

УДК 691.32

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.310821.36.788

НЕФОРМАЛІЗОВАНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ НЕРУЙНІВНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ БЕТОНУ ДОРОЖНІХ БЕТОННИХ ПОКРИТТІВ

КОЛОХОВ В. В.^{1*}, канд. техн. наук, доц.,

МОРОЗ Л. В.², канд. техн. наук, доц.,

МОМОТ В. Л.³, маг.,

БЛИК В. В.⁴, с. н. с.,

БОГДАН С. М.⁵, інж.

^{1*} Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(056) 756-33-76, e-mail: kolokhov.viktor@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4131-0155

² Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(056) 756-33-76, e-mail: linysek-slv@i.ua, ORCID ID 0000-0003-3150-74727

³ Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(056) 756-33-76, e-mail: veruchamomot@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1273-1498

⁴ Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(056) 756-33-76, e-mail: kolemasakar@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7046-1177

⁵ Кафедра технології будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(056) 756-33-76, e-mail: s.bogdan@mapei.ua, ORCID ID: 0000-0002-1109-344

Анотація. *Постановка проблеми.* Досвід використання приладів неруйнівного контролю свідчить, що коригування тарувальних залежностей в умовах пошкоджених бетонних поверхонь конструкцій утруднене. Зазвичай кількісний аналіз замінюється якісним, а методики, які дозволяють повернутися до кількості оцінювання, невнормовані. Тобто адекватність визначень властивостей потребує підвищення. **Мета дослідження** – визначення можливостей підвищення адекватності застосування приладів неруйнівного контролю та дослідження впливу особливостей технології виготовлення бетонних дорожніх покриттів на результати вимірів. **Результати.** Виконано візуальне обстеження стану конструкції покриття на підставі діючих норм. Дослідження проведено із застосуванням ультразвукового приладу «Novotest ИПСМ-У» та приладу «Оникс 2.5» (метод ударного імпульсу). Виміри виконували як на поверхні бетонного дорожнього покриття, так і на поверхні кернів, відібраних із конструкції. Під час роботи використано матеріали проекту та паспорта на бетонну суміш. **Висновки.** Дослідження показали, що: для отримання доказових результатів під час застосування неруйнівних методів визначення якості бетону дорожніх бетонних покриттів існуючі методики потребують удосконалення та формалізації; потребують уточнення та формалізації методи забезпечення акустичного контакту приймачів-передавачів ультразвукових коливань з поверхнею бетону та умови взаємодії інденторів з поверхнею бетону під час реалізації методу пружного відскоку; необхідно розробити та внормувати методику визначення властивостей бетонної суміші виходячи з властивостей бетону.

Ключові слова: бетон; ремонтна суміш; керн; міцність за стиску; суцільність

UNFORMALIZED ASPECTS OF APPLICATION THE NON-DESTRUCTIVE METHODS FOR DETERMINATION OF CONCRETE QUALITY ON ROAD CONCRETE COATINGS

KOLOKHOV V.V.^{1*}, Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

MOROZ L.V.², Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,

MOMOT V.L.³, Master,

BYLIK V.V.⁴, Sen. Res. Assist.,

BOHDAN S.M.⁵, Eng.

^{1*} Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38(056) 756-33-76, e-mail: kolokhov.viktor@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0003-4131-0155

² Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38(056) 756-33-76, e-mail: lmysek-slv@i.ua, ORCID ID 0000-0003-3150-7472

³ Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38(056) 756-33-76, e-mail: veruchamomot@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-1273-1498

⁴ Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38(056) 756-33-76, e-mail: kolemasakar@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-7046-1177

⁵ Department of Technology of Building Materials, Products and Structures, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38(056) 756-33-76, e-mail: s.bogdan@mapei.ua, ORCID ID: 0000-0002-1109-3447

