



УДК 620.179.16



ГЛУХОВСЬКИЙ В.П.

Канд. технічних наук, зав. лаб., ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: gluhovsky@ndibk.gov.ua, тел.: +38 (050) 415-34-82, ORCID: 0000-0002-1342-7551



МАР'ЄНКОВ М.Г.

Д-р технічних наук, зав. відділу, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: n.maryenkov@ndibk.gov.ua, тел.: +38 (050) 415-36-03, ORCID: 0000-0001-8613-877X



САМОЙЛЕНКО С.М.

Инж. I кат., ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: S.Samoilenko@gmail.com, тел.: +38 (066) 497-49-62, ORCID: 0000-0002-8517-6990

ОЦІНКА МІЦНОСТІ МОНОЛІТНОГО БЕТОНУ В КОНСТРУКЦІЯХ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИПРОБУВАНЬ

АНОТАЦІЯ

В практичних роботах з ультразвукового контролю міцності на різних будівельних об'єктах в Україні авторами отриманий вагомий об'єм даних з фактичної однорідності міцності монолітного бетону в конструкціях. Встановлено, що при ультразвукових випробуваннях коефіцієнти варіації міцності бетону близькі до нормованого показника (13,5%) на більшості об'єктів.

Для зниження ризиків завищення класу міцності при оцінках результатів ультразвукових випробувань монолітного бетону запропонована методика уточненого врахування фактичної однорідності міцності в конструкціях.

Вона полягає в тому, що клас бетону призначається за середньою міцністю в контрольованій партії конструкцій при фактичному коефіцієнті варіації, що знаходиться в межах нормованого показника або розрахунковим шляхом при перевищенні фактичним коефіцієнтом варіації нормованого показника.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: монолітні залізобетонні конструкції, неруйнівні ультразвукові випробування, однорідність міцності, клас міцності бетону.

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА В КОНСТРУКЦИЯХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ИСПЫТАНИЙ

ГЛУХОВСКИЙ В.П. Канд. технических наук, зав. лаб., ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»,

г. Киев, Украина, e-mail: gluhovsky@ndibk.gov.ua, тел.: +38 (050) 415-34-82, ORCID: 0000-0002-1342-7551

МАРЬЕНКОВ Н.Г. Д-р технических наук, зав. отделом, ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»,

г. Киев, Украина, e-mail: n.maryenkov@ndibk.gov.ua, тел.: +38 (050) 415-36-03, ORCID: 0000-0001-8613-877X

САМОЙЛЕНКО С.М. Инж. I кат., ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций», г. Киев, Украина,



e-mail: S.Samojlenko@gmail.com,
тел.: +38 (066) 497-49-62,
ORCID: 0000-0002-8517-6990

АННОТАЦИЯ

В практических работах по ультразвуковому контролю прочности на различных объектах в Украине авторами получен большой объем данных о фактической однородности прочности монолитного бетона в конструкциях. Установлено, что при ультразвуковых испытаниях коэффициенты вариации прочности бетона близки к нормированному показателю (13,5%) на большинстве объектов.

Для снижения рисков завышения класса прочности при оценках результатов ультразвуковых испытаний монолитного бетона предложена методика уточненного учета фактической однородности прочности в конструкциях.

Она заключается в том, что класс бетона назначается по средней прочности в контролируемой партии конструкций при фактическом коэффициенте вариации, который находится в пределах нормированного показателя, или расчетным путем при превышении фактическим коэффициентом вариации нормированного показателя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: монолитные железобетонные конструкции, неразрушающие ультразвуковые испытания, однородность прочности, класс прочности бетона.

STRENGTH ASSESSMENT OF CAST-IN-SITU CONCRETE IN STRUCTURES USING THE RESULTS OF ULTRASONIC TEST

GLUHOVSKYY V.P. PhD., Head of laboratory, SE "The State Research Institute of Building Constructions", Kyiv, Ukraine,
e-mail: gluhovsky@ndibk.gov.ua,
tel.: +38 (050) 415-34-82,
ORCID: 0000-0002-1342-7551

MARIENKOV M.G. Dr., Head of Department, SE "The State Research Institute of Building Constructions", Kyiv, Ukraine,
e-mail: n.maryenkov@ndibk.gov.ua,
tel.: +38 (050) 415-36-03,
ORCID: 0000-0001-8613-877X

