text{п}} = 4 \%;$$

$$W_{\text{щ}} = 1 \%.$$

1 Розрахунок водоцементного відношення:

$$R_{\text{б}} = A \cdot R_{\text{ц}} (\text{Ц} / \text{В} - 0,5)$$

після перетворення відносно $\text{В}/\text{Ц}$.

$$\text{В}/\text{Ц} = \frac{A \cdot R_{\text{ц}}}{R_{\text{б}} + 0,5 \cdot A \cdot R_{\text{ц}}} = \frac{0,65 \cdot 460}{300 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 460} = 0,67.$$

2 Витрата води при $OK = 3 \text{ см}$ і $D_{\text{max}} = 40 \text{ см}$:

$$B = 175 \text{ л}.$$

3 Витрата цементу:

$$\text{Ц} = \frac{B}{\text{В}/\text{Ц}} = \frac{175}{0,67} = 261 \text{ кг}.$$

4 Витрата щебеню в сухому стані на 1 м^3 бетонної суміші:

$$\Pi = \frac{1000}{\frac{V_{пщ} \cdot \alpha}{\rho_{пщ}} + \frac{1}{\rho_{пц}}} = \frac{1000}{\frac{0,41 \cdot 1,3}{1600} + \frac{1}{2700}} = 1422 \text{ кг.}$$

5 Витрата піску в сухому стані на 1 м³ бетонної суміші:

$$\Pi = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_{пц}} + \frac{В}{\rho_{в}} + \frac{\Pi}{\rho_{пщ}} \right) \right] \cdot \rho_{п} = \left[1000 - \left(\frac{261}{3100} + \frac{175}{1000} + \frac{1422}{2700} \right) \right] \cdot 2600 = 556 \text{ кг.}$$

$$Ц = 261 \text{ кг; } В = 175 \text{ кг; } \Pi = 556 \text{ кг; } \Pi = 1422 \text{ кг;}$$

$$\rho_{б.сум} = 2414 \text{ кг/м}^3.$$

6 Коефіцієнт виходу бетонної суміші

$$\beta = \frac{1000}{V_{пц} + V_{п} + V_{пщ}} = \frac{1000}{\frac{Ц}{\rho_{пц}} + \frac{\Pi}{\rho_{пп}} + \frac{\Pi}{\rho_{пщ}}} = \frac{1000}{\frac{261}{1200} + \frac{556}{1500} + \frac{1422}{1600}} = 0,67.$$

Лабораторна робота 13

БЕТОННА СУМІШ

13.1 Випробування бетонної суміші

Після виконання розрахунку складу бетону готують спробний заміс бетонної суміші об'ємом $8 \div 10$ л і визначають її рухливість або жорсткість відповідно до ДСТУ Б В.2.7-114-2002.

На вагах зважують необхідну кількість вихідних матеріалів, відміряють мірним циліндром воду і на металевому піддоні у вигляді корита глибиною 200 мм і розміром у плані 1500×500 мм готують бетонну суміш. Для цього в кориті спочатку перемішують пісок з цементом, потім додають щебінь і знову перемішують доти, поки щебінь не буде рівномірно розподілений у сухій суміші; у середині перемішаної суміші роблять заглиблення, куди вливають половину вимірної води, обережно перемішавши, додають іншу частину води. Після цього енергійно перемішують бетонну суміш до однорідності, тривалість перемішування (від моменту додавання води) має складати при об'ємі замісу до 30 л – 5 хв, до 50 л – 10 хв.

При механічному перемішуванні матеріали в бетонозмішувач завантажують у такій послідовності: пісок, цемент, великий заповнювач, вода. Тривалість перемішування має складати 2 хв з моменту закінчення завантаження всіх матеріалів.

На спробних замісах перевіряють рухливість або жорсткість бетонної суміші, а також експериментально визначають її середню густину.

Рухливість бетонної суміші (Р) визначають за методикою ДСТУ Б В.2.7-114-2002 і характеризують розміром осідання конуса ОК (см), відформованого з випробовуваної бетонної суміші. При діаметрі зерен заповнювача до 70 мм висота стандартного конуса дорівнює 300 мм, нижній діаметр – 200 мм і верхній – 100 мм. При діаметрі зерен заповнювача понад 70 мм висота конуса – 450 мм, нижній діаметр – 300 мм і верхній – 150 мм (рисунк 13.1).

Перед випробуванням внутрішню поверхню конуса і всі інші прилади злегка змочують водою. Конус встановлюють на гладкий металевий лист розміром не менше 700×700 мм і заповнюють

бетонною сумішшю через лійку в три шари однакової висоти. Кожен шар ущільнюють штикуванням (25 разів) металевим стержнем діаметром 16 мм і довжиною 650 мм. При штикуванні конус щільно притискають до листа. Після ущільнення лійку знімають, а надлишок суміші зрізують сталеву лінійкою урівень із краями конуса.

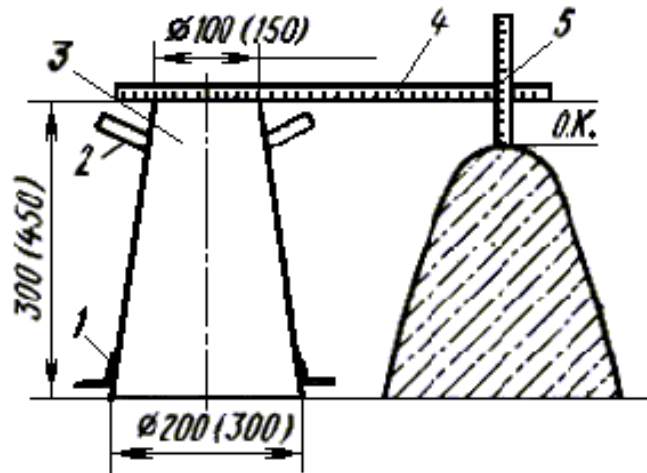


Рисунок 13.1 – Визначення рухливості бетонної суміші стандартним конусом: 1 – упори; 2 – ручки; 3 – конус; 4, 5 – лінійки (у дужках наведені розміри збільшеного конуса)

Потім конус обережно піднімають вертикально вгору і ставлять поруч з відформованою сумішшю. Осідання конуса бетонної суміші *ОК* визначають, встановлюючи металеву лінійку ребром на верх конуса і вимірюючи відстань від нижньої грані лінійки до верху бетонної суміші з похибкою не більше 0,5 см.

