

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра технології будівельних виробів
і матеріалознавства

03-09-55М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з навчальної дисципліни
**«Сучасні методи розв'язання будівельно-технологічних
задач, випробувань та контролю якості будівельних
матеріалів»** для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня роботи за освітньо-професійною
програмою «Технології будівельних конструкцій, виробів і
матеріалів» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна
інженерія» денної форми навчання

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

Рівне – 2021

Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Сучасні методи розв'язання будівельно-технологічних задач, випробувань та контролю якості будівельних матеріалів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня роботи за освітньо-професійною програмою «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної форми навчання [Електронне видання] / Дворкін Л. Й., Марчук В. В., Ніхаєва Л. І. – Рівне : НУВГП, 2021. – 36 с.

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

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

Керівник групи забезпечення спеціальності Караван В. В.

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

НЕРУЙНІВНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ

1. Загальні відомості

Міцність бетону є основною його характеристикою, яка визначає несучу здатність бетонних та залізобетонних конструкцій. Мірою міцності є *границя міцності* – максимальне напруження при якому має місце руйнування матеріалу.

Міцність бетону визначають вимірюванням зусиль, що приводять до руйнування спеціально виготовлених, а також вибурених або випіляних із конструкцій зразків при їх навантаженні зі сталою швидкістю. Поряд з прямими методами визначення міцності на зразках бетону застосовують різні методи непрямого визначення його міцності безпосередньо у виробках або конструкціях без їх руйнування.

Величина показника міцності зразків залежить від характеру прикладених зусиль. Найважливішим міцнісним показником бетону є його міцність на стиск. З іншими міцнісними показниками: міцністю при розтязі, зрізі, сколюванні та ін. вона пов'язана кореляційними залежностями.

Міцність бетону при застосуванні неруйнівних методів визначають за попередньо встановленими градуовальними залежностями між міцністю зразків на стиск та непрямими характеристиками міцності. Розрізняють механічні та фізичні неруйнівні методи (рис. 1). *Механічні методи* базуються на кореляційних зв'язках між міцністю та іншими механічними характеристиками бетону (твердістю, пружністю, здатністю до пластичних деформацій та ін.), а також зусиллями, що викликають його місцеві руйнування. При *фізичних методах* застосовуються кореляційні зв'язки міцності бетону зі швидкістю розповсюдження в ньому ультразвукових хвиль та деякими іншими фізичними характеристиками (частотою коливань, інтенсивністю гама- опромінювання при проходженні крізь бетон та ін.). Із фізичних методів на практиці застосовується ультразвуковий метод.



Рис. 1. Класифікація методів неруйнівного контролю

Відповідно до ДСТУ Б В. 2.7 – 220:2009 непрямими характеристиками міцності при застосуванні механічних неруйнівних методів можуть бути:

- значення відскоку бойка від поверхні бетону (або притиснутого до неї ударника);
 - параметр ударного імпульсу (енергія удару);
 - розміри відбитку на бетоні (діаметр, глибина тощо) або співвідношення діаметрів відбитків на бетоні і стандартному зразку при ударі чи вдавлюванні індентора в поверхню бетону;
- значення напруження, необхідного для місцевого руйнування бетону при відриві приклеєного до нього металевого диска;
 - значення зусилля, необхідного для сколювання ділянки бетону на ребрі конструкції;
 - значення зусилля місцевого руйнування бетону при вириванні з нього анкерного пристрою.

Механічні методи неруйнівного контролю застосовують для визначення всіх видів нормованої міцності, а також при прийманні конструкцій та їх обстеженні. Область застосування

того чи іншого методу залежить від граничних значень вимірюваної міцності (табл. 1).

Таблиця 1
Граничні значення бетону при застосуванні механічних неруйнівних методів

Найменування методу	Граничні значення міцності бетону, МПа
Пружний відскок і пластична деформація	5-50
Ударний імпульс	10-70
Відрив	5-60
Сколювання ребра	10-70
Відрив зі сколюванням	5-100

Випробування виконують при плюсовій температурі бетону. При обстеженні конструкцій допускається визначити міцність при від'ємній температурі, але не нижче ніж -10°C за умови, що до моменту заморожування конструкція знаходилась не менше одного тижня при плюсовій температурі та відносній вологості повітря не більше ніж 75 %.

Для контролю відпускнуої або передавальної міцності бетону збірних конструкцій неруйнівними методами від партії відбирають 10% конструкцій, але не менше трьох. Для визначення міцності бетону монолітних конструкцій у проміжному віці контролюють не менше однієї конструкції із об'єму бетону, укладеного протягом доби (або частини конструкції у випадку, коли її бетонування виконувалось більше однієї доби). На кожній збірній конструкції, що відібрана для визначення міцності бетону неруйнівними методами, вибирають не менше двох, а для монолітної – не менше чотирьох контрольних ділянок. Ділянка повинна мати площу від 100 до 600 см². Кількість та розташування контрольних ділянок визначає проектна організація в робочих кресленнях конструкцій залежно від геометричних розмірів, призначення і технології їх виготовлення, і має бути не менше:

- для лінійних конструкцій – однієї ділянки на 4 м довжини;
- для плоских конструкцій, за виключенням монолітних конструкцій суцільних стін – однієї ділянки на 4 м² площі;
- для монолітних конструкцій суцільних стін – однієї ділянки на 8 м² площі.

При статистичному контролю міцності бетону, яка визначена неруйнівними методами, для розрахунків середнього квадратичного відхилення S_m , якщо за одиночне значення приймають середню міцність бетону конструкції f_{ci} застосовують формулу:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{ci} - \bar{f}_{cm})^2}{n-1} + \frac{S_n^2}{p}}, \quad (1)$$

де f_{cm} – середня міцність бетону в партії конструкцій;

n – число конструкцій в партії;

S_n – середнє квадратичне відхилення градуовальної залежності;

p – число контрольованих ділянок у конструкції.

2. Метод пружного відскоку

Принцип дії приладів за *методом пружного відскоку - склерометрів* (молотки Шмідта, рис. 2) полягає в тому, що спеціальним ударником наноситься удар по сферичному штампі, притисненому до бетону.



Рис. 2. Молоток Шмідта

Величина відскоку ударника характеризує твердість бетону, залежно від якої за допомогою градуовальної кривої розраховують міцність

при стиску.

В приладах, де реалізується *метод ударного імпульсу* (ПС-МГ, Онікс – 2,5 та ін.), реєструється енергія, що виникає в момент удару бойка по поверхні бетону (рис. 3). Електронний блок, який міститься в цих приладах по параметрах ударного імпульсу, що надходять від склерометру, оцінює твердість і пружно-пластичні властивості матеріалу і встановлює відповідний клас бетону за міцністю.

