Doi: https://doi.org/10.33644/2313-6679-1-2024-6

УДК 691.3

ШЕЙНІЧ Л.О.
Доктор техн. наук, професор, завідувач відділу, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: schein@ndibk.gov.ua
тел.: +38 (044) 248-88-73
ORCID ID: 0000-0002-7684-9495

ПУШКАРЬОВА К.К.
Доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри будівельних матеріалів, Київський національний університет будівництва і архітектури,
м. Київ, Україна
e-mail:pushkarova.kk@knuba.edu.ua
тел. : +38 (067) 174-68-06
ORCID ID: 0000-0001-7640-8625

ПРИЙМАЧЕНКО А.С.
канд. техн. наук,
директор ТОВ «МЦ Баухемі»
e-mail:Artem.Pryymachenko@mc-bauchemie.ua
тел.: +38 (067) 406-07-94

ЧАЙКОВСЬКИЙ В.В.
технолог ТОВ «МЦ Баухемі»
e-mail:Vitaliy.Chaikovskiy@mc-bauchemie.ua
тел.: +38 (067) 363-34-64

ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ МІЦНОСТІ БЕТОНУ НА СТИСК ЗА УКРАЇНСЬКИМИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИМИ СТАНДАРТАМИ

АНОТАЦІЯ

Розглянуто питання оцінки відповідності міцності бетону на стиск за національними та європейськими стандартами. Показано, що марка бетону за міцністю, яка використовувалась на теренах колишнього СРСР, не гарантувала відповідної міцності бетону у виробах, що виготовляються на підприємстві, оскільки не враховувала фактичну однорідність властивостей, і тому перехід від марок до класів за міцністю на стиск слід розглядати як прогресивний крок, що дозволяє підвищити однорідність бетону та стабільність його показників.

За EN 206-1, ДСТУ EN 206:2018 та ДБН В.2.6-98 клас бетону за міцністю при стиску визначається за показником характеристичної міцності, яка гарантується із забезпеченістю 95%, Таким чином, зі 100 випробувань показники 95 випробувань перевищують значення характеристичної міцності бетону, а від цього відштовхуються подальші розрахунки як при проектуванні будівельних об'єктів, так і при їх технологічному виконанні, а саме: необхідної міцності бетону, середньої міцності, визначення відповідності міцності бетону критеріям відповідності.

Наведені основні методики оцінки відповідності міцності бетону на стиск заданому класу за національними та європейськими стандартами. Проведено аналіз статистичних вимог до показників міцності бетонів згідно з національними і європейськими нормативними документами та встановлено, що їх виконання забезпечує отримання продукції необхідної якості.

Показано, що значення середньоквадратичного відхилу характеризує абсолютну мінливість параметра, що вивчається, а коефіцієнт варіації, який дорівнює відношенню середньоквадратичного відхилу до середнього арифметичного значення параметра (наприклад, міцності), характеризує відносну мінливість. Тобто, використання коефіцієнта

варіації дозволяє оцінити стабільність роботи (якість організації виробництва) на різних технологічних лініях виробництва бетонних сумішей, порівнюючи між собою однорідність міцності бетонів різних класів.

Згідно з європейськими вимогами визначення мінімальної міцності бетону при безперервному виробництві для отримання необхідного його класу виконується за двома критеріями: критерій 1: $f_{cm} \geq f_{ck}+1{,}48\sigma$, та критерій 2: $f_{cm.} \geq f_{ck} - 4$.

Найбільше значення для отримання бетону необхідної міцності має перший критерій, оскільки останній ґрунтується на статистичних залежностях, які формують визначення класу міцності бетону при стиску.

Проведено розрахунки визначення відповідності бетону заданому класу за європейськими та українськими стандартами при різних значеннях середньоквадратичного відхилу, а відповідно різних коефіцієнтах варіації. Отримані результати подібні, мають незначні розбіжності, а отже перехід на європейські норми оцінки якості бетону не повинен викликати жодних проблем.