Осідання перевіряють два рази і беруть середнє арифметичне значення двох результатів.

Якщо рухливість бетонної суміші виявиться меншою, ніж потрібно, у розрахунок складу бетону вносять виправлення – збільшують кількість цементу і води без зміни водоцементного відношення. Якщо рухливість більше заданої, додають невеликими порціями (по 10 %) пісок і великий заповнювач, домагаючись заданої рухливості.

Склад бетонної суміші коректують доти, поки не отримують суміш із заданим осіданням конуса.

Жорсткість бетонної суміші (*Ж*) характеризується часом вібрації в секундах, потрібним для вирівнювання і ущільнення

попередньо сформованого конуса бетонної суміші з використанням приладу для визначення жорсткості (рисунок 13.2). Загальна маса диска, шайби і штанги приладу має бути 2750 ± 50 г. Диск має отвори діаметром 10 мм. Прилад встановлюють і жорстко закріплюють на лабораторному вібростолі, який створює вертикально направлені коливання з частотою 2900 ± 100 коливань за хвилину і амплітудою $0,50 \pm 0,001$ мм. Фланець циліндричного кільця приладу повинен щільно прилягати до поверхні вібростолу, щоб не витікало цементне тісто.

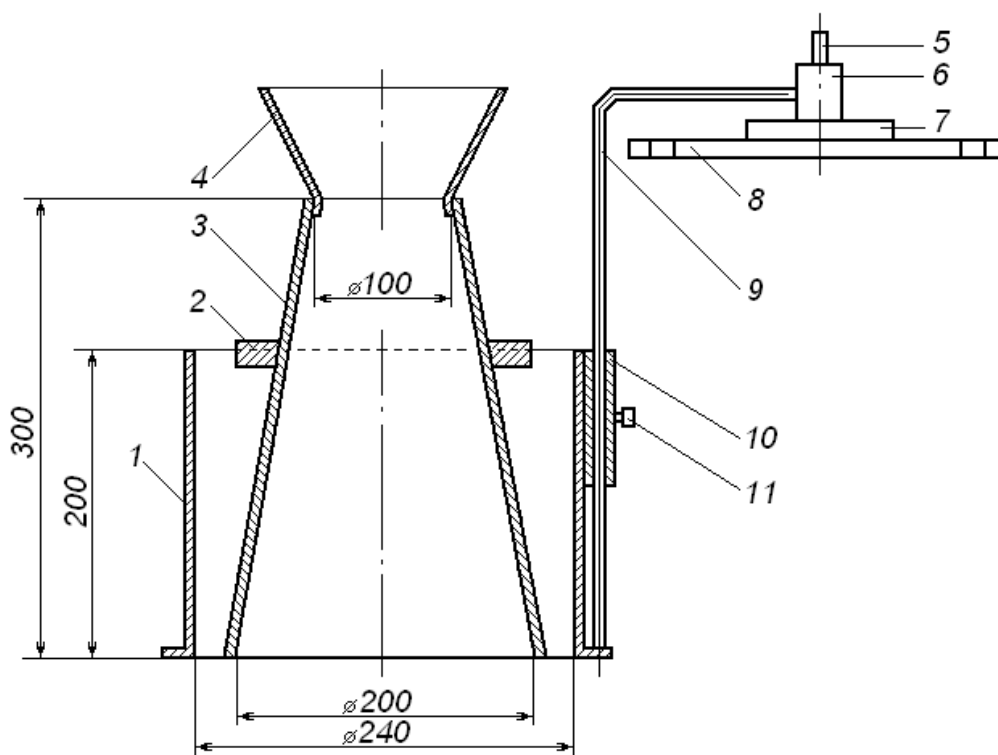


Рисунок 13.2 – Прилад (типу Vebe) для визначення жорсткості бетонної суміші: 1 – форма; 2 – упори; 3 – конус; 4 – лійка, 5 – штанга; 6 – напрямна втулка; 7 – втулка диска; 8 – металевий диск з шістьма отворами; 9 – штатив; 10 – втулка штатива; 11 – затискач штатива

Випробування виконують у такій послідовності. Встановлюють і жорстко закріплюють за фланці циліндричне кільце 1 приладу на вібростолі. В кільце вставляють конус 3 і закріплюють його ручками 2, заводячи їх у пази кільця, після чого встановлюють лійку 4. Заповнення конуса приладу бетонною сумішшю, ущільнення її і знімання конуса із сформованої суміші виконують так, як і при визначенні рухливості бетонної суміші. Потім

звільняють штангу 5, поворотом штатива 9 диск 8 встановлюють над сформованим конусом бетонної суміші і плавно опускають його на поверхню конуса. Штатив закріплюють у втулці 10 затискним гвинтом 11 і вмикають одночасно вібростіл і секундомір, спостерігаючи за вирівнюванням і ущільненням бетонної суміші під диском, що опускається. Вібрування продовжується доти, поки не почнеться виділення цементного тіста із будь-яких отворів диска. У цей момент вимикають вібростіл і секундомір. Тривалість вібрування в секундах і характеризує жорсткість бетонної суміші.

Випробування проводять двічі. Жорсткість бетонної суміші визначають з округленням до 1 с як середнє арифметичне двох випробувань з однієї проби суміші, які різняться між собою не більше ніж на 20 %. При більшій розбіжності результатів випробування повторюють на іншій пробі бетонної суміші.

Залежно від консистенції бетонну суміш за ДСТУ Б В.2.7-176:2008 поділяють на марки (таблиця 13.1).