Abstract. Formulation the problem. Experience with the use of non-destructive testing devices shows that the adjustment of calibration dependences in the conditions of damaged concrete surfaces is difficult. Usually quantitative analysis is replaced by qualitative, and methods that allow you to return to the quantitative assessment are not standardized. That is, the adequacy of property definitions needs to be increased. **The purpose of the study** is to determine the possibilities of increasing the adequacy in the using of non-destructive testing devices and to study the influence of the peculiarities of the technology of manufacturing concrete pavements on the measurement results. Results: It has been performed a visual inspection of the condition of the coating structure on the basis of current regulations. The study was performed using an ultrasonic device "Novotest IPSM-U" and a device "Onyx 2.5" (shock pulse method). Measurements were performed both on the surface of the concrete pavement and on the samples taken from the structure. During the work, project materials and passports for the concrete mixture were used. **Conclusions.** Studies have shown that: to obtain evidence-based results in the application of non-destructive methods for determining the quality of concrete road pavements, existing methods need to be improved and formalized; it needs to be clarified and formalized the methods of providing acoustic contact of receivers – transmitters of ultrasonic vibrations with the concrete surface and the conditions of interaction the indentors with the concrete surface during the implementation of the method of elastic rebound; it is necessary to develop and standartize a method for determining the properties of the concrete mixture based on the properties of concrete.

Keywords: concrete; physical and mechanical characteristics; non-destructive testing

Вступ. До основних об'єктів інженерного облаштування доріг [1] відносять зупинкові майданчики, майданчики відпочинку та огляду транспорту. Оцінка транспортно-експлуатаційних властивостей дорожнього одягу і покриття таких майданчиків повинна базуватися на визначенні відповідності проїзної частини вимогам руху і здатності збереження цієї відповідності на період експлуатації [1]. Вимоги до стану проїзної частини включають забезпечення відповідного нормативного рівня міцності дорожнього одягу. Експлуатаційний стан штучних споруд оцінюють відповідно до технічного стану їх конструкції.

Зазвичай улаштування бетонного покриття дороги передбачає такі етапи: підготовка; підсилення та ущільнення; влаштування опалубки; армування; заливання бетоном; нарізання деформаційних швів; догляд за бетоном; подальший догляд за покриттям.

Порушення вимог до якості сировинних матеріалів або технології облаштування бетонних дорожніх покриттів спричиняє зменшення терміну експлуатації покриття.

У червні 2019 року затверджено ДСТУ 8858:2019 [2], що набув чинності з липня 2020 року. Нормативний документ регламентує вимоги до матеріалів, які можуть бути застосовані у виготовленні цементно-бетонних сумішей для облаштування дорожніх покриттів.

Виходячи з можливості контролю параметрів матеріалів на будівельному майданчику, серед основних вимог, викладених у нормативному документі [2], необхідно виділити такі:

– використання як в'язучих для верхніх шарів двошарових і одношарових дорожніх покриттів, а також елементів облаштування автомобільних доріг та майданчиків портландцементу типу ПЦ І і ПЦ ІІ/А-ІІІ без мінеральних добавок і з добавками меленого шлаку в кількості не більше ніж 20 %, марок

не нижче ніж M500, класів міцності на стиск не менше ніж 42,5, за ДСТУ Б В.2.7-46 [3] та ДСТУ Б EN 197-1 [4];

– нормування найбільшої крупності заповнювача відповідно до мінімального лінійного розміру конструкції (мінімальний лінійний розмір конструкції 50...100 мм, максимальна крупність зерен заповнювача – 20 мм);

– уведення до складу суміші поліпропіленової або базальтової фібри з відповідними характеристиками (довжина фібри має становити не менше ніж один діаметр крупного заповнювача);

– зменшення водопотреби за допомогою добавок пластифікаторів.

Усе перелічене позначається в паспорті на бетонну суміш, який повинен бути переданий її виробником на будівельний майданчик.