Таким чином, враховуючи поступовий перехід нормативної бази України до європейської, доцільно переглянути ДСТУ Б В.2.7-224 з введенням в нього вимог EN 206-1.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: клас бетону, характеристична міцність, середня міцність за стиском, бетон, ДСТУ EN 206:2018

CONFORMITY ASSESSMENT OF CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH ACCORDING TO UKRAINIAN AND EUROPEAN STANDARDS

ABSTRACT

The issues of assessing the compliance of concrete compressive strength according to national and European standards are considered. It is shown that the concrete strength grade, which was used in the territory of the former USSR, did not guarantee the corresponding strength of concrete in products produced at the enterprise, since it did not take into account the actual uniformity of properties and therefore the transition from grades to classes of compressive strength should be considered as a progressive step that allows you to increase the homogeneity of concrete and the stability of its performance.

According to EN 206-1, DSTU EN 206:2018 and DBN V.2.6-98, the class of concrete in terms of compressive strength is determined by the characteristic strength indicator, which is guaranteed with a 95 % probability, thus, out of 100 tests, the indicators of 95 tests exceed the value of the characteristic strength of concrete. From this further calculations are based both in the design of construction projects and in their technological implementation, namely: the required strength of concrete, average strength, determining whether the strength of concrete meets the compliance criteria.

The main methods for assessing the compliance of the strength of concrete at a joint with a given class according to national and European standards are presented. An analysis of statistical requirements for the strength properties of concrete was carried out in accordance with national and European regulatory documents. It was found that their implementation ensures the production of the required quality.

It is shown that the value of the standard deviation characterizes the absolute variability of the parameter being studied, and the coefficient of variation, equal to the ratio of the standard deviation to the arithmetic mean value of the parameter (for example, strength), characterizes the relative variability. That is, the use of the coefficient of variation makes it possible to evaluate the stability of work (the quality of production organization) on different technological lines for the production of concrete mixtures, comparing the uniformity of strength of concrete of different classes.

According to European requirements, the determination of the minimum strength of concrete during continuous production to obtain the required class is carried out according to two criteria: criterion 1: $f_{cm} \geq f_{ck}+1{,}48\sigma$, and criterion 2: $f_{cm.} \geq f_{ck} - 4$.

Calculations were carried out to determine the compliance of concrete with a given class according to European and Ukrainian standards at different values of the standard deviation, and, accordingly, different coefficients of variation. The results obtained are similar and have minor differences, which means that the transition to European standards for assessing the quality of concrete should not cause any problems.

Thus, taking into account the gradual transition of the regulatory framework of Ukraine to the European one, it is advisable to revise DSTU B V.2.7-224 with the introduction of the requirements of EN 206-1.

KEYWORDS: class of concrete, characteristic strength, average compressive strength, concrete, DSTU EN 206:2018

ВСТУП

Основною вимогою до будівельних об'єктів є їх безпечна експлуатація. Для цього при їх проектуванні закладають відповідні вимоги, тобто забезпечують запаси значень певних властивостей. Це стосується також і міцності бетону. Основний параметр бетону – міцність при стиску, пов'язаний кореляційними залежностями з міцністю при розтягу, зрізі, сколюванні. Основний стандартний показник міцності бетону при стиску – так звана кубікова міцність, що враховується при проектуванні складів бетонних сумішей і при проведенні потокового виробничого контролю при виробництві бетонних сумішей та виробів на їх основі.

Певний час міцність бетону оцінювали марками. Марку бетону визначали випробуванням еталонних трьох зразків-кубів з ребром 150 мм після 28 діб

твердіння за нормальних умов (відносна вологість не менше 95 %, температура – 20 ±2°С). Отримане середнє арифметичне за результатами 3-х випробувань приймали як значення межі міцності при стиску, якщо кожен з цих результатів відрізнявся від середнього не більше ніж на 15 %; в іншому випадку кінцевим результатом було середнє арифметичне з двох найбільших результатів. При цьому в жодній з випробуваних серій зразків середнє значення межі міцності при стиску не повинно бути нижче марки, що запроектована.

