



УДК 691.3



ТАРАСЮК В.Г.

Канд. технічних наук,
заступник директора з наукової
та нормативно-методичної
роботи, ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: v.tarasyuk@ndibk.gov.ua,
тел.: + 38 (050) 387-97-12,
ORCID: 0000-0002-3844-1376



ЖАРКО Л.О.

Канд. технічних наук, доц.,
зав. відділу, ДП «Державний
науково-дослідний інститут
будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: zharko@ndibk.gov.ua,
тел.: + 38 (066) 722-70-57,
ORCID: 0000-0002-5966-1060



ОВЧАР В.П.

Канд. технічних наук, провідний
науковий співробітник,
ДП «Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій», м. Київ, Україна,
e-mail: vovchar@i.ua,
тел.: + 38 (067) 784-52-95,
ORCID: 0000-0002-3896-2729



БОРЕЦЬКА Н.С.

Науковий співробітник,
ДП «Державний науково-
дослідний інститут будівельних
конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: n.petrenko@ndibk.gov.ua,
тел.: + 38 (098) 311-23-32,
ORCID: 0000-0002-4497-7599

ДО ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ І КЛАСУ БЕТОНУ

АНОТАЦІЯ

В статті узагальнено досвід роботи відділу досліджень конструкцій будівель і споруд щодо спірних питань визначення класу і міцності бетону на стиск. Головним показником якості бетону в бетонних і залізобетонних збірних та монолітних конструкціях є клас бетону на стиск, що відповідає величині його характеристичної міцності. Відомі аналітичне і графічне представлення цього показника. Його не однозначне трактування в існуючій нормативній базі на стадіях підбору складу бетону, виготовлення продукції, експлуатації будівель і споруд призводить до конфлікту економічних інтересів між сторонами: виробник бетону, будівельник, інвестор. Вирішення проблем однозначного трактування результатів руйнівних та неруйнівних методів випробувань міцності бетону можливе лише за умови перегляду і узгодження чинних нормативів. Представлено аналіз та приклади використання нормативної бази визначення міцності і класу бетону, що діє для виробників і споживачів бетону, та визначення міцності і класу бетону безпосередньо в конструкціях. Наведено приклади необґрунтованого оцінювання міцності при використанні неруйнівних механічних і ультразвукових методів та за контрольними зраз-

ками через ігнорування нормативних умов. Для експлуатації конструкцій суттєво забезпечення фактичного класу міцності бетону, що встановлено проектом. Для його достовірного визначення застосовують випробування зразків з вибурених із конструкції бетонних кернів та тарованих ними неруйнівних методів. Проаналізовано на прикладі різні методи оцінки результатів випробування міцності кернів. Однозначності потребує метод визначення результатів випробування – за окремими результатами чи за їх партіями.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: нормативна база, міцність і клас бетону на стиск, неруйнівні випробування, визначення міцності і класу бетону безпосередньо в конструкціях, розподілення кубкової міцності на стиск, характеристична міцність, середня міцність, мінімальна міцність, вирішення спірних питань з оцінки міцності

THE DETERMINATION OF CONCRETE STRENGTH AND GRADE

TARASIUK V.H. PhD, Dep. Dir. for Scientific and Normative and Methodological Work, State Enterprise «The State Research Institute of Building Constructions»,



Kyiv, Ukraine,
e-mail: v.tarasyuk@ndibk.gov.ua,
tel.: + 38 (050) 387-97-12,
ORCID: 0000-0002-3844-1376

ZHARKO L.O. PhD, Ass. Prof., Head of Department, State Enterprise «The State Research Institute of Building Constructions», Kyiv, Ukraine, e-mail: zharko@ndibk.gov.ua, tel.: + 38 (066) 722-70-57, ORCID: 0000-0002-5966-1060

OVCHAR V.P. PhD, Leading Researcher, State Enterprise «The State Research Institute of Building Constructions», Kyiv, Ukraine, e-mail: vovchar@i.ua, tel.: + 38 (067) 784-52-95, ORCID: 0000-0002-3896-2729

BORETSKAIA N.S. Senior Scientist, State Enterprise «The State Research Institute of Building Constructions», Kyiv, Ukraine, e-mail: n.petrenko@ndibk.gov.ua, tel.: + 38 (098) 311-23-32, ORCID: 0000-0002-4497-7599