3. Метод пластичних деформацій

Дія приладів, що працюють за *методом пластичних деформацій* (молоток К.П. Кашкарова, прилади ДПГ-4, ДПГ-5 та ін.) (рис. 5) полягає у вимірюванні діаметра відбитку на бетонній поверхні при вдавлюванні індентора (штампа) під дією



Рис. 3. Прилад ПС-МГ

навантаження.

Вдавлювання штампа відбувається під дією удару, який здійснюється за допомогою спеціальної пружини, вільного падіння маятника і т.д. В якості бойка зазвичай застосовують сферичні наконечники певного діаметру, які утворюють на поверхні бетону відбитки сферичної форми. діаметр відбитку повинен становити від 20 до 70% діаметру

індентора. Найбільш точні результати за цим методом отримують якщо при ударі одержують два відбитки – на бетоні (d_{δ}) і на еталоні (d_e), в якості якого застосовують сталевий стержень із відомим показником твердості. Міцність бетону визначають за градуовальною кривою залежно від відношення d_{δ}/d_e (рис. 4) Принцип дії таких приладів реалізований в широко розповсюджених молотках конструкції К.П. Кашкарова.

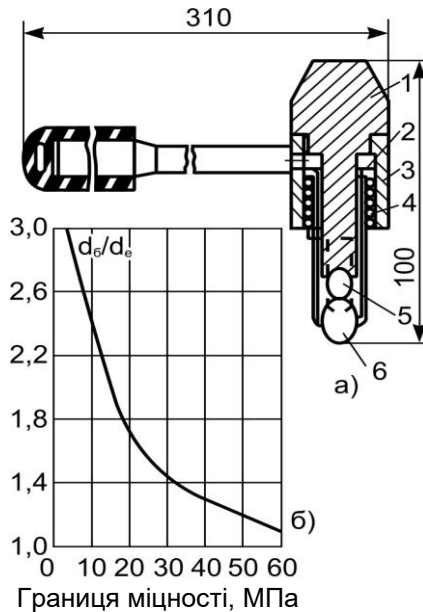


Рис. 4. Молоток конструкції К.П. Кашкарова:

а – загальний вигляд; б – градувальний графік; 1 – корпус; 2 – стакан;
 3 – головка; 4 – пружина; 5 – кулька; 6 – стержень; d_6 – діаметр
 відбитку на бетоні; d_e – діаметр відбитку еталону

4. Методи місцевих руйнувань

За методами відриву, відриву зі сколюванням і сколювання ребра (*методи місцевих руйнувань*) рис. 5 застосовують гідравлічні преси – насоси (ГПНВ-5, ГПНС-4 та ін.) (), які здатні через поршень, що переміщується під тиском в робочому циліндрі створювати необхідні зусилля.

При застосуванні *методу відриву* на попередньо зачищену поверхню бетону епоксидним клеєм приклеюють сталевий диск, який має з одного боку стержень з гвинтовою нарізкою. При відриві разом із диском відривається частина бетону. Для

визначення міцності бетону на стиск вимірюють величину умовного напруження в бетоні при відриві:

$$\sigma_g = F / P_g, \quad (2)$$

де F – виривне зусилля;

P_g – площа проекції поверхні відриву бетону на площу диску.

Результати випробувань не враховують, якщо при відриві бетону була оголена арматура або площа проекції поверхні відриву складала менше ніж 80% площі диску.

Метод відриву зі сколюванням ґрунтується на залежності між міцністю бетону на стиск і зусиллям, яке необхідне для виривання з бетону спеціального анкерного пристрою (рис. б). Застосовують три типи анкерів: типу I, який встановлюють на конструкції при бетонуванні, типів II і III – встановлюють у попередньо підготовлені шпури на конструкції.

Під час випробувань робочий поршень гідравлічних прес-насосів під дією певного тиску в циліндрі передає на анкерний пристрій необхідне виривне зусилля.

При застосуванні анкерних пристроїв, міцність бетону f_{cm} , МПа можна обчислювати за градуальною залежністю за формулою:

$$f_{cm} = m_1 m_2 F_p, \quad (3)$$

де m_1 – коефіцієнт, що враховує максимальний розмір крупного заповнювача в зоні відривання і приймається рівним 1 при крупності заповнювача менше ніж 50 мм і 1,1 при крупності 50 мм і більше;

m_2 – коефіцієнт пропорційності для переходу від виривного зусилля кН, до міцності бетону, МПа;

F_p – виривне зусилля анкерного пристрою, кН.

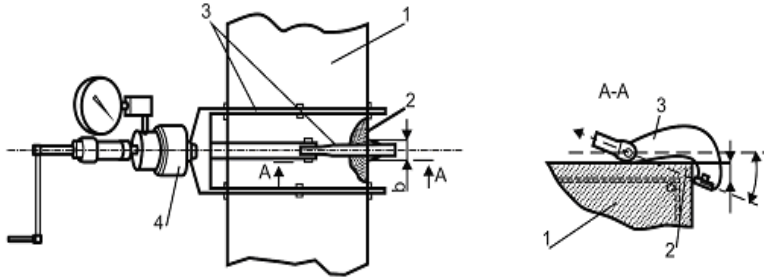


Рис. 5 Прилад для випробовування методом сколювання ребра: 1 – конструкція, що випробовується; 2 – бетон, що сколюється; 3 – пристрій УРС; 4 – прилад ГПНС-4

При випробуванні важкого бетону міцністю 10 МПа і більше та керамзитобетону міцністю від 5 МПа до 40 МПа значення коефіцієнта пропорційності m_2 приймають за ДСТУ Б В. 2.7 – 220:2009. Він залежить від умов тверднення бетону, типу анкерного пристрою, глибини його закладання, виду бетону.

Метод сколювання ребра базується на вимірюванні зусилля сколювання бетону в ребрі конструкції. Випробувальне обладнання для реалізації цього методу включає прилад типу ГПНВ- 5 або ГПНС-4 з силовимірювачем і додатковий пристрій УРС (рис. 5). Після закріплення на конструкції цього пристрою на нього передають зусилля і завантаження продовжують до моменту сколювання частини ребра з фіксацією м аксимального зусилля.

Міцність бетону за даним методом обчислюється за формулою:

$$f_{cn} = 0,058m(30P + P^2), \quad (4)$$

де m – коефіцієнт, що враховує максимальний розмір крупного заповнювача та приймається рівним 1 при крупності зерен заповнювача менше ніж 20 мм; 1,05 від 20 мм до 30 мм і 1,1 від 30 мм до 40 мм;

P – зусилля сколювання, кН.