Таблиця 13.1 – Марки бетонної суміші за консистенцією

Марки бетонної суміші за осадкою конуса	
Марка	Осадка конуса, мм
S1	Від 10 до 40
S2	Від 50 до 90
S3	Від 100 до 150
S4	Від 160 до 210
S5	≥ 220
Марки бетонної суміші за жорсткістю (метод Vebe)	
Марка	Час, с
V0	≥ 31
V1	Від 30 до 21
V2	Від 20 до 11
V3	Від 10 до 6
V4	Від 5 до 3
Марки бетонної суміші за розпливанням конуса	
Марка	Діаметр розпливання конуса, мм
F1	≤ 340
F2	Від 350 до 410
F3	Від 420 до 480
F4	Від 490 до 550
F5	Від 560 до 620
F6	≥ 630

13.2 Виготовлення контрольних зразків важкого бетону

Виготовлення та контроль міцності бетону за контрольними зразками виконується відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-214:2009.

Розміри зразків залежно від найбільшого номінального розміру заповнювача в пробі бетонної суміші мають відповідати значенням у таблиці 13.2.

Таблиця 13.2

Найбільший номінальний розмір зерна заповнювача, мм	Найменший розмір зразка (ребра куба, сторони поперечного перерізу призми або вісімки, діаметра і висоти циліндра), мм
20 і менше	100
40	150
70	200
100	300

Для виготовлення зразків застосовують металеві рознімні форми. Перед використанням форм їх внутрішні поверхні повинні бути покриті тонким шаром змащення, що не залишає плям на поверхні зразків і не впливає на властивості поверхневого шару бетону.

Укладання й ущільнення бетонної суміші слід робити не пізніше, ніж через 20 хв після відбору проби.

Форму заповнюють бетонною сумішшю з деяким надлишком, встановлюють на вібромайданчик і включають вібратор.

Вібрування продовжують до повного припинення осідання бетонної суміші, вирівнювання її поверхні і появи на її поверхні цементного молока.

Зразки, що призначені для твердіння в нормальних умовах, після виготовлення до розпалублення зберігають у формах, покритих вологою тканиною або іншим матеріалом, що виключають можливість випару з них вологи, у приміщенні з температурою повітря $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$.

При визначенні міцності бетону на стиск зразки розпалублюють не раніш ніж через 24 години для бетонів класу В7,5 (М100) і вище, і не раніш ніж через 48 годин – для бетонів класу В5 (М75)

і нижче, а також для бетонів з добавками, що уповільнюють їх твердіння в ранньому віці.

Після розпалублення зразки потрібно помістити в камеру, що забезпечує у поверхні зразків нормальні умови, тобто температуру $(20\pm 3)^{\circ}\text{C}$ і відносну вологість повітря $(95\pm 5)\%$. Зразки укладають на підкладки так, щоб відстань між зразками, а також між зразками та стінками камери була не менше 5 мм. Площа контакту зразка з підкладками, на яких його встановлено, не повинна складати більше 30 % площі опорної грані зразка. Зразки в камері нормального твердіння не потрібно безпосередньо орошати водою. Припускається зберігання зразків під шаром вологих піску, тирси або інших гігроскопічних матеріалів, що систематично зволожуються.

Контрольні запитання

- 1 Що називається бетонною сумішшю та бетоном?
- 2 Для яких цілей використовуються бетони? Їх класифікація.
- 3 Як виконується розрахунок складу бетону? Принцип розрахунку, розрахункові формули.
- 4 Як визначають рухливість та жорсткість бетонної суміші?
- 5 Які вимоги встановлені нормативами при виготовленні контрольних зразків бетону?

Лабораторна робота 14

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ

Визначення міцності бетону полягає у вимірюванні мінімальних зусиль, що руйнують спеціально виготовлені контрольні зразки бетону при їхньому статичному навантаженні з постійною швидкістю збільшення навантаження й наступним розрахунком напруг при цих зусиллях у припущенні пружної роботи матеріалу.

14.1 Підготовка зразків до випробування та умови їх проведення

У приміщенні для випробування зразків слід підтримувати температуру повітря в межах $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ і відносну вологість повітря не менше 55 %. У цих умовах зразки мають бути витримані до випробування в розпалубленому вигляді протягом не менше 24 год, якщо вони тверділи у воді, і протягом не менше 4 год, якщо вони тверділи у повітряно-вологісних умовах або в умовах теплової обробки.

Перед випробуванням зразки піддають візуальному огляду, встановлюючи наявність дефектів у вигляді відколів ребер, раковин і сторонніх включень. Зразки, що мають тріщини, відколи ребер глибиною більше 10 мм, раковини діаметром більше 10 мм і глибиною більше 5 мм, а також сліди розшарування й недоуцільнення бетонної суміші, випробуванню не підлягають. Напливи бетону на ребрах опорних граней зразків мають бути видалені.

Опорні грані відформованих зразків-кубів, призначених для випробування на стиск, вибирають так, щоб стиска сила при випробуванні була спрямована паралельно шарам укладання бетонної суміші у форми.

Лінійні розміри зразків вимірюють із похибкою не більше 1 %.

Перед випробуванням зразки зважують із метою визначення їх середньої щільності.

14.2 Проведення випробувань і обробка результатів

Міцність бетону на стиск та розтяг за контрольними зразками визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009, ДСТУ Б В.2.7-224:2009, ДСТУ Б В.2.7-223:2009.

Усі зразки однієї серії мають бути випробувані в розрахунковому віці протягом не більше 1 год.

Перед встановленням зразка на прес або випробувальну машину видаляють частки бетону, що залишилися від попереднього випробування на опорних плитах преса.

Шкалу вимірника сили випробувальної машини, преса або випробувальної установки вибирають із умови, що очікуване значення руйнівного навантаження має бути в інтервалі $20 \div 80$ % максимального навантаження, що допускається обраною шкалою.

Навантаження зразків виконують безупинно зі швидкістю, що забезпечує підвищення розрахункової напруги в зразку до його повного руйнування в межах $(0,6 \pm 0,4)$ МПа/с при випробуваннях на стиск. Час навантаження одного зразка має бути не менше 30 с.

Максимальне зусилля, досягнуте в процесі випробування, приймають за руйнівне навантаження.