Марка за міцністю не гарантувала відповідної міцності бетону у виробах, що виготовляються на підприємстві, оскільки не враховувала фактичну однорідність міцності; запроектована міцність досягалась у 50 випадках із 100 (значення міцності бетону досягалось із забезпеченістю 50 %) [1].

Перехід від марок до класів за міцністю на стиск є прогресивним кроком в системі нормування та реалізації фактичних показників бетону і дозволяє підвищити однорідність бетону та стабільність його показників. Для цього використовують контроль виробництва бетону з використанням методів статистики.

Для визначення міцності бетону на стиск у віці 28 діб можна використовувати циліндричні зразки діаметром 150 мм, заввишки 300 мм ($f_{ck.cyl}$) або зразки-куби з довжиною ребра 150 мм ($f_{ck.cube}$) [2].

У Великобританії, США та деяких інших країнах визначають міцність бетону при випробуванні зразків-циліндрів, а в Європейському союзі [3] та в Україні [4, 5] – при випробуванні зразків-кубів.

ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

При визначенні класу бетону при стиску найчастіше застосовують такі статистичні характеристики як середнє арифметичне, середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації.

Середнє арифметичне характеризує відношення суми всіх зафіксованих значень параметра, що входить у дану сукупність, до кількості його значень.

Середнє квадратичне відхилення означає середнє квадратичне різниць між отриманими даними та середнім значенням для однієї вибірки, що розглядається. Цей показник вказує границі мінливості параметра, що визначається (міцності), тобто ступінь відхилення його значень щодо середнього [6].

Середнє квадратичне визначається за формулою:

$$S^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i}^{n}(x_i - \overline{x})^2, \qquad (1)$$

де x_i – одиничні результати випробування, наприклад, показники міцності при стиску бетону; $\overline{x}$ - середнє значення показників для однієї вибірки.

Якщо підставити показники міцності, то формула виглядає наступним чином:

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(f_{ci} - f_{c,cube})^2}{n-1}} \qquad (2)$$

де f_{ci}- одиничні результати випробування зразків бетону на міцність при стиску; $f_{c,cube}$ - середнє значення міцності бетону при стиску для однієї вибірки.

$f_{c,cube} = f_{cm}$ (це позначення середньої міцності бетону за EN 206-1).

Для невеликих вибірок середнє квадратичне може визначатися за спрощеною залежністю:

$$S = \frac{(x_{\max} - x_{\min})}{K}, \qquad (3)$$

де x_{max} – максимальне значення показника, наприклад міцності при стиску; x_{min} – мінімальне значення того ж показника.

Якщо підставити вищенаведені показники міцності, то рівняння буде виглядати наступним чином:

$$S = \frac{(f_{ci\max} - f_{ci\min})}{K}, \qquad (4)$$

де K – коефіцієнт, що залежить від об'єму вибірки (табл. 1)

Таблиця 1 – Залежність коефіцієнта К від об'єму вибірки

n	2	3	4	5	6
K	1,13	1,69	2,06	2,33	2,50

Коефіцієнт варіації (V) – відносна величина, яка не залежить від абсолютних значень вибірки. Цей показник служить для характеристики розсіяння (мінливості) ознаки. Являє собою відношення середнього квадратичного відхилення s до середнього арифметичного і виражається у відсотках:

$$V = \frac{S}{\overline{x}}. \qquad (5)$$

Підставляючи вищенаведені показники середньої міцності бетону коефіцієнт варіації розраховується як відношення:

$$V = \frac{S}{f_{c,cube}}. \qquad (6)$$

Якщо середнєквадратичне відхилення характеризує абсолютну мінливість параметра, що вивчається, то коефіцієнт варіації, який дорівнює відношенню середньо квадратичного відхилення до середнього арифметичного значення параметра, характеризує відносну мінливість.

Коефіцієнт варіації застосовується тоді, коли необхідно порівняти мінливість ознак об'єкта, які виражені в різних одиницях вимірювання, тобто його можна застосовувати для порівняння різних вибірок. В технології бетону він використовується

для характеристики однорідності міцності бетону, якості роботи технологічної лінії тощо.