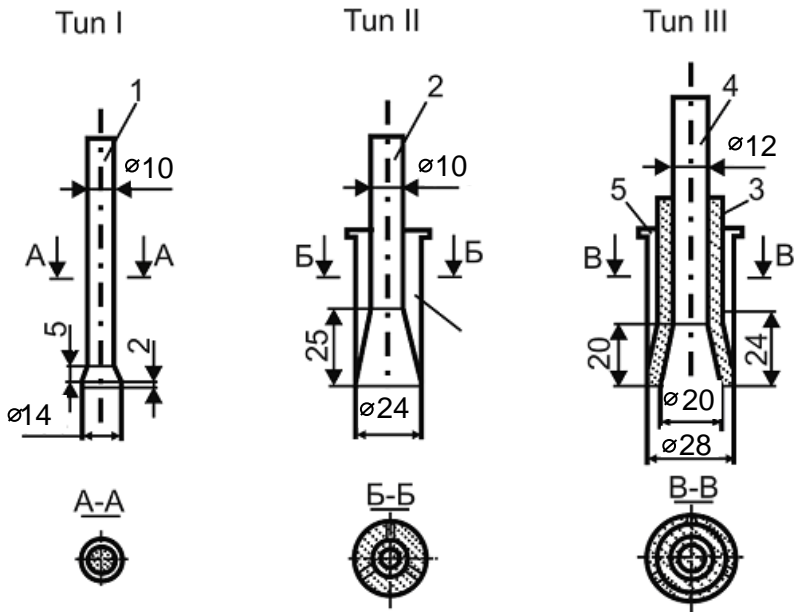


Рис. 6. Типи анкерних пристроїв:

- 1 – робочий стержень; 2 – робочий стрижень з розтискним конусом;
- 3 – робочий стержень з повним розтискним конусом; 4 – опорний стержень; 5 – сегментні рифлені шочки

При застосуванні методів ударного імпульсу і пластичної деформації відстань від місць проведення випробування до арматури має бути не менше ніж 50 мм. Прилади розташовують так, щоб зусилля прикладалися перпендикулярно до випробовуваної поверхні. При випробуванні методами відриву, відриву зі сколюванням і сколюванням ребра ділянки повинні розташовуватись у зоні найменших напружень, що викликаються експлуатаційним навантаженням або зусиллям обтискування попередньо напруженої арматури.

Число випробувань на контрольованій ділянці та інші умови, що нормуються залежно від методу неруйнівного контролю, приведені в табл. 2.

На точність вимірювання міцності бетону неруйнівними методами можуть впливати такі фактори як склад цементу, тип заповнювача, умови тверднення, вік бетону, вологість і температура поверхні, карбонізація поверхневого шару бетону та ін.

Найбільш точними з методів неруйнівного контролю міцності є методи місцевих руйнувань. Недоліками цих методів є підвищена трудомісткість, неможливість застосування в густоармованих конструкціях, часткові пошкодження поверхні конструкцій. Прилади, що базуються на методах місцевих руйнувань застосовуються переважно в монолітному домобудуванні і при обстеженні конструкцій будівель і споруд.

Таблиця 2

Умови випробувань неруйнівними методами

Найменування методу	Число випробувань на ділянці	Відстань між місцями випробувань, мм	Відстань від краю конструкції до місця випробувань, мм	Товщина конструкції, мм
Пружний відскок	5	30	50	100
Ударний імпульс	10	15	50	50
Пластична деформація	5	30	50	70
Відрив	1	2 діаметри диска	50	50
Сколювання ребра	2	200	-	170
Відрив зі сколюванням	1	5 глибин відриву	150	Подвоєна глибина встановлення анкера

5. Градувальна залежність

Градувальна залежність між міцністю бетону і непрямою характеристикою міцності може мати вигляд графіка, таблиці або формули. При застосуванні методів пружного відскоку, ударного імпульсу, пластичної деформації і відриву градувальні залежності встановлюють безпосередньо для кожного виду бетону при зміні виду цементу і його витрати більш ніж $\pm 20\%$, крупного заповнювача більше ніж на $\pm 10\%$. Для методів відриву, відриву зі сколюванням і сколювання ребра допускається встановлювати єдину градувальну залежність, яка корегується при зміні виду та розміру фракції крупного заповнювача, технології ущільнення, умов тверднення, застосуванні добавок.

Градувальну залежність встановлюють на основі результатів випробувань зразків-кубів спочатку неруйнівним методом, а потім за ДСТУ Б В. 2.7 –214: 2009. При встановленні градувальної залежності при застосуванні методу відриву зі сколюванням непряму характеристику міцності визначають на додатково виготовлених зразках-кубах, а за ДСТУ Б В. 2.7-214:2009 випробовують зразки основних серій. Використовують не менше 15 серій зразків-кубів, або 30 окремих зразків-кубів, які виготовляють протягом не менше п'яти діб із бетону одного складу і при тій же технології що і конструкції, які підлягають контролю. П'ять серій зразків рекомендується виготовляти із бетонної суміші, що відрізняється від проектної цементно-водним відношенням у межах плюс 0,4 і п'ять серій у межах 0,4. Розміри зразків вибирають у відповідності з найбільшою крупністю заповнювача. При застосуванні методів відриву і сколювання ребра конструкції розміри зразків мають бути $200 \times 200 \times 200$ мм, інших методів – не менше $100 \times 100 \times 100$ мм.

Непряму характеристику міцності визначають на бокових поверхнях зразків (за напрямом бетонування). Вік зразків, що використовуються при встановленні градувальної залежності, для методів відскоку, ударного імпульсу та пластичної деформації не повинен відрізнятися від встановленого терміну випробувань конструкцій більше ніж:

- на 40 % – при контролі міцності бетону природного тверднення;
- в два рази – при контролі міцності бетону після теплової обробки.

Температура бетону окремих зразків при визначенні непрямой характеристики не повинна відрізнятися від середньої температури зразків і температури конструкцій більш ніж на ± 10 °С. Відносна вологість зразків не повинна відрізнятися від вологості конструкцій більш ніж на $\pm 2\%$.

Число вимірювань на кожному зразку для методів відскоку і пластичної деформації при ударі повинно бути не менше п'яти, а відстань між місцями ударів не менше 30 мм; для методу ударного імпульсу – не менше десяти, а відстань між місцями ударів – не менше 15 мм.

При встановленні градууювальної залежності методами відриву зі сколюванням і сколювання ребра проводять по одному випробуванню відповідно на кожній боковій грані або на кожному боковому ребрі.

При випробуванні методами відскоку, ударного імпульсу, пластичної деформації при ударі зразки повинні бути затиснуті в пресі зусиллям (30 ± 5) кН.

При встановленні градууювальних залежностей рівняння “непряма характеристика – міцність” приймають лінійним за видом:

$$f_H = a_0 + a_1 \cdot H, \quad (5)$$

де f_H – міцність бетону, МПа;

H – непряма характеристика.