Зруйнований зразок необхідно піддати візуальному огляду й зазначити: характер руйнування; наявність великих (об'ємом більше 1 см^3) раковин і каверн усередині зразка; наявність зерен заповнювача розміром більше $1,5 d_{max}$, грудок глини, слідів розшарування.

Результати випробувань зразків, що мають вищезначені дефекти структури й характер руйнування, ураховувати не слід.

При випробуванні на стиск зразки-куби й циліндри встановлюють однією з обраних граней на нижню опорну плиту преса (або випробувальної машини), центруючи щодо його поздовжньої осі, використовуючи риски, що нанесені на плиту преса.

Після встановлення зразка на опорні плити преса з'єднують верхню плиту преса з верхньою опорною гранню зразка так, щоб їх площини повністю прилягали одна до одної. Далі починають навантаження.

У разі руйнування зразка за однією з дефектних схем (рисунки 14.1) при визначенні середньої міцності серії цей результат не враховують.

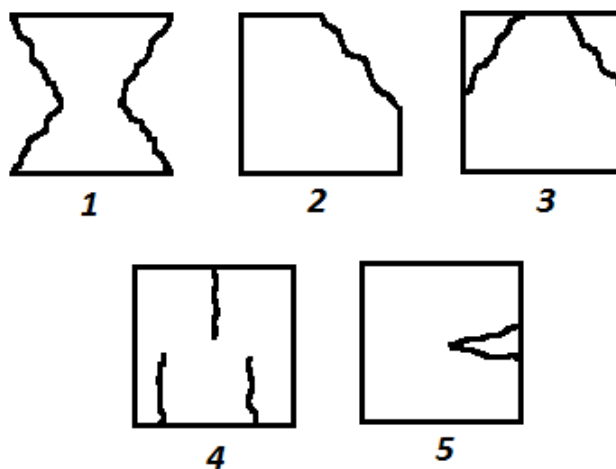


Рисунок 14.1 – Схема характеру руйнування зразків при випробуваннях на стиск: 1 – нормальне руйнування; 2÷5 – дефектні руйнування

Міцність бетону при випробуваннях на стиск, $МПа$ ($кгс/см^2$), слід розраховувати з точністю до 0,1 $МПа$ ($1 кгс/см^2$) для кожного зразка за формулою

$$R_{cm} = \alpha \frac{P}{S}, \quad (14.1)$$

де P – руйнівне навантаження, $кгс$;
 S – площа робочого перерізу зразка, $см^2$;
 α – масштабний коефіцієнт для приведення міцності бетону до міцності бетону в зразках базових розміру й форми (таблиця 14.1).

Таблиця 14.1 – Значення масштабного коефіцієнта α залежно від розміру зразків

Форма зразка	Куби					Циліндри			
Розмір зразка, (ребро або діаметр), $см$	7	10	15	20	30	10×20	15×30	20×40	30×60
α	0,85	0,95	1,0	1,05	1,1	1,16	1,2	1,24	1,28

Міцність бетону (крім ніздрюватого) у серії зразків визначають як середнє арифметичне значення в серії із трьох зразків – за двома найбільшими за міцністю зразками.

При відбракуванні дефектних зразків міцність бетону в серії зразків визначають за усіма зразками, що залишилися, якщо їх не менше двох. Результати випробування серії із двох зразків при відбракуванні одного зразка не враховують.

За отриманими результатами випробувань визначають клас важкого бетону відповідно до таблиці 14.2.

Клас бетону – показник якості бетону за міцністю на стиск і на осьовий розтяг, який визначають за гарантованою міцністю бетону (*МПа*) із забезпеченістю 0,95. Клас бетону відображає змінність результатів випробування міцності бетону з нормативним коефіцієнтом варіації 13,5 %.

Таблиця 14.2 – Класи міцності важкого бетону на стиск

Клас міцності бетону на стиск	Міцність, визначена на зразках-циліндрах, $f_{ck.cyl}$, <i>МПа</i>	Міцність, визначена на зразках-кубах, $f_{ck.cube}$, <i>МПа</i>
C 8/10	8	10
C 12/15	12	15
C 16/20	16	20
C 20/25	20	25
C 25/30	25	30
C 30/35	30	35
C 32/40	32	40
C 35/45	35	45
C 40/50	40	50
C 45/55	45	55
C 50/60	50	60
C 55/67	55	67
C 60/75	60	75
C 70/85	70	85
C 80/95	80	95
C 90/105	90	105
C 100/115	100	115

Контрольні запитання

1 Що називається класом бетону?

2 Як проводять випробування для визначення міцності бетону?

3 У яких умовах зберігаються зразки для визначення міцності бетону?

Лабораторна робота 15

НЕРУЙНІВНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ МІЦНОСТІ БЕТОНУ

Неруйнівними методами визначають міцність бетону згідно з ДСТУ Б В.2.7-226:2009, ДСТУ Б В.2.7-220:2009.

15.1 Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю

Загальні положення

Міцність бетону визначають за попередньо встановленими градуйованими залежностями між міцністю бетонних зразків за ДСТУ Б В.2.7-214:2009 і непрямими характеристиками міцності.

Залежно від застосовуваного методу, непрямими характеристиками міцності є:

- значення відскоку бойка від поверхні бетону (або притиснутого до неї ударника);
- параметр ударного імпульсу (енергія удару);
- розміри відбитків на бетоні (діаметр, глибина тощо) або співвідношення діаметрів відбитків на бетоні й стандартному зразку при ударі індентора або його вдавненні в поверхню бетону;
- значення напруги, необхідної для місцевого руйнування бетону при відриві приклеєного до нього металевого диска, рівного зусиллю відриву, діленому на площу проекції поверхні відриву бетону на площину диска;
- значення зусилля, необхідного для сколювання ділянки бетону на ребрі конструкції;
- значення зусилля місцевого руйнування бетону при вириванні з нього анкерного обладнання.

Механічні методи неруйнівного контролю застосовують для визначення міцності бетону всіх видів нормованої міцності, що контролюються за ДСТУ Б В.2.7-224:2009, а також для визначення міцності бетону при обстеженні й відбракуванні конструкцій.

Метод визначення міцності бетону слід вибирати за таблицею 15.1.