SAMOILENKO S.M. First category engineer, SE "The State Research Institute of Building Constructions", Kyiv, Ukraine,
e-mail: S.Samojlenko@gmail.com,
tel.: +38 (066) 497-49-62,
ORCID: 0000-0002-8517-6990

ABSTRACT

During practical activities of ultrasonic controlling the concrete strength at different sites in Ukraine,

the authors of the paper received a large amount of data on actual homogeneity of cast-in-situ concrete strength. It was established in ultrasonic tests that the variation coefficients of concrete strength are close to controlled indicator (13,5%) at the most sites. With the purpose of reducing risks of the concrete strength overstating in the assessment of ultrasonic test results, a refining procedure for actual homogeneity of structural strength was proposed. The procedure implies that the concrete class is determined using average strength of the controlled series of structures under the actual variation coefficient which lies within the limits of the controlled indicator or using calculations in case if actual variation coefficient of the controlled indicator is higher.

KEY WORDS: reinforced cast-in-situ structures, nondestructive ultrasonic test, homogeneity of strength, strength class of concrete.

ВСТУП

Накопичення в процесі будівництва поточних статистичних даних неруйнівних випробувань з визначення міцності монолітного бетону [1, 2] дозволяє оперативно встановлювати її відповідність проектним вимогам, а при значних відхиленнях з'ясувати негативні впливи і обґрунтувати заходи щодо їх мінімізації. Така інформація, застосована як вихідна, сприяє підвищенню достовірності результатів перевірених розрахунків конструкцій.

Одним з ключових параметрів при розрахунках є клас міцності бетону, що ґрунтується на характеристичній кубовій міцності з гарантованою забезпеченістю 0,95 і визначається з урахуванням фактичної однорідності міцності бетону в обстежених конструкціях. Характеристикою такої однорідності є коефіцієнт варіації, визначення якого потребує чітких і однозначних нормативних правил.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Наслідком можливих розбіжностей в оцінках однорідності при ультразвукових випробуваннях може бути відмінність у встановленні класів міцності бетону в конструкціях. Це потребує уточнення на основі аналізу нормативних вимог і фактичних експериментальних даних правил оцінки для виключення неоднозначних тлумачень і мінімізації впливу можливих похибок при визначенні однорідності.

Мета досліджень полягає в аналізі нормативних вимог і накопичених при науково-технічному супроводі будівництва та експлуатації будівель показників міцності для коригування методики визначення однорідності і її врахуванні при оцінці результатів випробувань монолітного бетону в конструкціях неруйнівним ультразвуковим методом.



РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основним нормативним документом, за яким виконується обробка результатів випробувань бетону на стиск, є правила контролю міцності [3]. Більшість положень цього стандарту стосуються організації статистичного контролю при виготовленні бетонної суміші і прийманню бетону з урахуванням його однорідності за міцністю. Вони не в повній мірі враховують особливості проведення неруйнівних випробувань, що позначається на складності оцінки результатів в частині визначення фактичних коефіцієнтів варіації міцності у виготовлених монолітних конструкціях.

Згідно правил контролю міцності неруйнівними методами [3] коефіцієнт варіації V визначається через середній квадратичний відхил S_m :

$$V = S_m / f_{cm} \quad (1)$$

де f_{cm} – середня міцність бетону в контрольованій партії.

$$S_m = \sqrt{s^2 + \frac{S_n^2}{p}} \text{ - для контрольованих конструкцій; } (2)$$

$$S_m = \frac{V_0}{V_n} S \text{ - для контрольованих ділянок, } (3)$$

де S – середньоквадратичний відхил за результатами випробувань неруйнівним методом;

S_n – середньоквадратичний відхил градуовальної залежності,

p – число контрольованих ділянок в конструкції;

V_0, V_n – коефіцієнти варіації для зразків, випробуваних відповідно навантаженням і неруйнівним методом, при встановленні градуовальної залежності.

Основними помилками у визначенні S_m за формулами (2) і (3) можна вважати неврахування або неточне введення поправок до серед-

ньоквадратичного відхилу міцності, визначеного неруйнівним методом. Вони залежать від вибору одиничних значень міцності (контрольована ділянка або конструкція), кількості одиничних значень, діапазону невизначеності застосованої градуовальної залежності.

Точно вирахувати поправки (S_n^2/p і V_0/V_n) можна лише при безумовному дотриманні методик побудови градуовальних залежностей згідно державних стандартів [1, 2]. На практиці це часто не виконується через складність оцінки похибки визначення міцності бетону за цими залежностями, а також через вимоги щодо їх перевірки (не рідше одного разу у два місяці).