В Україні, як і в країнах Європи, використовують клас міцності бетону при стиску, що оцінюється показником характеристичної міцності бетону $f_{ck.cube}$, яка гарантується із забезпеченістю 95 %. Таким чином, зі 100 випробувань – показники 95 випробувань перевищують значення характеристичної міцності бетону, а від цього відштовхуються подальші розрахунки як при проектуванні будівельних об'єктів, так і при їх технологічному виконанні, а саме: необхідної міцності бетону, середньої міцності, визначення відповідності міцності бетону критеріям відповідності.

У 90-х роках в українських стандартах клас міцності бетону при стиску позначався латинською літерою «В», наприклад В25. Згідно сучасної класифікації класи бетону позначаються латинською літерою «С», наприклад С 20/25, де через косу риску спочатку наводиться характеристична міцність бетону, що визначена на зразках-циліндрах, а потім – характеристична міцність, що визначена на зразках-кубах.

Відповідно до цього існують різні методики розрахунку конструкцій та різні методики оцінки відповідності міцності бетону заданому класу. Слід зазначити, що показник характеристичної міцності бетону завжди менше показника реальної міцності.

Для визначення співвідношення між характеристичною міцністю та реальною міцністю в Україні використовують коефіцієнт варіації, а в Європі – два критерії, причому найбільш консервативним критерієм є критерій, що передбачає використання середньо квадратичного відхилу для розрахунку середнього значення міцності f_{cm}.

Так, в країнах Європи визначають клас бетону за допомогою наступної залежності [7]:

$$f_{cm} - 1,64S \geq f_{ckcube} \ , \qquad (7)$$

де $f_{ck.cube}$ – показник характеристичної міцності бетону; f_{cm} – середня міцність бетону; S - середньо квадратичний відхил.

Якщо f_{cm} винести за дужки, то після простих перетворень отримуємо відому залежність, що широко застосовується в українській нормативній базі [7, 9, 10] :

$$C(f_{ckcube}) = f_{cm}(1 - 1,64V_c) \ , \qquad (8)$$

де V_c – коефіцієнт варіації, який дорівнює відношенню середнього квадратичного відхилу S до середнього арифметичного значення міцності, S/f_{cm} і виражається у відсотках. Часто коефіцієнт варіації позначають ще як C_v.

Вважається, що значення коефіцієнта варіації менше 6 % свідчить про відмінну однорідність бетону, а значення вище 13,5 % – недопустимі.

Таким чином, як в європейській спеціальній літературі, так і в українській, використовують для визначення класу міцності бетону за стиском одну й ту саму статистичну залежність, але яка представлена по-різному.

Перевіряння відповідності – це поєднання рішень і дій, що виконуються згідно з прийнятими заздалегідь правилами визначення відповідності бетонної суміші і бетону певним вимогам. Перевіряння відповідності є невід'ємною частиною виробничого контролю. Методики перевіряння відповідності згідно з національними і європейськими вимогами відрізняються.

Згідно національними вимогами [10] перевіряння відповідності здійснюється із застосуванням такого поняття як партії бетону та наступного планування їх якості на майбутній період виробництва, спираючись на даних, отриманих за попередній період.

При здійсненні перевіряння широко застосовуються методи статистики, що дозволяє проводити достатньо ефективно перевірку відповідності та керувати процесом отримання якісної продукції. Згідно з цією методологією сьогодні здійснюється виробництво бетонної суміші, що забезпечує отримання бетону необхідної міцності відповідно до вимог, і в основі цього процесу закладено перевіряння відповідності.

ДСТУ Б В.2.7-224 [10] при плануванні виробництва партії бетону для виготовлення залізобетонних конструкцій передбачено два періоди їх виробництва:

- аналізований період – період часу, за який обчислюють середній за партіями коефіцієнт варіації міцності;
- контрольований період – період часу, протягом якого необхідну міцність бетону приймають постійною відповідно до коефіцієнта варіації за попередній аналізований період.