Випробування проводять при додатній температурі бетону. Допускається при обстеженні конструкцій визначати міцність при від'ємній температурі, але не нижче мінус 10 °С за умови, що до моменту заморожування конструкція перебувала не менше одного тижня при додатній температурі й відносній вологості повітря не більше 75 %.

Таблиця 15.1

Метод	Граничні значення міцності бетону, МПа
Пружного відскоку і пластичної деформації	5÷50
Ударного імпульсу	10÷70
Відриву	5÷60
Відриву зі сколюванням	5÷100
Сколювання ребра	5÷70

Міцність бетону визначають за допомогою приладів, призначених для визначення непрямих характеристик, що пройшли метрологічну атестацію. Рекомендовані типи приладів наведені в таблиці 15.2.

Таблиця 15.2

Тип приладу	Енергія удару, Дж	Розміри, мм		Маса, кг
		діаметр	довжина	
прилад для випробування методом відскоку				
КМ	2,2	54	390 455 (з ручкою)	1,75
прилади для випробування методами ударного імпульсу і пластичної деформації				
ВСМ	0,1	25	200	0,5
ПМ-2	-	40	100	1,0
Ц-22 Київоргбуду	0,8-8,0	54	320	1,0
А-1	2,0-4,0	33	270	0,9
Молоток Кашкарова	Довільна	-	300	0,9

Підготовка до випробувань

Для визначення міцності бетону в конструкціях попередньо встановлюють градуйовану залежність між міцністю бетону й непрямою характеристикою міцності (у вигляді графіка, таблиці або формули).

Для випробування методом пружного відскоку, пластичної деформації, ударного імпульсу й відриву градуйовані залежності встановлюють конкретно для кожного виду міцності із зазначених у таблиці 15.1, для випробування методами відриву зі сколюванням і сколювання ребра допускається встановлювати єдину градуйовану залежність незалежно від виду міцності.

Градуйовану залежність встановлюють заново при зміні виду великого заповнювача, технології виробництва бетону, при введенні добавок, а для випробування методами пружного відскоку, ударного імпульсу й пластичної деформації – також при зміні виду цементу, внесенні кількісних змін до номінального складу бетону, що перевищують по витраті цементу $\pm 20\%$, великого заповнювача $\pm 10\%$.

Градуйовану залежність для методів пружного відскоку, ударного імпульсу, пластичної деформації, відриву й сколювання ребра встановлюють на основі результатів випробувань зразків-кубів спочатку неруйнівним методом, а потім за ДСТУ Б В.2.7-214:2009.

Для методів відскоку й пластичної деформації при ударі число вимірів на кожному зразку має бути не менше п'яти, а відстань між місцями ударів не менше 30 мм. Для методу ударного імпульсу число вимірів – не менше десяти, а відстань між місцями ударів – не менше 15 мм. Для методу пластичної деформації при вдавненні число випробувань на одній грані – не менше двох, а відстань між місцями випробувань – не менше двох діаметрів відбитків.

За одиничне значення непрямого показника міцності при встановленні градуйованої залежності приймають середнє арифметичне значення цієї величини в серії зразків (або зразку), що використані при визначенні одиничного значення міцності.

Випробування

Випробування проводять на ділянці конструкції площею від 100 до 600 см².

Міцність бетону в контрольованій ділянці конструкції визначають за градуйованою залежністю, за умови, що отримані значення непрямого показника при вимірі перебувають у межах між найменшим і найбільшим значеннями непрямого показника в зразках, випробуваних при побудові градуйованої залежності.

Кількість випробувань на одній ділянці, відстань між місцями випробувань на ділянці й від краю конструкції, товщина конструкції на ділянці випробування мають бути не менше значень, наведених у таблиці 15.3.

Метод пружного відскоку й ударного імпульсу

При випробуванні методом пружного відскоку відстань від місць проведення випробування до арматури має бути не менше 50 мм.

Випробування проводять у такій послідовності:

- прилад розташовують так, щоб зусилля прикладалося перпендикулярно до випробовуваної поверхні відповідно до інструкції з експлуатації приладу;
- фіксують значення непрямої характеристики відповідно до інструкції з експлуатації приладу;
- обчислюють середнє значення непрямої характеристики на ділянці конструкції.

Таблиця 15.3 – Вимоги до випробувань

Метод	Кількість випробувань на ділянці	Відстань		Товщина конструкції
		між місцями випробувань	від краю конструкції до місця випробувань	
Пружного відскоку	5	30	50	100
Пластичної деформації	5	30	50	70
Ударного імпульсу	10	15	50	50
Відриву	1	2 діаметра диска	50	50
Відриву зі сколюванням	1	5 глибин відриву	150	Подвійна глибина установлення анкера

Сколювання ребра	2	200	-	170
------------------	---	-----	---	-----

Метод пластичної деформації

При випробуванні методом пластичної деформації відстань від місць проведення випробування до арматури має бути не менше 50 мм.

Випробування проводять у такій послідовності:

- прилад розташовують так, щоб зусилля прикладалося перпендикулярно до випробовуваної поверхні відповідно до інструкції з експлуатації приладу; при сферичному інденторі випробування допускається проводити для полегшення вимірів діаметрів відбитків через аркуші копіювального або білого паперу;

- фіксують значення непрямой характеристики відповідно до інструкції з експлуатації приладу;

- обчислюють середнє значення непрямой характеристики на ділянці конструкції.

Стандартний молоток Кашкарова. Прилад призначений для визначення міцності бетону в конструкціях методом ударного імпульсу за розміром відбитку за ДСТУ Б В.2.7-220:2009.

Принцип дії. У молоток Кашкарова вставляється металевий стержень із відомою твердістю. Потім молотком ударяють по поверхні бетону. За допомогою кутового масштабу або виміральної лупи заміряють розмір відбитків, що утворилися на бетоні й стержні. Знаючи марку сталі, з якої зроблений стержень (а отже, і її твердість), зі співвідношення діаметрів відбитків можна обчислити міцність бетону. Стандартний молоток Кашкарова складається з індентора (кульки), стакана, пружини, корпусу з ручкою, головки й змінного еталонного стержня.