Зазвичай перевірка паспортних даних зводиться до контролю міцності бетону шляхом виготовлення певної кількості зразків кубів із подальшим їх випробуванням згідно з ДСТУ б В. 2.7-224:2009 [5].

Визначити всі параметри, перераховані вище, на будівельному майданчику практично неможливо. Виконання інших вимог [2] дуже складно перевірити навіть у лабораторних умовах.

Відсутність дієвого контролю властивостей бетонної суміші та бетону суттєво впливає на довговічність конструкцій. Проявлення дефектів конструкції потребує визначення їх впливу на технічний стан об'єкта та придатність його до експлуатації. Процедура виконання такої роботи в нормована ДСТУ-Н Б В.1.2-18.2016 [6]. Під час такої роботи визначаються міцнісні властивості бетону із застосуванням руйнівних та неруйнівних методів [7–9].

Досвід використання приладів неруйнівного контролю свідчить, що коригування тарувальних залежностей в умовах пошкоджених бетонних поверхонь конструкцій утруднене. Зазвичай кількісний аналіз замінюється якісним, а методики, які дозволяють повернутися до кількості

оцінювання, невнормовані. Тобто адекватність визначень властивостей потребує підвищення.

Мета роботи – визначення можливостей підвищення адекватності застосування приладів неруйнівного контролю та дослідження впливу особливостей технології виготовлення бетонних дорожніх покриттів на результати вимірів.

Матеріали і методи досліджень. Виконано візуальне обстеження стану конструкції покриття на підставі діючих норм [4]. Дослідження виконане із застосуванням ультразвукового приладу «Novotest ИПСМ-У» та приладу «Оникс 2.5» (метод ударного імпульсу), застосування яких унормована в [7–9]. Виміри проводились як на поверхні бетонного дорожнього покриття, так і на поверхні кернів, відібраних із конструкції. У роботі використано матеріали проекту та паспорта на бетонну суміш.

За проектом облаштоване дорожнє покриття має складатися з таких шарів:

- гідрофобізувальне покриття – 1...2 мм;
- бетон класу C20/25, армування 10A500C 150×150 –150 мм;
- бетонна підготовка класу C8/10 – 100 мм;
- ущільнена основа зі щебеню та піску – 100 мм;
- ущільнений ґрунт – 150 мм.

Клас бетону – згідно з документом про якість В20. Згідно з наданими документами для виготовлення бетонної суміші застосовано хімічну добавку «OBERMIX MixFluid2530» та п/п фібру. Інформація про характеристики фібри в документі про якість відсутня.

Результати дослідження. Дорожнє покриття паркувального майданчика облаштоване в червні 2020 р. (рис. 1, 2).



Рис. 1. Бетонне дорожнє покриття паркувального майданчика під час його влаштування



Рис. 2. Бетонне дорожнє покриття паркувального майданчика після завершення робіт



а



б

Рис. 3. Дефекти бетонного дорожнього покриття паркувального майданчика: а – павутиння тріщин на бетонній поверхні; б – «неорганізовані» деформаційні шви

На момент проведення обстеження термін експлуатації дорожнього покриття склав 9 місяців.

Обстеження виявило павутиння тріщин на бетонній поверхні (рис. 3, *а*) та «неорганізовані» деформаційні шви (рис. 3, *б*) між проектними деформаційними швами.

На значних ділянках поверхні виявлено порушення суцільності поверхневих шарів бетону (рис. 4, *а*). На майданчику спостерігається деформація бетонного шару конструкції. Порушення суцільності бетонного шару окремих ділянок сягає глибини 4...5 мм (рис. 4, *б*).



а



б

Рис. 4. Порушення суцільності поверхневих шарів бетону:
а – «шматкове» руйнування поверхні; б – суцільне відшарування

Визначення міцності бетону виконано із застосуванням приладів «Novotest ИПСМ-У» та «Оникс 2.5» на шести ділянках поверхні.