Тобто, аналізований період – це період визначення коефіцієнта варіації за якийсь час, а контрольований – це час майбутнього виробництва, на який планують використовувати отриманий фактичний коефіцієнт варіації за аналізований період.

Партія бетонної суміші – це об'єм бетонної суміші, що виготовлена на одному технологічному комплексі за регламентований час.

При контролі за зразками до складу партії бетону може включатися бетон однієї або декількох партій конструкцій, що утворені згідно з чинними стандартами або технічними умовами на ці конструкції.

Враховуючи поступовий перехід України на європейські норми, є доцільним дати більш конкретне визначення партії бетону, вказавши її об'єм та час відбору у відповідності до європейських норм, наприклад, для початкового виробництва з перших 50 м^3 необхідно відібрати не менше 3 проб. Наприклад, для несертифікованого виробництва відбирають не менше однієї проби в день або, якщо об'єм виготовленої бетонної суміші перевищує

150 м^3 – по одній пробі на кожні 150 м^3. Відбирання проб необхідно рівномірно розподіляти по всьому об'єму бетонної суміші, при цьому відбирають не більше однієї проби з 25 м^3 (табл. 2).

Об'єм однієї проби бетонної суміші за EN 12350 повинен у 1,5…2 рази перевищувати об'єм зразків, які будуть виготовлені. Із проби виготовляють задану кількість серій зразків. Одна серія, як правило, складається з 3-х зразків [11].

Тривалість аналізованого періоду для визначення характеристик однорідності бетону установлюють від одного тижня до 2 місяців.

Число одиничних значень міцності бетону протягом цього періоду повинно складати не менше 30 (п. 6.1, ДСТУ Б В.2.7-224 [9]).

Протягом аналізованого періоду обчислюють середнє квадратичне відхилення s_m і коефіцієнт варіації V_c міцності. Вказані характеристики обчислюються для всіх видів нормованої міцності, що підлягають контролю.

Коефіцієнт варіації міцності бетону в партії V_c, у відсотках, обчислюють за формулою [п. 6.5 ДСТУ Б В.2.7-224]:

$$V_c = \frac{S_m}{f_{c,cube}} \cdot 100\% \ , \qquad (9)$$

де $f_{c,cube} = f_{cm}$ – це середнє значення міцності бетону.

Необхідна міцність бетону – мінімально допустиме значення фактичної міцності бетону в партії, що встановлюється лабораторіями підприємств відповідно до досягнутої її однорідності

Необхідну міцність бетону для наступного контрольованого періоду розраховують за формулою:

$$f_c = k_t \cdot C_n \, , \qquad (10)$$

де C_n ($f_{ck.cyl/cube}$) – характеристична міцність бетону, яка залежить від класу бетону; k_t – коефіцієнт необхідної міцності бетону, приймається згідно з табл. 2

Таблиця 2 – Мінімальна частота проведення випробувань для оцінювання відповідності (згідно ДСТУ Б В.2.7-176:2008)

Виробництво	Мінімальна частота відбирання проб		
	Перші 50 м^3 бетонної суміші	Після перших 50 м^3 бетонної суміші[1)]	
		Виробництво з сертифікованою системою якості продукції	Виробництво без сертифікованої системи якості продукції
Початкове (до отримання, принаймні, 35 результатів випробувань)	3 проби	1/200 м^3 або 2 за робочий тиждень	1/150 м^3 або 1 за робочу добу
Безперервне[2)] (після отримання, принаймні, 35 результатів випробувань)	-	1/400 м^3 або 1 за робочий тиждень	

[1)] Відбирання проб необхідно розподіляти рівномірно по всьому обсягу виробництва і відбирати не більше однієї проби на 25 м^3 бетонної суміші.

[2)] Якщо стандартний відхил останніх 15 результатів випробувань перевищує 1.37σ, де σ є стандартний відхил, отриманий на початковій стадії, частоту випробувань необхідно збільшити до частоти, передбаченої для початкової стадії виробництва, до отримання наступних 35 результатів випробувань.