Склерометр електронний ОНІКС-2.3. Прилад ОНІКС-2.3 (рисунок 15.1) призначений для визначення міцності бетону на стиск неруйнівним ударно-імпульсним методом (за ДСТУ Б В.2.7-220:2009 і ДСТУ Б В.2.7-224:2009) при технологічному контролі якості, обстеженні будинків, споруд і конструкцій.

Заснований на методиці імпульсної перехідної функції сигналу датчика зі статичною обробкою й відбракуванням імпульсів. Застосовується для визначення твердості, однорідності, щі-

льності, пластичності різних матеріалів (цегла, мармур, композити, кольорові метали тощо).



Рисунок 15.1 – Склерометр електронний ОНІКС-2.3

15.2 Ультразвуковий метод визначення міцності

Загальні положення

Ультразвуковий метод застосовують для визначення міцності бетону: відпускну, передатну, у встановленому нормативно-технічною й проектною документацією проміжному й проектному віках, у процесі твердіння, а також при експертному контролі відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-226:2009.

Ультразвуковий метод заснований на зв'язку між швидкістю поширення ультразвукових коливань і міцністю бетону.

Ультразвукові вимірювання в бетоні проводять способами наскрізного або поверхневого прозвучування.

Міцність бетону в конструкціях визначають за експериментально встановленими градуйованими залежностями: "швидкість поширення ультразвуку – міцність бетону" (далі: швидкість – міцність) або "час поширення ультразвуку – міцність бетону" (далі: час – міцність) залежно від способу прозвучування.

Міцність бетону визначають на ділянках конструкцій, що не мають видимих ушкоджень (відшарування захисного шару, тріщин, каверн і ін.).

Ультразвукові випробування проводять при додатній температурі бетону. Допускається проведення ультразвукових випробувань конструкцій при від'ємній температурі бетону не нижче мінус 10 °С за умови, що в процесі їх зберігання відносна вологість повітря не перевищувала 70 %.

Ультразвукові виміри проводять приладами, призначеними для виміру часу поширення ультразвуку в бетоні й атестованими

у встановленому порядку.

Типи ультразвукових приладів і їх технічні характеристики наведені в таблиці 15.4.

Між бетоном і робочими поверхнями ультразвукових перетворювачів необхідно забезпечити надійний акустичний контакт, для чого застосовують в'язкі контактні матеріали (солідол, технічний вазелін і ін.).

Допускається застосування перехідних обладнань або прокладок, що забезпечують сухий спосіб акустичного контакту.

Спосіб контакту має бути однаковим при контролі бетону в конструкції й встановленні градуйованої залежності.

Таблиця 15.4 – Типи ультразвукових приладів і їх технічні характеристики

Характеристика	Тип приладу			
	Бетон-12	УК-14П	УК-10ПМ	УФ-10П
Діапазон виміру часу поширення ультразвукових коливань, <i>мкс</i>	20÷999,9	20÷900 0	8÷8500 – в ручному режимі, до 9999 – в автоматичному режимі	20÷999,9
Режим виміру	Автоматичний		Автоматичний, ручний	Автоматичний
Індикація	Цифрова		Цифрова	
Електричне живлення	Автономне	Універсальне		Від мережі
Наявність ЕЛТ	-	-	Так	Так
Число каналів виміру	1	1	1	12
Наявність мікропроцесора	-	-	-	Так
Конструктивне виконання	Портативний		Переносний	Станційарний
Маса, <i>кг</i>	2,6	1,5	10,0	28,0
Підприємство - виробник	ВНИИ-железобетон, м. Москва	"Электроточприбор", м. Кишинів		

Підготовка до випробувань

Підготовка до випробування включає перевірку приладів відповідно до інструкцій з експлуатації й встановлення градуйованих залежностей відповідно до обраного способу прозвучування.

Градувальну залежність "швидкість – міцність" встановлюють при випробуванні конструкцій способом наскрізного прозвучування. Градувальну залежність "час – міцність" встановлюють при випробуванні конструкцій способом поверхневого прозвучування.

Градувальну залежність встановлюють за результатами ультразвукових вимірів у бетонних зразках-кубах і механічних випробувань тих же зразків.

Час поширення ультразвуку в зразках при встановленні градувальної залежності "швидкість – міцність" вимірюють способом наскрізного прозвучування відповідно до рисунка 15.2.

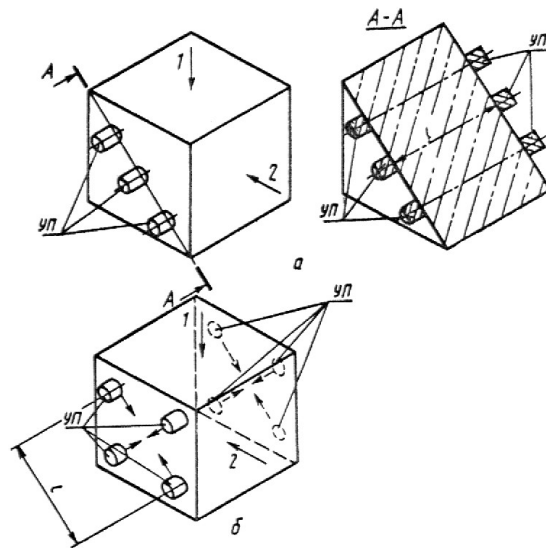


Рисунок 15.2 – Схеми випробування зразків-кубів: *а* – способом наскрізного прозвучування; *б* – способом поверхневого прозвучування; *УП* – ультразвукові перетворювачі; *1* – напрям формування; *2* – напрям випробування при стиску; *л* – база прозвучування

У зоні контакту ультразвукових перетворювачів з поверхнею бетону не має бути раковин і повітряних пор глибиною більше 3 мм і діаметром більше 6 мм, а також виступів більше 0,5 мм. Поверхня бетону має бути очищена від пилу.

Кількість вимірів часу поширення ультразвуку в кожному

зразку має бути при наскрізному прозвучуванні – 3, при поверхневому – 4.