Вплив цих поправок на оцінку однорідності достатньо вагомий. Так, наприклад, для практичної градуовальної залежності «швидкість-міцність», встановленої за всіма вимогами [1] на 45 зразках-кубах з залишковою похибкою в одинадцять відсотків $S_n^2/p = 0,47S$ (для числа контрольованих ділянок в конструкції $p=2$), а $V_0/V_n = 1,4$. Тобто неврахування цих поправок призведе до заниження визначеного коефіцієнта варіації на 40-47%, що в свою чергу може підвищити розрахунковий клас міцності бетону.

В стандарті [3] також не зовсім коректним виглядає пункт 6.7, де зазначено, що під час контролю міцності бетону на будівельному майданчику коефіцієнт варіації приймають згідно з документом про якість бетонної суміші. В багатьох випадках ним підміняється фактичний коефіцієнт варіації. Це стосується як прогнозованої міцності за даними паспортів, так і контролю міцності бетону в зведених монолітних конструкціях.

Зокрема, в паспортах якості поставники бетонної суміші часто вказують клас бетону і відповідну необхідну міцність за заводським коефіцієнтом варіації (в більшості 8%). Але в умовах монолітного будівництва складно забезпечити таку однорідність, через що при врахуванні реального коефіцієнта варіації за результатами випробувань встановлюється нижчий в

Таблиця 1 Фактичні коефіцієнти варіації при контролі міцності бетону в конструкціях в межах поверхів

| Тип конструкцій | м. Одеса, Французький бульвар (23-х поверховий будинок) | | | | | | | |
|-------------------|--|----|----|----|----|----|----|----|
| | поверх | | | | | | | |
| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| | Коефіцієнт варіації міцності бетону, % | | | | | | | |
| Колони | 12 | 12 | 9 | 10 | 10 | 9 | 12 | 13 |
| Діафрагми | 12 | 13 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| Плити перекриттів | 13 | 16 | 11 | 10 | 14 | 15 | 11 | 10 |



Таблиця 2 Фактичні коефіцієнти варіації при контролі міцності бетону різних типів конструкцій

| Тип конструкцій | м. Одеса, Фонтанська дорога | | | | | | м. Одеса, вул. Жаботинського | м. Київ, пр. Оболонський |
|--|-----------------------------|----|----|------------|----|----|------------------------------|--------------------------|
| | будинок №1 | | | будинок №3 | | | | |
| | блок | | | | | | | |
| | А | Б | В | А | Б | В | | |
| | поверх | | | | | | | |
| | підвал, 1, 3, 9, 14, 15, 21 | | | | | | підвал, 1, 3, 7, 13, 19, 27 | 1, 6 |
| Коефіцієнт варіації міцності бетону, % | | | | | | | | |
| Колони і діафрагми | 17 | 16 | 16 | 14 | 16 | 14 | 9 | 8 |
| Плити перекриттів | 14 | 11 | 11 | 14 | 11 | 11 | 8 | 13 |

порівнянні з заявленим клас міцності бетону. Така неоднозначність потребує уточнення в стандарті [3] пункту 6.7 стосовно його відношення тільки до однорідності міцності бетонної суміші.

В практичних роботах з ультразвукового контролю при супроводах висотного будівництва в м. Києві, в м. Одесі, а також на інших об'єктах в різних містах України авторами отриманий вагомий об'єм даних з фактичної однорідності міцності бетону.

Як приклад, в таблицях 1 і 2 наведено фактичні коефіцієнти варіації, що розраховані за методикою [3] при одиничних показниках, що відповідають середнім значенням міцності бетону на ділянках випробувань. Ці дані були отримані в роботах з визначення міцності бетону в монолітних конструкціях ультразвуковим методом. При цьому в статистичну обробку не включались конструкції, міцність в яких була нижчою від середніх показників на тридцять і більше відсотків. Їх експлуатаційна надійність аналізувалась окремо.

Однорідність бетону оцінювалась для конструкцій з однаковими проектними показниками міцності бетону як в межах поверхів (табл. 1), так і в цілому по обстежених зонах будівель (табл. 2).