ДСТУ Б В.2.7-224 залежно від середнього значення групового коефіцієнта варіації міцності бетону V_c.

Згідно з EN 206-1 після початку виробництва розрізняють початкову стадію виробництва та безперервне виробництво [3].

Початкова стадія виробництва триває доти, поки не буде отримано, принаймні, 35 результатів випробувань.

Під час безперервного виробництва виробник може використовувати план вибіркових випробувань і критерії як для початкового виробництва. Мінімальна частота відбирання проб і випробувань бетону повинна відповідати EN 206-1 з відбиранням найбільшої кількості проб як для початкової стадії, так і для безперервного виробництва (табл. 3).

Якщо два або більше зразків виготовлені з однієї проби бетону і якщо результати їх випробування відрізняються більше ніж на 15 % від середнього значення, то такий результат не повинен враховуватися і повинна бути встановлена причина цього відхилення.

Оцінка відповідності міцності бетону заданим вимогам виконується за період, що не перевищує останні 12 місяців.

Відповідність міцності бетону на стиск оцінюється на зразках, що випробувані після 28 діб твердіння

Таблиця 3 – Значення коефіцієнта необхідної міцності k_t для бетонів усіх видів (згідно з ДСТУ Б В.2.7-224)

Коефіцієнт варіації міцності бетону, V_{cm}, %	Значення коефіцієнта необхідної міцності k_t для бетонів			
	для усіх видів (крім щільних силікатних, ніздрюватих) і конструкцій, окрім масивних гідротехнічних	для щільного силікатного бетону	для автоклавного ніздрюватого бетону	для масивних гідротехнічних конструкцій
6 і менше	1,07	1,06	1,08	1,09
7	1,08	1,07	1,09	1,10
8	1,09	1,08	1,10	1,11
9	1,11	1,09	1,12	1,13
10	1,14	1,12	1,13	1,14
11	1,18	1,14	1,14	1,16
12	1,23	1,18	1,17	1,18
13	1,28	1,22	1,22	1,20
13,5	1,31	1,25	1,24	1,21
14	1,33	1,27	1,26	1,22
15	1,38	1,33	1,32	1,23
16	1,43	1,39	1,37	1,25
17		1,46	1,43	1,28
18			1,50	1,32
19			1,57	1,36
20	Область недопустимих значень k_t			1,39
21 і більше				

Таблиця 4 – Кількість результатів випробування та критерії підтвердження відповідності міцності бетону на стиск

Виробництво	Кількість результатів випробувань міцності на стиск у групі, n	Критерій 1	Критерій 2
		Середнє значення за n результатами f_{cm}, МПа	Будь-який окремий результат випробувань f_{ci}, МПа
Початкове	3	$\geq f_{ck} + 4$	$\geq f_{ck} - 4$
Безперервне	≥15	$\geq f_{ck} + 1{,}48\sigma$	$\geq f_{ck} - 4$

Примітка. f_{ck} – характеристична міцність бетону, що дорівнює його класу із забезпеченістю 95 %; σ – стандартне відхилення.

для:

- групи з «*n*» зразків за середнім значенням результатів випробувань f_{cm} (критерій 1);
- кожного окремого результату випробувань f_{ci} (критерій 2).

Відповідність міцності бетону заданій міцності підтверджується, якщо результати випробувань відповідають обом критеріям, наведеним у табл. 4, як для початкової стадії виробництва бетону даного складу, так і для подальшого виробництва (п.п. 8.2.1.3 EN 206-1 [3]). Критерії відповідності базуються на припущенні, що результати випробувань мають між собою деякі відхилення.