Проведення випробувань і визначення міцності бетону в конструкціях

Вимірювання часу поширення ультразвуку в бетоні конструкцій слід проводити в напрямку, перпендикулярному ущільненню бетону. Відстань від краю конструкції до місця установлення ультразвукових перетворювачів має бути не менше 30 мм.

Вимірювання часу поширення ультразвуку в бетоні конструкцій слід проводити в напрямку, перпендикулярному напрямку робочої арматури. Концентрація арматури уздовж обраної лінії прозвучування не має перевищувати 5 %.

Міцність бетону контрольованої ділянки конструкції визначають за градуйованою залежністю, за умови, що вимірюване значення швидкості (часу) ультразвуку перебуває в межах між найменшим і найбільшим значеннями швидкості (часу) ультразвуку в зразках, випробуваних при побудові градуйованої залежності.

Контрольні запитання

1 Для чого використовуються неруйнівні методи контролю міцності бетону?

2 Які бувають непрямі характеристики міцності?

3 Опишіть кожен з неруйнівних методів контролю міцності бетону.

Лабораторна робота 16

СПОСОБИ ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

16.1 Агрегатно-потокowa та стендова технологія виробництва залізобетонних виробів

При агрегатно-потокowому способі виробництва вироби формують на спеціально обладнаних установках-агрегатах, що складаються із формувальної машини (звичайно вібромайданчика), машини для розподілу бетонної суміші по формі (бетоноукладача), машини для укладання форми на формувальний пост (формоукладача). Потім відформовані вироби у формах мостовим краном переміщують у камери твердіння для теплової обробки бетону. Заключною стадією виробництва є видача виробів з камери і їх розпалублення на спеціальному пості; після приймання готових виробів ВТК їх направляють на склад, а форми, що звільнилися, підготовляють до наступного технологічного циклу й повертають на формувальний пост.

Технологічний процес виконують на шести робочих постах:

- розпалублення й огляду виробу, складання форми;
- підготовки форми до бетонування;
- укладання арматурного каркаса (або попередньої напруги арматури);
- заповнення форми бетонною сумішшю й ущільнення її на формувальному пості;
- загладжування верхньої поверхні виробу або декоративної обробки по вологому бетону;
- укладання виробів у камери теплової обробки й вивантаження їх з камер.

Деякі операції технологічного процесу виконують паралельно; так, операції з розпалублення, огляду виробів і підготовки форм суміщують за часом з формуванням.

Продуктивність агрегатно-потокowoї технологічної лінії визначається тривалістю циклу формування виробів.

Агрегатно-потокowий спосіб широко використовується, оскільки найбільше відповідає умовам серійного виробництва, не вимагає великих капітальних витрат і припускає виготовлення

широкої номенклатури виробів. Гнучкість агрегатно-поточкового способу виробництва дозволяє шляхом зміни й переналагодження встаткування здійснювати перехід від випуску одного типу виробів до іншого.

До агрегатно-поточкового способу виробництва належить також формування виробів на різних спеціалізованих формувальних агрегатах, наприклад, на центрифугах, формувальній установці з вібровкладищами й ін.

При *стендовому способі виробництва* вироби виготовляють у нерухливих формах або на обладнаних для цього робочих місцях – стендах. У процесі формування й до набуття бетоном необхідної міцності вироби залишаються на місці, у той час як технологічне устаткування й обслуговуючі його робочі ланки переміщуються від однієї форми на стенді до іншої.

Для формування плоских і великорозмірних тонкостінних елементів (стінових панелей, шатрових і ребристих панелей перекриттів, оболонки тощо) застосовують стаціонарні металеві форми й залізобетонні форми-матриці. Їх розташовують в одну або кілька ліній, залишаючи проходи для обслуговування.

Для формування великорозмірних елементів у формах без дна, зі звичайним армуванням і з напруженою арматурою застосовують бетонні стенди із гладкою, шліфованою поверхнею.

Попередньо напружені балки, ребристі плити, шпали, палі виготовляють у металевих і залізобетонних, розбірних або нерозбірних, групових формах-стендах, зібраних у пакети значної довжини.

Стендовий спосіб виробництва забезпечує випуск виробів широкої номенклатури при порівняно нескладному переналагодженні встаткування. Для збільшення оборотності формувальних площ застосовують швидкотверднучі цементні високі марки і різні прискорювачі твердіння бетону. При необхідності теплової обробки виробів стендові лінії влаштовують у неглибоких ямних камерах або в термоформах.

Стендовий спосіб виробництва хоча й призводить до більш низького використання виробничої площі в порівнянні з агрегатно-поточковим, але має ряд переваг, особливо при виготовленні попередньо напружених конструкцій.

Тривалість технологічного циклу в стендовім виробництві залежить, головним чином, від часу витримування виробу на стенді для набуття ним необхідної міцності й становить звичайно $1\div 2$ доби. Якщо число стендових ліній забезпечує безперервне переміщення спеціалізованих робочих ланок з однієї формувальної лінії на іншу через рівні проміжки часу, можлива потокова організація виробництва.

Довгі стенди (пакетні й протяжні) застосовують при виготовленні декількох виробів по довжині стенда одночасно.

На пакетних стендах арматурні пакети із затискачами на кінцях складають на окремій установці, а потім переносять і укладають у захвати стендів або форм.

На протяжних стендах арматурний дріт змотують із бухт, встановлених в одному кінці стенда, і протягують по всій довжині стенда до іншого упору безпосередньо на лінії формування.

На пакетних стендах виготовляють вироби з порівняно невеликими поперечними розмірами й компактним розташуванням арматури по перерізу (шпали, палі, опори, балки тощо). Натяг пакета, що складається з певного числа дротів, здійснюється гідравлічним домкратом.

Короткі стенди призначені для виготовлення одного виробу по довжині стенда й одного-двох виробів по ширині стенда в горизонтальному положенні (ферм, двосхилих балок і ін.). Різновидом коротких стендів є переносні металеві силові форми.

Натяг арматури (дротової, стержневої, канатної) здійснюється гідравлічним домкратом на упори стенда або електротермічним способом.