Коефіцієнти a_0 і a_1 розраховуються за формулами:

$$a_0 = f_{cm} - a_1 \cdot \bar{H}; \quad (6)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H}) \cdot (f_i - f_{cm})}{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}. \quad (7)$$

Середні значення міцності f_{cm} , що визначені шляхом випробування зразків і непрямих характеристик \bar{H} , які необхідні для визначення цих коефіцієнтів, розраховують за формулами:

$$f_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^N f_i}{N}, \quad (8)$$

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^N H_i}{N}, \quad (6)$$

де f_i , H_i – відповідно значення міцності і непрямой характеристики для окремих серій;

N – число серій (або окремих зразків), які використані для побудови градуовальної залежності.

Після побудови градуовальної залежності за формулою (5) виконують її коригування шляхом відбракування одиночних результатів випробувань, що не задовольняють умові:

$$\frac{|f_i - f_{i,H}|}{S} \leq 2, \quad (10)$$

де S – залишкове середнє квадратичне відхилення, що визначається за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - f_{i,H})^2}{N - 2}}, \quad (11)$$

де $f_{i,H}$ – міцність бетону в i -й серії зразків, що визначена за градуовальною залежністю за формулою:

$$f_{i,H} = a_0 + a_1 \cdot H_1. \quad (12)$$

Після відбракування градуовальну залежність встановлюють знову за формулами (5...7) за залишковими результатами випробування.

Градуовальна залежність повинна мати середнє квадратичне (залишкове) відхилення S , що не перевищує 12% при використанні серії зразків або 15% при використанні окремих зразків від середнього значення міцності f_{cm} . Якщо

$\frac{s}{f_{cm}} \times 100\% \geq 12\%$ (або 15%), то проведення контролю та оцінка міцності за отриманою залежністю не допускається.

Приклад 1. Розрахувати градувальну залежність при визначенні міцності методом відскоку за допомогою приладу КМ (молоток Кашкарова).

Для встановлення залежності між значеннями відскоку та міцністю бетону було випробувано на протязі 5 діб 20 серій зразків-кубів розміром 100×100×100 мм (N=20). Середні результати по кожній серії приведені в табл. 3.

Середнє значення міцності $f_{m(N)}$ та значення відскоку $H_{m(N)}$ обчислюємо за формулами:

$$f_{cm} = \frac{18,7 + 26,7 + \dots + 21}{20} = 24,5 \text{ МПа};$$

$$\bar{H} = \frac{17,7 + 18 + \dots + 17,32}{20} = 18,2.$$

За формулами (6) та (7) визначаємо значення коефіцієнтів a_1 і a_0 :

$$a_1 = \frac{(17,7 - 18,2) \cdot (18,7 - 24,5) + (18 - 18,2) \cdot (26,7 - 24,5) + \dots + (17,3 - 18,2) \cdot (21 - 24,5)}{(17,7 - 18,2)^2 + (18,6 - 18,2)^2 + \dots + (17,3 - 18,2)^2} = 3,5;$$

$$a_0 = 24,5 - 3,5 \cdot 18,2 = -39,2.$$

Градувальну залежність представляємо у вигляді рівняння:

$$f_H = 3,5 \cdot H - 39,2.$$

Значення міцності f_{iH} , які обчислені за градувальною залежністю, приведені в табл. 3.

Залишкове середнє квадратичне відхилення, визначено за формулою:

$$S = \sqrt{\frac{(18,7 - 22,75)^2 + (26,7 - 25)^2 + \dots + (21 - 23,5)^2}{20 - 2}} = 2,36 \text{ МПа.}$$

Порівнюючи значення фактичної міцності f_i у серіях зразків із міцністю f_{iH} , яка визначена за градуювальною залежністю встановлюємо, що умова формули (10) не виконується для серії 19, яка підлягає відбракуванню.

За 19 серіями зразків, що залишилися визначаємо нові значення f_{cm} та \bar{I} та коефіцієнтів a_o a_1 :

$$f_{cm} = 24,5 \text{ МПа, } \bar{I} = 18,2; a_1 = 3,6; a_o = -41.$$

Визначаємо значення f_{iH} (див. табл. 3) та обчислюємо середнє квадратичне відхилення $S=2,1$ МПа.

Таблиця 3

Середні результати досліджень

Номер серії	Значення непрямої характеристики, Н	Міцність бетону, МПа			$\frac{ f_{iH} - f_i }{S}$	
		за результатами на стиск f_i	за градуювальною залежністю f_{iH}		до відбракування	після відбракування
			до відбракування	після відбракування		
1	17,7	18,7	22,75	22,72	1,72	1,91
2	18,6	26,7	25,90	25,96	0,34	0,35
3	17,8	24,0	23,10	23,08	0,38	0,44
4	18,1	23,6	24,15	24,16	0,23	0,27
5	16,0	16,0	16,80	16,60	0,34	0,29
6	19,2	27,6	28,00	28,12	0,17	0,25
7	17,8	25,3	23,10	23,08	0,93	1,06
8	19,6	32,2	29,40	29,56	1,19	1,26

продовження табл. 3

Номер серії	Значення непрямої характеристики, Н	Міцність бетону, МПа			$\frac{ f_{iH} - f_i }{S}$	
		за результатами на стиск f_i	за градуовальною залежністю f_{iH}		до відбракування	після відбракування
			до відбракування	після відбракування		
9	18,8	26,5	26,60	26,68	0,04	0,09
10	17,8	22,2	23,10	23,08	0,38	0,42
11	16,4	18,4	18,20	18,04	0,08	0,17
12	19,2	31,8	28,00	28,12	1,61	1,75
13	18,5	23,5	25,55	25,60	0,87	1,00
14	19,1	24,4	27,65	27,76	1,38	1,60
15	17,6	20,4	22,40	22,36	0,85	0,93
16	19,2	31,3	28,00	28,12	1,40	1,51
17	18,4	24,9	25,20	25,24	0,13	0,17
18	18,8	26,2	26,60	26,68	0,17	0,23
19	17,2	25,8	21,00	-	2,03	-
20	17,3	21,0	21,35	21,28	0,15	0,13

Для скоректованої градуовальної залежності по всім серіям зразків умова формули $(\frac{|f_i - f_{iH}|}{S} \leq 2)$ тепер задовольняється. Таким чином подальше корегування проводити не потрібно. Градуовальну залежність, яку шукаємо, представляємо у вигляді рівняння:

$$f_H = 3,6N - 41.$$

За формулою $\frac{s}{f_{\bar{m}}} \times 100\%$ визначимо похибку отриманої залежності. Оскільки $\frac{2,1}{24,5} \cdot 100\% = 8,57 < 12\%$, то визначення міцності бетону за встановленою градууювальною залежністю може проводитися за стандартом.