ABSTRACT

In the paper the experience of the Buildings and Structures Design Research Department study of the controversial issues of concrete grade and compressive resistance is summarized. The main indicator of concrete quality in the concrete and reinforced concrete prefabricated and cast-in-situ structures is the compressive strength of concrete, which corresponds to its specified characteristic strength. The analytical and graphical representations of this indicator are well known. In the existing normative base its ambiguous interpretation at the stages of concrete composition selection, product manufacture and buildings and structures operation causes the conflict of economic interests between such involved parties as concrete manufacturer, builder and investor. The problem of the definitive interpretation of the results of concrete strength destructive and nondestructive tests can be solved only under the condition of the current standards revision and harmonization. The analysis and examples of the use of normative base, which is effective for concrete producers and consumers, for the concrete strength and grade determination, and of the concrete strength and grade determination directly in structures are presented. Some instances of unsubstantiated strength assessment are given, when the non-destructive mechanical and ultrasonic methods, as well as the control samples are used in disregard for regulatory requirements. For the structures operation it is essential to ensure the actual concrete strength grade specified by the project. For its reliable determination, the drilled concrete core samples and calibrated non-destructive methods have been used. The various methods of the cores strength

tests results assessment have been exemplified. The method for the tests interpretation by individual results or by their groups requires an unambiguous determination.

KEY WORDS: normative base, concrete compressive strength and grade, non-destructive tests, determination of concrete strength and grade directly in structures, distribution of cube compressive strength, specific characteristic strength, target mean strength, minimum strength, resolution of strength assessment controversial issues

У сучасному будівництві масово використовуються бетонні і залізобетонні конструкції: збірні та монолітні. Головним показником якості таких конструкцій є клас бетону на стиск, що передається характеристичною міцністю на стиск бетону за стандартним випробуванням циліндрів та стандартним випробуванням кубів, проведеним на 28 день.

При проектуванні надійних безпечних конструкцій застосовують показники характеристичної міцності (specified characteristic strength) на стиск бетону гарантованою з 95% імовірністю відповідного класу та середнє значення міцності (target mean strength), що приймають з урахуванням однорідності показників міцності при нормативному коефіцієнті їх варіації 13,5% ($V_c = 0,135$). При іншій однорідності міцності: $f_{cm, cube} = f_{ck, cube} / (1 - 1,64 V_c)$, або $f_{ck, cube} = f_{cm, cube} - 1,64 \cdot s$ (позначки дивись у табл. 1).

Характеристична міцність – це міцність, нижче якої може знаходитися 5% результатів. Окремі результати нижче f_{ck} – мінімальна міцність (minimum strength) можуть мати місце, але вони не можуть бути меншими, ніж 4 МПа. Тобто, якщо було випробувано кожен партію виготовленого бетону, то 5% результатів опиняться у нижньому «хвості (tail)» нормального розподілу, який починається із «запасом (margin)» в $1,64 \cdot s$ нижче реальної середньої міцності f_{cm} . Приклад нормального розподілення кубової міцності (cube strength) на стиск бетону класу С 25/30 в залежності від частоти (frequency) отримання відповідних результатів випробування наведено на рис. 1 [1].

Існуюча нормативна база не однозначного трактує визначення міцності та класу бетону при підборі складу бетонної суміші для бетону потрібної міцності, при постачанні бетонної суміші на будівельний майданчик для монолітних робіт та на виробництво збірних конструкцій. Це викликає конфлікт економічних інтересів між виробником бетону і будівельником чи інвестором. Аналіз невідповідностей, що стосуються визначення міцності бетону за контрольними зразками, навіть при виконанні усіх приписів діючих нормативів, наведено в роботі [2]. Вирішення таких проблем можливе лише за умови перегляду і узгодження цих нормативів.