Незважаючи на виконання всіх вимог стосовно незмінності умов проведення випробувань на різних ділянках бетонної поверхні, ультразвукові вимірювання показали значну неоднорідність. Результати, отримані за допомогою приладу «Оникс 2.5», характеризуються

ще більшою неоднорідністю. Окрім цього, підготовка поверхні бетону для використання приладу «Оникс 2.5» вимагала значних затрат часу та ресурсів. Тому було прийнято рішення відмовитись від подальшого застосування «Оникс 2.5» для визначення властивостей бетону на цьому об'єкті.

Результати визначення швидкості ультразвуку та їх статистична обробка наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати визначення швидкості ультразвуку та їх статистична обробка

Швидкість ультразвуку, м/с											
фізичні параметри							статистична обробка результатів				
№ пп	одиничні значення вимірювань						середня	коефіцієнт варіації	межі довірчого інтервалу		для визначення міцності бетону, забезпеченість 0,95
	H01	H02	H03	H04	H05	H06			верхня	нижня	
1	1 378	1 643	2 980*	2 912	1 423	2 503	2 140	0.348	2 922	1 358	918
2	2 340	2 391	1 424*	2 061	3 340*	3 357*	2 486	0.303	3 275	1 696	1 252
3	1 260*	2 598	2 239	1 477	2 784*	2 362	2 120	0.290	2 766	1 474	1 110
4	1 649*	2 972	3 651*	2 912	1 744	2 113	2 507	0.317	3 341	1 672	1 203
5	1 404	1 558	2 557*	2 404*	1 527	1 211	1 777	0.316	2 365	1 188	857
6	1 331	1 795	1 337	1 357	1 358	1 305	1 414	0.133	1 611	1 217	1 106

На п'яти ділянках коефіцієнт варіації результатів перебуває в межах 29...35 %. Частина результатів — за межами довірчих інтервалів (позначено в таблиці 1 «*»). Лише на одній ділянці

коефіцієнт варіації дорівнює 13,3 %, що припустимо.

Якщо відкинути результати визначення, які знаходяться за межами довірчих інтервалів, та повторити процедуру статистичної обробки результатів, отримаємо такі дані (табл. 2).

Результати визначення швидкості ультразвуку та їх статистична обробка

Швидкість ультразвуку, м/с											
фізичні параметри							статистична обробка результатів				
№ пп	одиничні значення вимірювань						середня	коефіцієнт варіації	межі довірчого інтервалу		для визначення міцності бетону, забезпеченість 0,95
	H01	H02	H03	H04	H05	H06			верхня	нижня	
1	1 378	1 643	–	2 912	1 423	2 503	1 972	0.352	2 834	1 110	833
2	2 340	2 391	–	2 061	–	–	2 264	0.078	2 705	1 823	1 973
3	–	2 598	2 239	1 477	–	2 362	2 169	0.224	2 940	1 398	1 374
4	–	2 972	–	2 912	1 744	2 113	2 435	0.248	3 397	1 473	1 444
5	1 404	1 558	–	–	1 527	1 211	1 425	0.110	1 675	1 175	1 167
6	1 331	1 795	1 337	1 357	1 358	1 305	1 414	0.133	1 611	1 217	1 106

Аналіз наведених результатів показує, що не вдалось досягти припустимих показників коефіцієнта варіації у всіх серіях визначення. Тобто процедуру необхідно повторити. Окрім цього, необхідно зазначити, що така неоднорідність

результатів у межах серії згідно з діючими нормами потребує бракування всієї серії визначення.

Для тарування застосованих приладів виконано відбір кернів (рис. 5).



а



б

Рис. 5. Вибурювання зразків кернів бетонної поверхні:
а – обладнання для вибурювання; б – глибина отвору, з якого вилучено керн

Установлено, що товщина бетонної плити має проектні розміри. Під час роботи один із зразків, відібраних із основного шару плити, пошкодився. Візуальний огляд поверхні кернів (рис. 6) та аналіз її стану показує розшарування структури бетону по висоті (рис. 6, а).