Перевірку градууювальної залежності проводять не рідше одного разу за два місяці. Для цього виготовляють не менше 6 серій зразків. Для кожної серії зразків визначають одиничні значення непрямої характеристики H_i і міцності бетону за даними випробування на пресі f_i .

Відповідно до встановленої градууювальної залежності за отриманими характеристиками визначають міцність бетону. Обчислюють середнє значення непрямих характеристик за формулою:

$$\bar{H}_{(n)} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{N}, \quad (13)$$

де n – число серій зразків, які випробувані для перевірки градууювальної залежності.

Потім розділяють випробувані серії зразків на дві групи.

До першої групи відносять серії зразків, одиничні значення непрямої характеристики яких не перевищують їх середнє значення $H_{m(n)}$:

$$H_i \leq \bar{H}_{(n)}.$$

До другої групи відносять усі інші серії, тобто ті, у яких:

$$H_i > \bar{H}_{(n)}.$$

Градууювальна залежність допускається до подальшого застосування при одночасному виконанні наступних умов.

1) Різниця $f_i - f_{i,H}$ не має однакового знака в п'ятьох із шести випробуваних серій зразків.

2) Середнє квадратичне відхилення (S_n) міцності бетону у випробуваних серіях, що визначене за

формулою: $S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - f_{i,H})^2}{n-1}}$, не повинно перевищувати більш ніж у півтора рази середнє квадратичне відхилення градуовальної залежності, що використовувавалась – $S_n \leq 1,5S$.

3) Значення різниці ($f_i - f_{i,H}$) не повинно мати однакового знаку для серій зразків першої і другої груп.

При невиконанні хоча б однієї з умов градуовальну залежність встановлюють заново.

Значення міцності бетону, яке визначене за градуовальною залежністю, встановленої для бетону, який відрізняється від випробовуваного, множать на коефіцієнт K_c , значення якого визначають за формулою:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{\sum_{i=1}^n f_{i,H}}, \quad (14)$$

де f_i – міцність бетону (МПа) в ділянці, що визначається методами відриву зі сколюванням, сколювання ребра або випробуванням кернів згідно з ДСТУ Б В.2.7-214;

$f_{i,H}$ – те ж саме методами пружного відскоку, ударного імпульсу або пластичної деформації;

n – число ділянок, що приймається не менше трьох.

Значення міцності бетону не повинно відрізнятися від середнього значення за градуовальною залежністю більше ніж на 30%.

Визначене з використанням коефіцієнта K_c значення міцності бетону, може бути використано лише в тому випадку, якщо отримане з урахуванням цього коефіцієнта воно не виходить за межі значень, що можуть бути визначені за градуовальною залежністю.

6. Ультразвуковий метод (ДСТУ Б В.2.7 – 226:2009)

Цей метод базується на зв'язку між міцністю бетону та швидкістю поширення ультразвукових коливань. Цей метод застосовують для прискореного визначення міцності бетону на стиск класів С8/10...С30/37 збірних і монолітних конструкцій і споруд. Його застосовують також для визначення міцності бетону в пресі тверднення в теплових установках або в природних умовах.

Ультразвукові вимірювання в бетоні виконують способами наскрізного або поверхневого прозвучування (рис. 7).

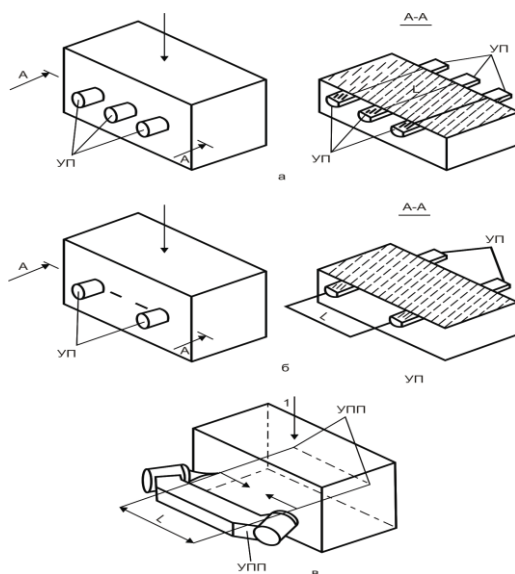


Рис. 7. Схеми випробування призм при ультразвуковому прозвучуванні:

а – схема випробування призм способом наскрізного прозвучування; *б, в* – схема випробування призм способом поверхневого прозвучування; *УП* – ультразвукові перетворювачі; *1* – напрямок формування; *L* – база прозвучування; *УПП* – пристрій для поверхневого прозвучування з механічно з'єднаних на постійній базі ультразвукових перетворювачів з насадками для точкового контакту з бетоном

Міцність бетону монолітних конструкцій визначають наскрізним. Для визначення швидкості ультразвукових коливань (“швидкості ультразвуку”) необхідно знати час проходження ультразвуку на ділянці певної довжини, яку називають базою прозвучування.

При вимірюванні часу поширення ультразвуку способом наскрізного прозвучування ультразвукові перетворювачі встановлюють із протилежних сторін зразка або конструкції відповідно до рис. 7 а.

Швидкість ультразвуку (v) у м/с, обчислюють за формулою:

$$v = \frac{L}{T} \cdot 10^3 \quad (15)$$

де T – час поширення ультразвуку, мкс; L – відстань між центрами установки перетворювачів (база прозвучування), мм.

При вимірюванні часу поширення ультразвуку способом поверхневого прозвучування ультразвукові перетворювачі встановлюють на одній стороні зразка або конструкції (рис. 7 б, в).

Для визначення коефіцієнту переходу (K) від швидкості ультразвуку при наскрізному до швидкості при поверхневому прозвучуванні виготовляють не менше шести призм розміром не менше $100 \times 100 \times 200$ мм із різних замісів бетону номінального складу, за тією ж технологією і при тому ж режимі тверднення, що і конструкції.

Вимірюють час поширення ультразвуку в кожній призмі способом наскрізного і поверхневого прозвучування при постійній базі не менше ніж 120 мм.

Коефіцієнт переходу (K) обчислюють за формулою:

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i, \quad (16)$$

де K_i – значення коефіцієнта переходу, що визначене за результатами випробувань i -го зразка за формулою:

$$K_i = \frac{v_i}{v_{i,нов}}, \quad (17)$$

де $v_i, v_{i,нов}$ – середні значення швидкостей ультразвуку в i -ому зразку при наскрізному і поверхневому способах прозвучування;

n – загальне число призм, випробуваних для визначення коефіцієнта переходу K .

Ультразвукові вимірювання, для визначення коефіцієнта K , можна проводити на ділянці контрольованих конструкцій, що допускають технічну можливість як наскрізного, так і поверхневого способів прозвучування. Число ділянок вимірювань повинно бути не менше шести.