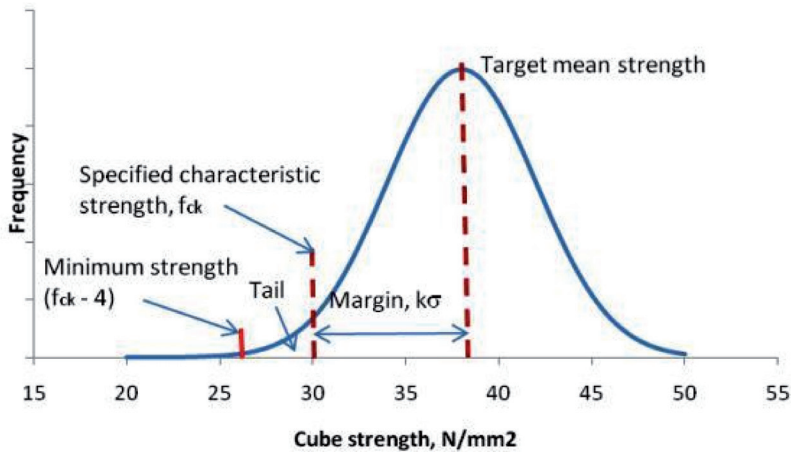


Рис. 1 Розподілення кубкової міцності на стиск бетону класу С 25/30 [1]

Слід звернути увагу на застосування непрямих методів визначення міцності бетону у залізобетонних виробках і конструкціях. Хоча ДСТУ Б В.2.7-220:2009 [10] поширюється на механічні прилади, а ДСТУ Б В.2.7-226:2009 [13] – на ультразвукові, разом з правилами контролю міцності ДСТУ Б В.2.7-224:2009 [12] надають виважені методики неруйнівних випробувань, але здебільшого ці методики не виконуються: некоректна побудова тарувальної залежності, невідповідність умов тарування і застосування приладів, ігнорування поправочних коефіцієнтів та ін.

Таблиця 1. Аналіз результатів визначення міцності кернів, Н/мм² (МПа)

Показник	Окремі керни	Партії кернів
n –кількість результатів випробувань / партій	48	12
$f_{m(n), is}$ – середнє значення міцності на стиск з n результатів випробувань безпосередньо в конструкціях	34,75	36,17
$f_{is, lowest}$ – найменший результат випробувань міцності на стиск	25,32	27,83
s – стандартне відхилення результатів випробувань	6,29	5,59
f_{ck} – характеристична міцність на стиск стандартних зразків класу С 25/30	30	
$f_{ck, is}$ – характеристична міцність на стиск в конструкціях бетону класу С 25/30; $f_{ck, is, cube}$ – характеристична міцність на стиск в конструкціях при зазначенні еквівалентної міцності куба зі стороною 150 мм	26	
Метод А для окремих кернів		
$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k_2 \times s, (1)$	$34,75 - 1,48 \times 6,29 = 25,44$	
$f_{ck, is} = f_{is, lowest} + 4 \quad (2)$	$25,32 + 4 = 29,32$	
$f_{ck, is, cube}$	25,44	
Метод В для партій кернів		
$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k \quad (3)$		$36,17 - 5 = 31,17$
$f_{ck, is} = f_{is, lowest} + 4 \quad (4)$		$27,83 + 4 = 31,83$
$f_{ck, is, cube}$		31,17
Подолання сумніву щодо окремих кернів		
$f_{m(n), is} \geq 0,85 (f_{ck, is} + 1,48 \times s) \quad (7)$	$34,75 > 0,85 (25,44 + 48 \times 6,29) = 29,54$	
$f_{is, lowest} \geq 0,85 (f_{ck} - 4) \quad (8)$	$25,32 > 0,85 (25.44 - 4) = 18,22$	



Так, при використанні на одному з об'єктів будівництва неруйнівних методів з механічними і ультразвуковими приладами необґрунтовано оцінювалася міцність конструкцій: були невідомі градувальні криві і умови їх побудови; при визначенні необхідної міцності бетону на стиск приймалося табличне значення середньої міцності для відповідного класу бетону (38 МПа для С 25/30) [6], а не за п.п. 7.1 і 7.2 ДСТУ Б В.2.7-224:2009 [12] з урахуванням коефіцієнта варіації міцності бетону $V_{cm} = 8 \%$ за паспортом якості бетонної суміші виробника та коефіцієнта 0,95; тоді значення коефіцієнта необхідної міцності для бетонів становить $k_t = 1,09$ і необхідна міцність бетону на стиск при використанні неруйнівних методів контролю міцності бетону в конструкціях з бетоном класу С 25/30 буде становити: $f_{ct} = 1,09 \times 0,95 \times 30 = 31,1$ МПа. Відсутня програма робіт не дозволила порівняти результати чисельних випробувань конструкцій різного віку, розташованих в різних місцях об'єкту.