Бетон має значну кількість цементно-піщаного розчину з великими порами (рис. 6, б). Відповідно до діючих нормативних документів [9] визначено міцність бетону трьох зразків із основного шару та двох з підоснови. Результати вимірів та визначень наведено в таблиці 3.

Фізико-механічні властивості бетону кернів бетонного покриття

№ п/п	Щільність, кг/м ³	Міцність, МПа	Клас бетону згідно з проектом	Клас бетону згідно з документом про якість
1	2 302	17,4	С 20/25	В20
2	2 307	14,3	С 20/25	В20
3	2 472	29,7	С 20/25	В20
4	2 248	11,7*	С 20/25	В20
5	2 420	10,4	С 8/10	В20
6	2 435	9,9	С 8/10	В20

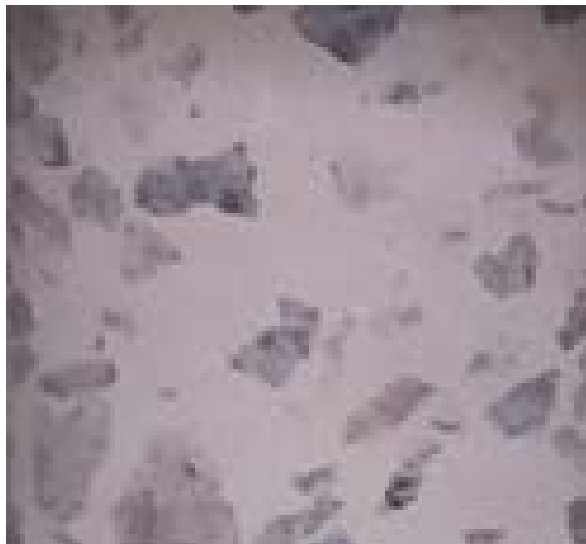
Примітка: «*» – результати визначення міцності бетону керна, суцільність якого було відновлено за допомогою ремонтної суміші Maregrout Thixotropic [10].

Механічні випробування показали, що лише бетон підготовки відповідає проектним значенням. Бетон основного шару здебільшого не відповідає показникам, що гарантуються його виробником (гарантована міцність замала). Клас бетону, який вказано в документі про якість бетонної суміші, не відповідає проектному.

Дослідження швидкості ультразвуку на поверхні кернів показало значну неоднорідність результатів. Процедура

проведення випробувань деталізована в [11–13]. Під час випробувань визначалась швидкість ультразвуку в трьох місцях на поверхні керна паралельно твірної циліндра.

Спроби визначити вплив зусилля притиснення приймачів-передавачів ультразвукових коливань до бетону на результати вимірювання показано на рисунку 7. Наведено результати стосовно лише двох кернів (2 та 3, див. табл. 3) як найбільш характерних.



а



б

Рис. 6. Поверхня бетону керна: а – до випробування (без збільшення); б – після випробування на міцність (поверхня руйнування – збільшено $\times 10$)