Міцність бетону в контрольованих ділянках конструкцій при поверхневому прозвучуванні з урахуванням коефіцієнта K визначають за градувальною залежністю “швидкість ультразвуку-міцність”.

База прозвучування повинна бути однаковою при визначенні коефіцієнта переходу і проведенні контролю міцності бетону в конструкціях та не повинна перевищувати 400 мм.

Середнє квадратичне відхилення (S_k) коефіцієнта переходу обчислюють за формулою

$$S_K = (K_{max} - K_{min})K_I \quad (18)$$

де K_{max} ; K_{min} – максимальне і мінімальне зі значень коефіцієнтів $K_i (1 \leq i \leq n)$;

k_I – коефіцієнт, значення якого залежить від числа призм (n). При $n=6$; $k_I=2,51$; $n=8$; $k_I=3,47$; $n=10$; $k_I=4,35$.

Ультразвукові випробування виконують при плюсовій температурі. Допускається проведення випробувань при від’ємній температурі, але не нижче ніж -10°C за умови, що в процесі подальшого збереження зразків, відносна вологість повітря не перевищує 70%.

Згідно ДСТУ Б В.2.7-226:2009 для ультразвукових вимірювань рекомендуються прилади: УК- 14ПМ, УК- ЮПМС, УК-39 та ін. При їх виборі необхідно враховувати діапазон вимірювання часу розповсюдження ультразвукових коливань, мкс: для УК-14 ПМ він становить 20...9000, УК-ЮПМС – 8...9999, УК-39 – 15...999 (рис. 8).



Рис. 8. Ультразвуковий прилад для контролю міцності Пульсар-1.0

Прилади для ультразвукового контролю складаються з п'яти основних частин (рис. 9):

- системи збудження, яка включає електронний генератор високочастотних імпульсів і випромінювач, що перетворює електричні імпульси в ультразвукові механічні коливання;
- системи прийому, в якій ультразвукові коливання знову перетворюються в електричні імпульси, які направляються в підсилювач;
- системи вимірювання або індикатора, в якості якого застосовують зазвичай електронно-променеву трубку;
- електронний пристрій, в якому моделюється процес розповсюдження ультразвуку в бетоні;
- мікросекундоміра.

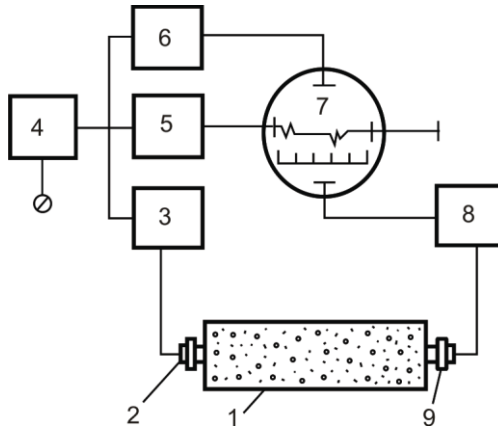


Рис. 9. Схема ультразвукового імпульсного приладу:
 1 – бетонний зразок; 2 – випромінювач; 3 – генератор імпульсів; генератор; 5 – електронний пристрій для моделювання розповсюдження ультразвуку в бетоні; 6 – генератор міток; 7 – електронно-променева трубка; 8 – підсилювач; 9 – приймач

Границя допустимої абсолютної похибки вимірювань часу поширення ультразвуку на стандартних зразках, що входять у комплект приладу, не повинна перевищувати значення:

$$\Delta = \pm (0,01\tau + 0,1),$$

де τ – час поширення ультразвуку, мкс.

Між бетоном і робочими поверхнями ультразвукових перетворювачів має бути забезпечений надійний акустичний контакт, для чого застосовують в'язкі матеріали (солідол, технічний вазелін тощо). Застосовують також перехідні пристрої або прокладки, що забезпечують сухий спосіб акустичного контакту.

Прилади для контролю міцності при прискореному твердненні бетону укомплектовують термостійкими перетворювачами, що кріплять на бортовому оснащенні форми, або акустичними зондами, що занурюються в бетонну суміш.

Вимірювання часу поширення ультразвуку в бетоні конструкцій виконується в перпендикулярному напрямку до ущільнення бетону і до робочої арматури. Відстань від краю конструкції до місця установлення ультразвукових

перетворювачів має бути не меншою ніж 30 мм. Концентрація арматури уздовж обраної лінії прозвучування не повинна перевищувати 5 %.

Допускається прозвучування уздовж лінії, розташованої паралельно до робочої арматури, якщо відстань від цієї лінії до арматури складає не менше ніж 0,6 від довжини бази.

Градувальна залежність встановлюється на основі даних паралельних випробувань одних і тих самих ділянок конструкцій ультразвуковим методом і методом відриву зі сколюванням або механічних випробувань зразків, що вирізані (вибурені) з відповідних ділянок.

Можливо також градувальну залежність "швидкість ультразвуку (v) – міцність" побудувати за результатами ультразвукових вимірювань на спеціально виготовлених бетонних зразках-кубах і механічних випробувань тих же зразків на стиск. Випробування здійснюють не менше ніж на 15 серіях зразків-кубів. Рекомендується випробовувати зразки при двох значеннях тривалості тверднення. В кожному віці випробовують не менше чотирьох серій зразків.

Час поширення ультразвуку в зразках при встановленні градувальної залежності "швидкість ультразвуку – міцність" вимірюють способом наскрізного прозвучування (рис. 7). Градувальну залежність " час – міцність", встановлюють при випробуванні конструкцій способом поверхневого прозвучування. допускається також використовувати градувальну залежність "швидкість – міцність" з врахуванням коефіцієнту переходу (2.64).

База прозвучування повинна бути не меншою ніж 100 мм. Допускається базу прозвучування зменшити до 70 мм при проведенні контролю дрібнозернистих бетонів і бетону на різних стадіях тверднення (швидкість ультразвуку менше ніж 2000 м/с).

Градувальні залежності встановлюють у вигляді графіка (або таблиці), побудованого за рівнянням:

- лінійного виду:

$$f_x = a_0 + a_1x, \quad (19)$$

при $f_{max} - f_{min} \leq 2 f_{cm} (60 - f_{cm}) / 100$;

- експоненціального виду:

$$f_x = b_0 e^{b_1 x}, \quad (20)$$

де f_x – міцність, МПа, x – швидкість, м/с поширення ультразвуку.

$$a_0 = f_{cm} - a_1 \cdot \bar{x}; \quad (21)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(f_i - f_{cm})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}; \quad (22)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(\ln f_i - \ln f_{cm})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}; \quad (23)$$

$$b_0 = e^{(\ln f_{cm} - b_1 \bar{x})}; \quad (24)$$

$$f_{cm} = \frac{\sum_{j=1}^N f_j}{N}; \quad (25)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^N X_j}{N} \quad (26)$$

$$\ln f_{cm} = \frac{\sum_{j=1}^N \ln f_j}{N}. \quad (27)$$

де f_{cm} – середня міцність зразків бетону, які випробовувались при встановленні градуовальної залежності, МПа;

N – число серій зразків, що випробовувались при встановленні градуовальної залежності;

f_j, x_j – одиничні значення міцності, МПа і швидкості поширення ультразвуку для j -ї серії зразків.