Величина коефіцієнту варіації міцності бетону, що наведена в табл. 1 і 2 її середнє значення (12,3%) тотожні до аналогічних показників, отриманих на інших об'єктах. Вони вказують на те, що фактичні коефіцієнти варіації в монолітних конструкціях близькі до нормованого показника 13,5%. Це, а також врахування гарантованих поставок на будівництво бетонної суміші з неоднорідністю в межах 8-13,5% дає підстави вважати наведені результати характерними для виготовлених монолітних залізобетонних

конструкцій. Таке припущення дозволяє в практичних роботах зменшити вплив похибок визначення середнього квадратичного відхилення S_m за формулами (2) і (3).

Пропонується для конструкцій, де фактичні коефіцієнти варіації V знаходяться в межах нормованого показника (13,5%), клас бетону призначати за середньою міцністю f_{cm} в контрольованій партії згідно табл. 3.1 ДБН В.2.6-98 [4].

При перевищенні нормованого показника розрахунковий клас міцності бетону C_p визначається за формулою

$$C_p = f_{cm} (1 - 1,64V). \quad (4)$$

Фактичний клас міцності бетону (C) для цих конструкцій приймається таким, що відповідає найближчому меншому за номінальною шкалою в порівнянні з розрахунковим значенням (C_p).

Слід зазначити, що застосування фіксованої величини середньоквадратичного відхилення при неруйнівних випробуваннях нормоване в стандарті ДСТУ Б EN 13791 [5]. При визначенні характеристичної міцності бетону приймається більше значення серед фіксованого показника і величини стандартного відхилення результатів випробувань. Застосування постійного відхилення міцності для всього діапазону класів видається не зовсім коректним з урахуванням того, що кожному класу відповідає своя середня міцність. Такою величиною, що пов'язує середню міцність зі стандартним відхиленням, є коефіцієнт варіації міцності бетону у формулі (1).

Запропонована методика дозволяє знизити ризики завищення класу міцності при оцінках результатів ультразвукових випробувань зведених монолітних конструкцій.



ВИСНОВКИ

1. Розглянуті можливі похибки визначення однорідності міцності бетону та їх вплив на оцінку результатів неруйнівних випробувань монолітних конструкцій.
2. Проаналізовані фактичні коефіцієнти варіації при неруйнівних ультразвукових випробуваннях міцності монолітного бетону і показана їх близькість до нормованого показника однорідності 13,5%.
3. Для зниження ризиків завищення класу міцності при оцінках результатів ультразвукових випробувань монолітних конструкцій запропоновано клас бетону призначати:
 - за середньою міцністю в контрольованій партії при фактичному коефіцієнті варіації, що знаходяться в межах нормованого показника (13,5%);
 - розрахунковим шляхом при перевищенні фактичним коефіцієнтом варіації нормованого показника (13,5%).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності: ДСТУ Б В.2.7-226:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – V, 27 с. – (Держ. стандарт України).
2. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю: ДСТУ Б В.2.7-220:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – IV, 20 с. – (Держ. стандарт України).
3. Бетони. Правила контролю міцності: ДСТУ Б В.2.7-224:2009. – [Чинний від 2010-09-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – IV, 23 с. – (Держ. стандарт України).
4. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинні від 2011-06-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2011. – 71 с. – (Буд. норми України).
5. Оцінка міцності бетону на стиск в конструкціях і збірних елементах (EN 13791:2007, IDT): ДСТУ Б EN 13791:2013. – [Чинний від 2014-01-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2013. – X, 34 с. – (Держ. стандарт України).

REFERENCES

1. Concretes. Ultrasonic method of strength determination: DSTU B V.2.7-226:2009. – [Legal from 2010-09-01]. – K.: DP "Ukrarkhbudinform", 2010. – V, 27 p. [in Ukrainian].
2. Building materials. Concretes. Determination of strength by mechanical methods of nondestructive testing: DSTU B V.2.7-220:2009. – [Legal from 2010-09-01]. – K.: DP "Ukrarkhbudinform", 2010. – IV, 20 p. [in Ukrainian].
3. Concretes. Rules for the strength control: DSTU B V.2.7-224:2009. – [Legal from 2010-09-01]. – K.: DP "Ukrarkhbudinform", 2010. – IV, 23 p. [in Ukrainian].
4. Concrete and reinforced concrete structures. Basic conditions: DBN B.2.6-98:2009. – [Legal from 2011-06-01]. – K.: DP "Ukrarkhbudinform", 2011. – 71 p. [in Ukrainian].
5. Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components (EN 13791:2007, IDT): DSTU B EN 13791:2013. – [Legal from 2014-01-01]. – K.: DP "Ukrarkhbudinform", 2013. – X, 34 p. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 12.11.2018 р.