Результати розрахунку відповідності міцності бетону заданому класу за українськими та європейськими стандартами при різних стандартних відхиленнях та

Таблиця 5 – Визначення відповідності бетону заданому класу за європейськими та українськими стандартами при різних значеннях стандартного відхилу

Клас бетону	Характеристична міцність бетону, f_{ck} (МПа)	Середньо квадратичне відхилення, S або σ	Коефіцієнт варіації міцності бетону, V_c	Середня міцність бетону f_{cm}, МПа, згідно з			
				ДБН В.2.6-98 $f_{cm} = f_{ck}/(1-1{,}64V)$	ДСТУ EN 206:2018		ДСТУ Б В.2.7-224 fcm ≥ fc (fc= kt Cn)
					Критерій 1 fcm ≥ fck+1,48σ	Критерій 2 $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$	
C8/10	10	0,67	0,06	11,1	11	+	10,7
		0,92	0,08	11,5	11,4	+	10,9
		1,73	0,135	12,8	12,6	+	13,1
C12/15	15	1	0,06	16,6	16,5	+	16,1
		1,38	0,08	17,3	17	+	16,4
		2,61	0,135	19,3	18,9	+	19,7
C16/20	20	1,33	0,06	22,2	22	+	21,4
		1,84	0,08	23	22,7	+	21,8
		3,47	0,135	25,7	25,1	+	26,2
C20/25	25	1,66	0,06	27,7	27,5	+	26,8
		2,3	0,08	28,8	28,4	+	27,3
		4,33	0,135	32,1	31,4	+	32,8
C30/35	35	2,33	0,06	38,8	38,4	+	37,5
		3,22	0,08	40,3	39,8	+	38,2
		6,08	0,135	45	44	+	45,9
C32/40	40	2,66	0,06	44,4	43,9	+	42,8
		3,68	0,08	46	45,4	+	43,6
		6,94	0,135	51,4	50,3	+	52,4
C35/45	45	2,99	0,06	49,9	49,4	+	48,2
		4,14	0,08	51,8	51,1	+	49,1
		7,8	0,135	57,8	56,5	+	59
C40/50	50	3,33	0,06	55,5	54,9	+	53,5
		4,61	0,08	57,6	56,8	+	54,5
		8,67	0,135	64,2	62,8	+	65,5
C50/60	60	3,99	0,06	66,5	65,9	+	64,2
		5,53	0,08	69,1	68,2	+	65,4
		10,41	0,135	77,1	75,4	+	78,6

Примітка 1: Вважається, що окремі результати випробувань відповідають вимогам критерію 2, хоча на значних об'ємах вибірки теоретично можливе випадкове зниження окремого результату випробувань.

Примітка 2: Середньоквадратичний відхилення (*S*) розраховано для вказаного класу бетону при заданому коефіцієнті варіації міцності бетону (V_c) з припущенням, що середня міцність бетону мінімальна і дорівнює f_{cm}, розрахованому за формулою згідно з ДБН В.2.6-98:2009. Такий підхід дозволяє оцінити вимоги різних стандартів при однакових параметрах статистичного ряду випробувань, тобто показники V_c, f_{cm}, *S* (σ), використані в розрахунках за українськими та європейськими методиками, – однакові.

коефіцієнтах варіації наведені у табл. 5.

Аналіз наведених результатів розрахунків для класів бетону від С8/10 до С50/60 (табл. 5) дозволяє зазначити, що при відносно низьких показниках коефіцієнта варіації розраховане значення середньої міцності бетну при стиску за українськими стандартами трохи менше ніж за європейськими (на 2…4 %), а при коефіцієнті варіації – 13,5 % – навпаки, показники середньої міцності за українським стандартом перевищують показники міцності, визначені за європейськими вимогами (різниця так само не перевищує 4 %).

Таким чином, отримані результати розрахунків середньої міцності бетону при стиску за вищезазначеними методиками подібні, мають незначні розбіжності, а отже перехід будівельної галузі України на європейські норми оцінки якості бетону не повинен викликати жодних проблем.