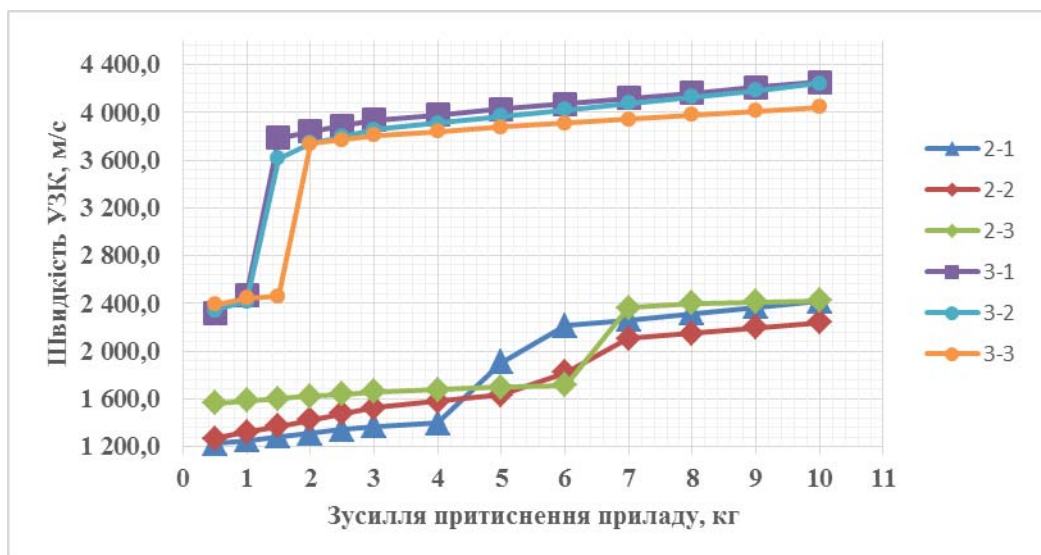


Рис. 7. Результати визначення швидкості ультразвуку за зміни зусилля притиснення на поверхні кернів

Результати визначення свідчать, що: для більш міцного бетону характерні вищі значення швидкості ультразвуку; зона зміни швидкості більш чітка та розташована на коротшому інтервалі вимірювання; для бетону з непроєктною міцністю зона зміни швидкості ультразвуку в бетоні досить розмита та зміщена в зону більших зусиль притиснення.

Наведені результати та їх статистична обробка свідчать про наявність двох бетонів замість постульованого проектом та документами про якість одного. Тобто наявні відхилення у технології влаштування бетонного покриття або виготовлення бетонної суміші.

Однак, виходячи із формальних положень діючих нормативних документів, наведені результати не можуть бути основою висновку про якість бетону. Окрім цього, визначення властивостей бетонної суміші, виходячи з властивостей бетону,

діючими на теренах України нормами не передбачене.

Таким чином, застосування існуючих методик неруйнівного контролю якості бетону потребує подальшого удосконалення та формалізації.

Висновки. Проведені дослідження показали, що:

- для отримання доказових результатів під час застосування неруйнівних методів визначення якості бетону дорожніх бетонних покриттів існуючі методики потребують удосконалення та формалізації;
- потребують уточнення та формалізації методи забезпечення акустичного контакту приймачів-передавачів ультразвукових коливань із поверхнею бетону та умови взаємодії інденторів із поверхнею бетону під час реалізації методу пружного відскоку;
- необхідно розробити та впровадити методику визначення властивостей бетонної суміші виходячи з властивостей бетону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. П-Г.1-218-113:2009. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України. [На заміну П-Г.1-218-113-97; чинний від 2009-07-01]. Київ : Фенікс, 2009. 232 с.
2. ДСТУ 8858:2019. Суміші цементобетонні дорожні та цементобетон дорожній. Технічні умови. [На заміну ДСТУ Б В.2.7-92-99, СОУ 45.2-00018112-037:2009 ; чинний від 2020-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2020. 18 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. [На заміну ДСТУ Б В.2.7-46-96; чинний від 2011-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 13 с.