В іншому випадку занижена оцінка міцності бетону була наслідком використання коефіцієнта варіації за довідковими даними табл. 6 ДБН В.2.3-22:2009 [5] або за статистичною обробкою власних випробувань, а не за даними виробника бетонної суміші, що суперечить п. 6.7 ДСТУ Б В.2.7-224:2009 [12].

Конфліктні ситуації виникають також при оцінці міцності бетону в існуючих конструкціях, але вони вирішуються шляхом відбору зразків безпосередньо з конструкцій за ДСТУ Б В.2.7-223:2009 [11] та оцінкою міцності бетону на стиск в конструкціях і збірних бетонних елементах згідно ДСТУ Б EN 13791:2013 (EN 13791:2007, IDT) [14] за еталонними зразками-кернів.

Зразки бетону вибурюють в місцях, в яких відсутня арматура, що визначають за проектом та за допомогою магнітного методу визначення розташування арматури [1]. Необхідність збереження армування конструкції і отримання вільного від неї зразка накладає вимоги щодо небажаного зменшення діаметру керна.

Подальший контроль міцності і однорідності бетону можливо проводити непрямыми методами, тарування яких коригується на місці за результатами випробувань еталонних зразків-кернів [14].

Нормативи, що прив'язано до потреб виробників бетонної суміші і бетону, міцність і її однорідність визначають на достатній кількості контрольних зразків (не менше 30 партій) за відповідний минулий проміжок виробництва (місяці). Конфліктним є поняття необхідної міцності, що розраховується і підбирається на початку виробництва для однорідності вираженої нормативним коефіцієнтом варіації 13,5 %, а потім з удосконаленням виробництва - набагато мен-

шим, що дозволяє виробнику економити цемент, зменшуючи фактичну міцність бетону.

На відміну, при визначенні міцності бетону на стиск безпосередньо в конструкціях історія бетону (лабораторні підбори, журнали випробувань, паспорти, сертифікати і т.п.) може мати не більше, ніж довідковий статус. Головними стають показники випробувань еталонних зразків-кернів з можливістю подальшого охоплення контролем всього об'єкту за допомогою непрямих методів випробувань (механічних, ультразвукових та ін.).

Наведемо приклад застосування ДСТУ Б EN 13791:2013 [14] на одному з об'єктів каркасно-монолітного будівництва.

Вибурювання виконувалося в конструкціях пілонів і круглих колон в місцях, вільних від арматури, що визначалися за допомогою електронного шукача металу за ДСТУ Б В.2.6-4-95 (ГОСТ 22904-93) [7] та забезпеченням відповідного діаметру бура – 64 мм.

Для проведення випробувань з визначення міцності бетону на стиск з отриманих циліндрів було виготовлено 12 партій зразків-кернів по 4 зразка у кожній – всього 48 зразків.

Міцність на стиск партій еталонних зразків-кернів, приведена до базового розміру кубів зі стороною 150 мм, знаходилася в межах 27,83-48,41 МПа, хоча окремі зразки відрізнялися більше (рис. 2). Але слід пам'ятати, що за правилами контролю міцності ДСТУ Б В.2.7-224:2009 [12] з чотирьох результатів враховують лише три найбільші.

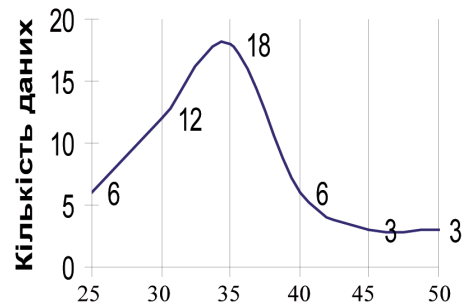
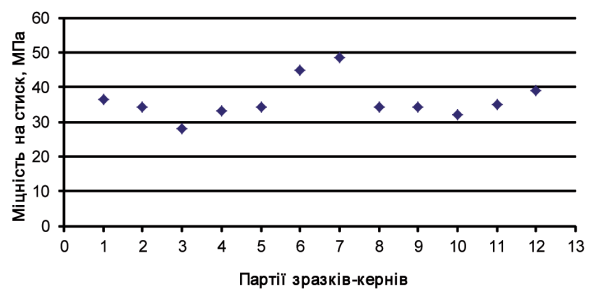
Враховувалися такі положення стандарту ДСТУ Б EN 13791:2013 (EN 13791:2007, IDT) [14]:

- співвідношення міцності на стиск безпосередньо в конструкції до характеристичної міцності стандартних зразків становить 0,85 (що є частиною γ_c відповідно до ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 [15]); так, для класу С 25/30 характеристична міцність на стиск стандартних зразків становить 30 МПа, а мінімальна характеристична міцність на стиск безпосередньо в конструкціях (при зазначенні еквівалентної міцності куба зі стороною 150 мм) – 26 МПа;
- безпосередньо в конструкції характеристична міцність бетону на стиск оцінювалася з використанням або методу А (для окремих 48 зразків) або методу В (для 12 партій) з використанням показників середнього значення міцності на стиск, найменшого результату випробувань, стандартного відхилення результатів випробувань та коефіцієнтів, що залежать від кількості випробувань.

Метод А розглядає мінімум 15 результатів; а метод В - від 3 до 14.

За методом А оцінена характеристична міцність для області випробувань визначається як найменше з двох наступних значень:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k_2 \times s, \quad (1)$$



Міцність на стиск середня на проміжку, МПа

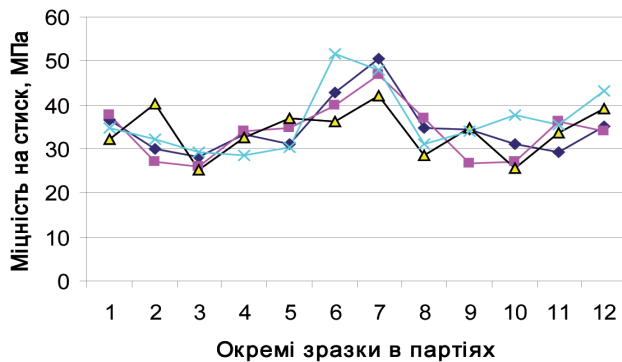


Рис. 2 Розподілення кубкової міцності на стиск бетону безпосередньо в конструкціях за результатами випробувань еталонних зразків-керна

або

$$f_{ck, is} = f_{is, lowest} + 4, \quad (2)$$

де k_2 - коефіцієнт, який залежить від вимог, що діють на місці застосування; якщо вимог немає, то коефіцієнт має значення 1,48.

За методом В подібно:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k, \quad (3)$$

або

$$f_{ck, is} = f_{is, lowest} + 4, \quad (4)$$

де для $n = 10 - 15$ коефіцієнт $k = 5$ - (розкид значень, характерний для невеликої кількості результатів випробувань).

Результати статистичного аналізу свідчили,

що характеристична міцність бетону на стиск безпосередньо в конструкціях, оцінена за методом А, для усіх 48 зразків кернів становила 25,44 МПа, а за методом В для 12 партій - 31,17 МПа. Тобто, оцінка зразків згідно партій показала відповідність бетону класу міцності на стиск С 25/30 (31,17 МПа > 26 МПа), тоді як для окремих зразків середня міцність складала 97,85 % від потрібної.

Для подолання сумніву щодо відповідності міцності бетону на основі стандартних випробувань окремих кернів, використано нерівності (7) і (8) щодо середнього і найменшого значення міцності бетону за результатами випробувань, виконання яких показало, що область випробувань слід вважати такою, що складається з бетону, який відповідає міцності і класу С 25/30.

Аналіз результатів визначення міцності кернів, Н/мм² (МПа) представлено в табл. 1.



ВИСНОВКИ

1. Стан нормативних документів щодо вирішення питань міцності і класу бетону на стиск потребує перегляду і узгодження цих нормативів.

2. При виконанні неруйнівних випробувань слід прискіпливо виконувати вказівки відповідних стандартів. Порушення цієї вимоги призводить до невідповідної оцінки міцності і класу бетону у виробках.