Різновидом стендового способу виробництва є *касетний і касетно-конвеєрний* способи виробництва, відмінною рисою яких є вертикальне формування виробів, що дозволяє суттєво заощаджувати виробничі площі. Формування виробів здійснюється у вертикальних формах-касетах, у яких формувальні відсіки перемижуються з паровими. Після закінчення укладання й ущільнення бетонної суміші в парові відсіки подається технологічна пара, що й забезпечує тепло-вологісну обробку.

16.2 Конвеєрний та неперервний способи виробництва залізобетонних виробів

Конвеєрний спосіб виробництва являє собою більш досконалу агрегатно-потокową технологію й дозволяє максимально механізувати й автоматизувати основні технологічні операції. При цьому способі технологічна лінія працює за принципом замкненого пульсуючого конвеєра, коли виріб, розміщуючись на спеціальному піддоні, переміщається від поста до поста з певним інтервалом часу, що відповідає найбільш тривалій операції. При конвеєрному способі застосовують піддони-вагонетки розміром $7,5 \times 5,5$ м, що дозволяють виготовляти вироби до 7 м довжиною й 5 м шириною. Вагонетки-піддони, на яких складається форма, за допомогою спеціального штовхача через певні проміжки часу (близько 15 хв) переміщуються по конвеєрній лінії для виробничих операцій: очищення й змащення форм, укладання арматур і бетонної суміші, ущільнення суміші, тепловологісної обробки в пропарювальних камерах безперервної дії й розпалублення. Конвеєрний спосіб виробництва економічно доцільний при виробництві однотипних виробів на заводах великої потужності.

Подальшим удосконалюванням конвеєрної технології є виготовлення залізобетонних виробів для збірного будівництва на спеціальних вібропрокатних станах.

Розглянуті технологічні схеми виробництва залізобетонних виробів мають свої переваги й недоліки. Стендовий спосіб відрізняється низькою механізацією й автоматизацією технологічного процесу та високою трудомісткістю, однак дозволяє випускати великогабаритні вироби. Конвеєрний спосіб виробництва більш механізований, у той же час істотним його недоліком є високі капітальні витрати, труднощі переходу на випуск нової номенклатури й виду продукції. Виготовлення виробів на вібропрокатних станах є найбільш продуктивним. Однак така технологія дозволяє випускати вузьку номенклатуру виробів і вимагає високої витрати цементу для бетонних сумішей. Агрегатно-потоківий спосіб за техніко-економічними показниками є основним в організації технологічних ліній більшості залізобетонних заводів.

Контрольні запитання

Розповісти про кожен спосіб виробництва залізобетонних виробів. Перелічити переваги та недоліки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Берлин В.И., Мчедлов-Петросян О.П., Шубников А.К. Транспортное материаловедение. – М.: Транспорт, 1972.
- 2 Воробьев В.А., Комар А.Г. Строительные материалы. – М.: Стройиздат, 1976.
- 3 Горчаков Г.И., Баженов Ю.М. Строительные материалы. – М.: Стройиздат, 1986.
- 4 Гоц В.І. Бетони і будівельні розчини. – К.: КНУБА, 2004.
- 5 Комар А.Г. Строительные материалы и изделия. – М.: Высшая школа, 1976.
- 6 Кривенко П.В., Пушкарьова К.К. Будівельне матеріалознавство. – К.: ТОВ УАВК «Екс Об», 2004.
- 7 Попов Л.Н., Попов Н.Л. Лабораторные работы по дисциплине "Строительные материалы и изделия". – М.: ИНФРА-М, 2003.
- 8 Чехов А.П., Глущенко В.М. Методы испытания строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1981.
- 9 ДСТУ Б В.2.7-43-96 Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови. Затв. Наказом Державного комітету України у справах містобудування і архітектури від 02.09.1996 р. № 157. Початок дії 01.01.1997.
- 10 ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 14.12.2010 р. № 493. Початок дії 01.09.2011.
- 11 ДСТУ Б В.2.7-75-98 Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови. Затв. Наказом Держбуду України від 25.08.1998 р. № 185. Початок дії 01.01.1999.
- 12 ДСТУ Б В.2.7-82:2010 Будівельні матеріали. В'язучі гіпсові. Технічні умови. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 18.08.2010 р. № 319. Початок дії 01.03.2011.
- 13 ДСТУ Б В.2.7-114-2002 Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань. Затв. Наказом Держбуду України від 31.01.2002 р. № 26. Початок дії 01.07.2002.
- 14 ДСТУ Б В.2.7-176:2008 Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови (EN 206-1:2000, NEQ).

Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 26.12.2008 р. № 681. Початок дії 01.10.2009.

15 ДСТУ Б В.2.7-185:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення нормальної густоти, строків тужавлення та рівномірності зміни об'єму. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 01.12.2009 р. № 546. Початок дії 01.08.2010.

16 ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 01.12.2009 р. № 543. Початок дії 01.08.2010.

17 ДСТУ Б В.2.7-188:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення тонкості помелу. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 01.12.2009 р. № 544. Початок дії 01.08.2010.

18 ДСТУ Б В.2.7-189:2009 Будівельні матеріали. Пісок стандартний для випробувань цементів. Технічні умови. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 01.12.2009 р. № 545. Початок дії 01.08.2010.

19 ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 22.12.2009 р. № 633. Початок дії 01.09.2010.

20 ДСТУ Б В.2.7-215:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 22.12.2009 р. № 636. Початок дії 01.09.2010.

21 ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 22.12.2009 р. № 640. Початок дії 01.09.2010.

22 ДСТУ Б В.2.7-223:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 22.12.2009 р. № 643. Початок дії 01.09.2010.

23 ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 22.12.2009 р. № 644. Початок дії 01.09.2010.

24 ДСТУ Б В.2.7-226:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності. Затв. Наказом

Мінрегіонбуду України від 22.12.2009 р. № 649. Початок дії 01.09.2010.

25 ДСТУ Б В.2.7-232:2010 Будівельні матеріали. Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань. Затв. Наказом Мінрегіонбуду України від 05.05.2010 р. № 545. Початок дії 01.01.2011.

26 Положення щодо організації підготовки, проведення та захисту лабораторних робіт в Українській державній академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2007.