Коригування встановленої градууювальної залежності виконують шляхом відбракування одиничних результатів випробувань, що не відповідають умові (2.58).

Після відбракування градууювальну залежність повторно встановлюють за результатами випробувань, що залишилися.

Коригування градууювальної залежності проводять доти, поки всі одиничні результати випробувань будуть відповідати умові (2.58).

Похибку визначення міцності бетону за встановленими градууювальними залежностями обчислюють за формулою

$$S = \sqrt{S^2 + q^2 S_k^2}, \quad (28)$$

де S_k – середнє квадратичне відхилення коефіцієнта переходу (К). Якщо коефіцієнт переходу не використовують, то $S_k=0$.

$$q = \begin{cases} f_{cm} \ln \frac{f_{cm}}{b_0} \text{ для (2.68) } \\ f_{cm} - a_0 \text{ для (2.67) } \end{cases}. \quad (29)$$

Якщо $\frac{S}{f_{cm}} \cdot 100\% > 12\%$, то визначення міцності бетону за

цим стандартом не допускається.

Перевірку градууювальної залежності виконують не рідше одного разу у два місяці.

Виготовляють не менше шести серій зразків. У кожній серії зразків визначають одиничні значення швидкості ультразвуку v_j і міцність f_j .

Обчислюють середнє значення швидкості ультразвуку \bar{v} усіх зразків, що випробовуються для перевірки градууювальної залежності.

Розділяють серії зразків на дві групи. До першої групи відносять серії зразків, одиничні значення швидкості ультразвуку яких не перевищують $v_{m(n)}$. Усі інші серії відносять до другої групи.

В подальшому градууювальну залежність допускається до застосування при одночасному виконанні таких умов:

1) різниця $f_j - f_{j,v}$ не має однакового знаку в п'ятьох із шести послідовних серій зразків;

$$2) S_n < 1,5S_m, \text{ де } S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_j - f_{j,v})^2}{n-1}},$$

де n – число серій зразків, що випробовувались для перевірки градуовальної залежності;

3) різниця $f_j - f_{j,v}$ не має однакового знаку для серій зразків першої і другої груп.

При невиконанні хоча б однієї з умов, градуовальну залежність встановлюють повторно.

Значення міцності бетону, визначене з використанням градуовальної залежності, яка встановлена для бетону, що відрізняється від випробуваного, множать на коефіцієнт K_c , який розраховують за формулою:

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{\sum_{i=1}^n f_{i,v}}, \quad (30)$$

де f_i – міцність бетону в ділянці, що визначається методами відриву зі сколюванням або випробуванням кернів згідно з ДСТУ Б В.2.7-214;

f_i – міцність бетону, що визначається ультразвуковим імпульсним методом;

n – число ділянок, що приймається не менше трьох.

Уточнене значення міцності не повинно відрізнятися від середнього за градуовальною залежністю більше ніж на $\pm 30\%$, згідно ГОСТ 17624-87.

Приклад. 2. Розрахувати градуовальну залежність між швидкістю ультразвуку та міцністю. Міцність бетону класу С 20/25 контролювали у конструкції методом наскрізного прозвучування. Для встановлення градуовальної залежності між швидкістю ультразвуку та міцністю було випробувано протягом 5 діб 20 серій зразків-кубів розміром $100 \times 100 \times 100$ мм у віці від 4 до 8 год. після теплової обробки.

Результати випробувань наведені в табл. 4.

Середнє значення міцності (f_{cm}), МПа, та швидкості ультразвуку (\bar{v}), м/с складає:

$$f_{cm} = \frac{20,6 + 26,0 + \dots + 33,3}{20} = 27,79 ;$$

$$\bar{v} = \frac{4029 + 4371 + \dots + 4436}{20} = 4239,4 .$$

Таблиця 4

Результати випробувань бетону для встановлення градувальної залежності при ультразвуковому контролі міцності бетону

Номер серії	Швидкість ультразвуку, v_j , м/с	Міцність бетону, МПа			$\frac{f_{jI} - f_j}{S}$	
		за результатами на стиск, $f_{j\Phi}$	за градувальною залежністю f_{jH}		до відбракування	після відбракування
			до відбракування	після відбракування		
1	4029	20,6	21,35	21,26	0,27	0,27
2	4371	26,0	31,65	-	2,02	-
3	4080	22,0	22,89	22,92	0,32	0,37
4	4097	26,3	23,40	23,47	-1,04	-1,14
5	4116	21,1	23,97	23,09	1,03	1,21
6	4137	23,4	24,60	24,77	0,43	0,55
7	4136	26,0	24,57	24,74	-0,51	-0,51
8	4187	26,4	26,11	26,40	-0,10	0
9	4195	29,2	26,35	26,66	-1,02	-1,03
10	4248	25,5	27,94	28,38	0,87	1,16
11	4232	28,5	27,46	27,86	-0,37	-0,26
12	4285	25,0	29,06	29,58	1,45	1,85
13	4267	31,6	28,52	29,00	-1,10	-1,05
14	4037	21,7	21,59	21,52	-0,04	-0,07

продовження табл.4

Номер серії	Швидкість ультразвуку, v_j , м/с	Міцність бетону, МПа			$\frac{f_{ji} - f_j}{S}$	
		за результатами на стиск, $f_{j\phi}$	за градууювальною залежністю f_{jH}		до відбракування	після відбракування
			до відбракування	після відбракування		
15	4316	34,3	30,00	30,59	-1,54	-1,50
16	4352	30,5	31,08	31,76	0,21	0,51
17	4398	36,9	32,46	33,26	-1,59	-1,47
18	4393	34,5	32,31	33,09	-0,78	-0,57
19	4475	33,0	34,78	35,76	0,64	1,11
20	4436	33,3	33,60	34,49	0,11	0,48

Мінімальне та максимальне значення міцності складають: $f_{min}=20,6$ МПа і $f_{max}=36,9$ МПа (1 і 17 серії зразків). Оскільки $f_{max}-f_{min}=36,9-20,6=16,3$ МПа, тобто менше ніж $2 \cdot 27,79 \frac{60 - 27,79}{100} = 17,9$ МПа, то рівняння залежності, яку шукають, приймають лінійним:

$$f_x = a_0 + a_1 x.$$

Визначають коефіцієнти a_0 і a_1 за формулами (21 та 22):

$$a_1 = \frac{(27,79 - 20,6)(4239,4 - 4029) + (27,79 - 26,0)(4239,4 - 4371) + \dots}{(4239,4 - 4029)^2 + (4239,4 - 4371)^2 + \dots + (4239,4 - 4436)^2} = 0,0301;$$

$$a_0 = 27,79 - 0,0301 \cdot 4239,4 = -99,92 ;$$

Таким чином градууювальна залежність має вигляд $f_{ji}=0,0301v-99,92$. Значення міцності f_{jH} , розраховані за градууювальною залежністю, приведені в табл. 4.