3. Для вирішення спірних питань з оцінки міцності бетону в конструкціях і збірних бетонних елементах рекомендується користуватися відповідними ДСТУ Б В.2.7-223:2009 і ДСТУ Б EN 13791:2013 (EN 13791:2007, IDT), та, у разі необхідності збільшення обсягів контролю, коригувати неруйнівні випробування за результатами випробувань еталонних зразківквернів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Gibb, Ian & Harrison, Tom. Use of control charts in the production of concrete. – MPA/BRMCA – ERMCO. 2010 – 43 p.
2. Рунова Р.Ф., Руденко И.И., Троян В.В. К вопросу о корректировке нормативов по определению прочности бетона // Будівельні конструкції: зб. наукових праць. – Київ: ДП НДІБК, 2013. – С. 371-378.
3. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – Чинні від 2007-01-01. – Київ: Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій ім. В.М. Шимановського, 2006. – I, 75 с.
4. ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – Чинні від 2019-01-01. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2018. – III, 30 с.
5. ДБН В.2.3-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – Чинні від 2010-03-01. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2009. – 73 с.
6. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Чинні від 2011-06-01. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2011. – I, 71 с.
7. ДСТУ Б В.2.6-4-95 (ГОСТ 22904-93) Конструкції залізобетонні. Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури. – Чинний від 1995-01-01. – Київ: Укрархбудінформ, 1996. – III, 16 с.

8. ДСТУ Б В.2.7-43-96 Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови. – Чинний від 1997-01-01. – Київ: Укрархбудінформ, 1997. – III, 22 с.
9. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. – Чинний від 2010-09-01. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – IV, 36 с.
10. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. – Чинний від 2010-09-01. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – IV, 20 с.
11. ДСТУ Б В.2.7-223:2009 Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій. – Чинний від 2010-09-01. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – IV, 12 с.
12. ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності. – Чинний від 2010-09-01. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010, IV, 14 с.
13. ДСТУ Б В.2.7-226:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності. – Чинний від 2010-09-01. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – IV, 22 с.
14. ДСТУ Б EN 13791:2013 Оцінка міцності бетону на стиск в конструкціях і збірних бетонних елементах (EN 13791:2007, IDT). – Чинний від 2014-01-01. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2013. – VI, 34 с.
15. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT). – Чинний від 2014-07-01. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2013. – VI, 134 с.

REFERENCES

1. Gibb, I. & Harrison, T. (2010). Use of control charts in the production of concrete. MPA/BRMCA – ERMCO [in English].
2. Runova, R.F., Rudenko, I.I. & Troian, V.V. (2013). On the issue of revising the standards for the concrete strength determination. Building Constructions: Coll. of Research Papers, 371-378. K.: SE NIISK [in Ukrainian].
3. System of reliability and safety of building projects. Loads and impacts. Design standards. (2006). DBN V.1.2-2:2006 from 1st January 2007. K.: OJSC «V.Shimanovsky Ukrainian Research and Design Inst. of Steel Construction» [in Ukrainian].



4. General principles for reliability and constructive safety ensuring of buildings and civil engineering works. (2018). DBN V.1.2-14:2018 from 1st January 2019. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].
5. Transport facilities. Bridges and pipes. Basic design requirements. (2009). DBN V.2.3-22:2009 from 01st March 2010. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].
6. Buildings and facilities structures. Concrete and reinforced concrete structures. Main provisions. (2011). DBN V.2.6-98:2009 from 01st June 2011. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].
7. Reinforced concrete structures. Magnetic method for determining the concrete protective layer thickness and reinforcement location. (1996). DSTU B V.2.6-4-95 (GOST 22904-93) from 1st January 1995. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].
8. Building materials. Heavy weight concretes. Specifications. (1997). DSTU B V.2.7-43-96 from 1st January 1997. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].
9. Building materials. Concretes. Methods for strength determination using reference specimens. (2010). DSTU B V.2.7-214:2009 from 1st September 2010. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].
10. Building materials. Concretes. Determination of strength by mechanical methods of nondestructive testing. (2010). DSTU B V.2.7-220:2009 from 1st September 2010. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].
11. Building materials. Concretes. Methods of strength evaluation on cores drilled from structures. (2010). DSTU B V.2.7-223:2009 from 1st September 2010. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].
12. Building materials. Concretes. Rules for the strength control. (2010). DSTU B V.2.7-224:2009 from 1st September 2010. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].
13. Building materials. Concretes. Ultrasonic method of strength determination. (2010). DSTU B V.2.7-226:2009 from 1st September 2010. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].
14. Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components. (2013). DSTU B EN 13791:2013 (EN 13791:2007, IDT) from 1st January 2014. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].
15. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire

design. (2013). DSTU-N B EN 1992-1-2:2012 (EN 1992-1-2:2004, IDT) from 1st July 2014. K.: SE «Ukrarkhbudinform» [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції 21.04.2018 року.