В той же час, при організації виробництва бетонних сумішей не слід змішувати різні методики оцінки якості, а доцільно дотримуватися однієї нормативної бази – або української, або європейської.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз статистичних вимог до показників міцності бетонів згідно з національними і європейськими нормативними документами показав, що їх виконання забезпечує отримання продукції необхідної якості.
2. Показано, що значення середньо квадратичного відхилення характеризує абсолютну мінливість параметра, що вивчається, а коефіцієнт варіації, який дорівнює відношенню середньоквадратичного відхилення до середнього арифметичного значення параметра (наприклад, міцності), характеризує відносну мінливість. Тобто, використання коефіцієнта варіації дозволяє оцінити стабільність роботи (якість організації виробництва) на різних технологічних лініях виробництва бетонних сумішей, порівнюючи між собою однорідність міцності бетонів різних класів.
3. Згідно європейських вимог визначення мінімальної міцності бетону при безперервному виробництві для отримання необхідного його класу виконується за двома критеріями: критерій 1: $f_{cm} \geq f_{ck}+1{,}48\sigma$, та критерій 2: $f_{cm}.\geq f_{ck} - 4$. Найбільше значення для отримання бетону необхідної міцності має перший критерій, оскільки останній ґрунтується на статистичних залежностях, які формують визначення класу міцності бетону за стиском.
4. З урахуванням відсутності в європейській нормативній документації поняття «партія бетонної суміші», а присутнє «замовлення», доцільно переглянути поняття «партія» з наближенням його змісту до європейського.
5. Враховуючи поступовий перехід нормативної бази України до європейської, доцільно переглянути ДСТУ Б В.2.7-224 з введенням в нього вимог EN 206-1 [3].

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Дворкін О.Й., Дворкін О.Л. Основи бетонознавства. Київ: Основа, 2007. 661 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-176:2008. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 109 с.
3. EN 206-1. Бетон. Вимоги, характеристики, виробництво та критерії відповідності. Брюссель: Європейський комітет стандартизації, 2000. 69 с.
4. ДСТУ EN 206:2018. Бетон. Технічні вимоги, експлуатаційні характеристики, виробництво та критерії відповідності (EN 206:2013 + A1:2016, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018.
5. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с.
6. Дворкін Л.Й., Гоц В.І., Дворкін О.Л. Випробування бетонів і будівельних розчинів. Проектування їх складів. Київ: «Основа» 2014. 304 с.
7. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. 75 с.
8. Szymanski E. Materialoznawstwo budowlane. Wydanie trzecie poprawoine. Warszawa: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, 1999. 425 p.
9. ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013. Настанова щодо визначення складу важкого бетону. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014.
10. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 27 с.
11. EN 12350–1:2019. Testing fresh concrete. Part 1. European committee for standardization, 2019. 9 p.

REFERENCES

1. Dvorkin, O. Y., & Dvorkin, O. L. (2007). Fundamentals of Concrete Science. Kyiv: Osnova.

2. DSTU B V.2.7-176:2008. (2010). Concrete Mixes and Concrete. General Technical Conditions. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, Housing and Communal Services of Ukraine.
3. EN 206-1. (2000). Concrete. Requirements, Characteristics, Production, and Conformity Criteria. Brussels: European Committee for Standardization.
4. DSTU EN 206:2018. (2018). Concrete. Technical Requirements, Operational Characteristics, Production, and Conformity Criteria. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC".
5. DSTU B V.2.7-214:2009. (2010). Building materials. Concretes. Methods for determining strength with control samples. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, Housing and Communal Services of Ukraine.
6. Dvorkin, L. Y., Hots, V. I., & Dvorkin, O. L. (2014). Testing of concretes and construction mortars. Design of their compositions. Kyiv: "Osnova"
7. DBN V.2.6-98:2009. (2011). Building and Structure Designs. Concrete and Reinforced Concrete Structures. Basic Provisions. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
8. Szymański, E. (1999). Materialoznawstwo budowlane (3rd ed.). Warsaw: Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne.
9. DSTU-N B V.2.7-299:2013. (2014). Guidelines for determining the composition of heavy concrete. Kyiv: State Enterprise "UkrNDNC"
10. DSTU B V.2.7-224:2009. (2010). Building materials. Concretes. Rules for strength control. Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction, Housing and Communal Services of Ukraine.
11. EN 12350 – 1:2019. (2019). Testing fresh concrete. Part 1. European committee for standardization.

Стаття надійшла до редакції 05.11.2023 року