Залишкове середнє квадратичне відхилення, яке визначене за формулою (1.2) складає:

$$S = \sqrt{\frac{(20,6 - 21,35)^2 + (26,0 - 31,65)^2 + \dots + (33,3 - 33,6)^2}{18}} = 2,8 \text{ МПа.}$$

Порівнюючи значення фактичної міцності f_j в серіях зразків із міцністю f_{jH} , яка визначена за градувальною залежністю встановлюють, що умова не виконується для серії 2, яка підлягає відбракуванню.

За 19 серіями зразків, які залишилися, розраховують нові значення f_j , \bar{v} і коефіцієнти скоректованої залежності a_0 і a_1 :

$$f_j = \frac{20,6 + 22,0 + \dots + 33,3}{19} = 27,88 \text{ МПа};$$

$$\bar{v} = \frac{4029 + 4080 + \dots + 4436}{19} = 4232,4 \text{ м/с};$$

$$a_1 = \frac{(27,88 - 20,6)(4232 - 4029) + (27,88 - 22,0)(4232,4 - 4080) + \dots}{(4232,4 - 4029)^2 + (4232,4 - 4080)^2 + \dots + (4232,4 - 4436)^2} = 0,0325;$$

$$a_0 = 27,88 - 0,0325 \times 4232,4 = -109,68.$$

Визначивши значення f_{jH} розраховують середнє квадратичне відхилення:

$$S = \sqrt{\frac{(20,6 - 21,26)^2 + (22,0 - 22,92)^2 + \dots + (33,3 - 34,49)^2}{17}} = 2,48 \text{ МПа}$$

Для скоригованої градувальної залежності

$$\frac{|f_{j,x} - f_j|}{S} \leq 2\% \text{ за усіма серіями зразків. Таким чином,}$$

подальше коригування проводити не потрібно і градувальна залежність, яку шукають, має вид:

$$f_H = 0,0325v - 109,68.$$

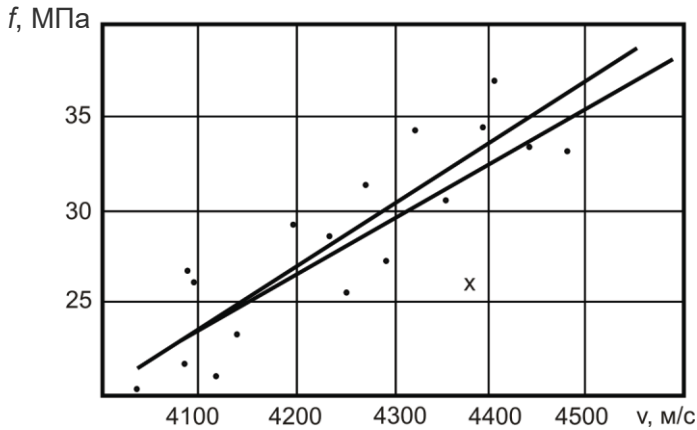


Рис. 10. Графіки градувальних залежностей
 - - - градувальна залежність до відбракування;
 — градувальна залежність скорегована;
 x – відбраковані результати випробувань

Графіки градувальних залежностей до і після коригування приведені на рис.10.

Питання для самоконтролю

1. Які є методи випробування міцності бетонів?
2. Які руйнівні методи випробування міцності бетонів при стиску?
3. Як здійснюють випробування міцності бетонів неруйнівними методами?
4. Які методи випробування деформативних властивостей бетонів?
5. Які методи випробування водостійкості та водонепроникності бетонів?
6. Які методи випробування морозостійкості бетонів?

7. Як здійснити випробування морозостійкості бетонів. Базові методи.
8. Як здійснити випробування морозостійкості бетонів. Прискорені методи.
9. Назвати загальні властивості розчинових сумішей і розчинів.
10. Назвати спеціальні властивості розчинів на основі сухих будівельних сумішей.
11. Яка форма зразків для визначення міцності бетону при стиску?
12. Яка форма зразків для визначення міцності бетону при згині?
13. Яка форма зразків для визначення міцності бетону при розтягу?
14. Назвати умови випробувань при методах місцевих руйнувань.
15. Назвати умови випробувань при методах ударної дії.
16. Назвати умови випробувань при ультразвуковому методі.
17. Яка форма зразків для випробування модуля пружності бетонів?
18. Яка форма зразків для випробування усадки бетонів?
19. Яка форма зразків для визначення міцності бетону при стиску?
20. Яка форма зразків для визначення міцності бетону при згині?
21. Яка форма зразків для визначення міцності бетону при розтягу?
22. Назвати умови випробувань при методах місцевих руйнувань.
23. Назвати умови випробувань при методах ударної дії
24. Назвати умови випробувань при ультразвуковому методі
25. Назвати форму зразків для випробування модуля пружності бетонів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дворкін Л. Й., Гоц В. І., Дворкін О. Л. Випробування бетонів і розчинів. Проектування їх складів : навчальний посібник. 2014. 397 с.
2. Болотских О. Н. Европейские методы физико-механических испытаний бетона / 1-е изд. Харьков : [Б. и.], 2010. 143 с
3. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л., Гарніцький Ю. В., Шестаков В. Л., Ніхаєва Л. І. Будівельне матеріалознавство (курс лекцій і практикум) : навч. посібник. Рівне : УДУВГГІ, 2002. 366 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-176:2008. (EN 206-1:2000, NEQ) Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови.
5. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Бетони правила контролю міцності.
6. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю.
7. ДСТУ Б В.2.7-226:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності.

ЗМІСТ

НЕРУЙНІВНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ БЕТОНУ		
1.	Загальні відомості	3
2.	Метод пружного відскоку	6
3.	Метод пластичних деформацій	7
4.	Методи місцевих руйнувань	8
5.	Градувальна залежність	13
6.	Ультразвуковий метод (ДСТУ Б В.2.7 – 226:2009)	21
	Література	35
	Зміст	36