4. ДСТУ Б EN 197-1:2015. Цемент. Ч. 1. Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів. [На заміну ДСТУ Б EN 197-1:2008; чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 23 с.
5. ДСТУ б В. 2.7-224:2009. Будівельні матеріали. Бетони правила контролю міцності. [Введене вперше (зі скасуванням ГОСТ 18105-86); чинний з 2010-09-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 23 с. (Національний стандарт України).
6. ДСТУ-Н Б В.1.2-18.2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2017. 43 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-220:2009. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. [Введене вперше (зі скасуванням ГОСТ 22690-88); чинний з 2010-09-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 20 с. (Національний стандарт України).
8. ДСТУ Б В.2.7-226:2009. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності. [Чинний від 2010-09-01]. Київ : ДП Укрархбудінформ, 2010. 27 с. (Національний стандарт України).
9. ДСТУ б В. 2.7-223:2009. Будівельні матеріали. Бетони методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій. [Введене вперше (зі скасуванням ГОСТ 22690-88); чинний з 2010-09-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 12 с. (Національний стандарт України).
10. MAPEI. Mapegrout Tissotropico. Матеріали і технічні рішення. URL: <https://www.mapei.com/ua/uk/materialy-i-tehnikni-rishennia/spysok-materialiv/detalno-pro-material/mapegrou-tissotropico>
11. Колохов В. В., Колохов О. В. Зміна часу поширення ультразвукових коливань у бетоні за зміни умов проведення вимірювань. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 2. С. 95–104.
12. Колохов В. В., Колохов О. В. Деякі аспекти вимірювання часу поширення ультразвукових коливань у бетоні. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 3. С. 58–65.
13. Колохов В. В., Кожанов Ю. О., Зезюков Д. М. Вплив рівня напруги на швидкість розповсюдження ультразвукових коливань у бетоні конструкцій. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 1. С. 49–57.

REFERENCES

1. P-H.1-218-113:2009. *Tehnichni pravila remontu ta utrimannya avtomobil'nih dorog zagal'nogo koristuvannya Ukraini* [Technical rules for repair and maintenance of public roads in Ukraine]. To replace P-G.1-218-113-97; valid from 2009-07-01. Kyiv : Phoenix Publ., 2009, 232 p. (in Ukrainian)
2. DSTU 8858:2019. *Sumishi cementobetonni dorozhni ta cementobeton dorozhnij. Tehnichni umovi* [Mixtures are cement concrete road and cement concrete road. Specifications]. To replace DSTU B B.2.7-92-99, SOU 45.2-00018112-037: 2009; valid from 2020-07-01. View. ofits. Kyiv : DP UkrNDNTsPubl., 2020, 18 p. (in Ukrainian)
3. DSTU B B.2.7-46:2010. *Budivel'ni materialy. Cementi zagal'nobudivel'nogo priznachennya. Tehnichni umovi* [Building materials. General construction cements. Specifications]. To replace DSTU B B.2.7-46-96; valid from 2011-09-01. View. ofits. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine Publ., 2010, 13 p. (in Ukrainian)
4. DSTU B EN 197-1:2015. *Cement. Chastina 1. Sklad, tehnichni umovi ta kriterii vidpovidnosti dlya zvichajnih cementiv* [Cement. Part 1. Composition, technical conditions and conformity criteria for conventional cements]. To replace DSTU B EN 197-1:2008; valid from 2016-07-01. View. ofits. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine Publ., 2016, 23 p. (in Ukrainian)
5. DSTU b V. 2.7-224:2009. *Budivel'ni materialy. Betoni pravila kontrolyu micnosti* [Building materials. Concrete strength control rules]. Introduced for the first time (with the abolition of GOST 18105-86); valid from 2010-09-01. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine Publ., 2010, 23 p. (National Standard of Ukraine). (in Ukrainian)
6. DSTU-N B V.1.2-18.2016. *Nastanova schodo obstezhennya budivel' i sporud dlya viznachennya ta ocinki ih tehnicnogo stanu* [Guidelines for inspection of buildings and structures to determine and assess their technical condition]. Kyiv : SE UkrSRNC Publ., 2017, 43 p. (National Standard of Ukraine). (in Ukrainian)
7. DSTU B V.2.7-220:2009. *Betony. Vyznachennya mitsnosti mekhanichnymy metodamy neruynivnoho kontrolyu* [Concrete. Determining the strength of concrete by non-destructive methods]. Introduced for the first time (with the abolition of GOST 22690-88); valid from 2010-09-01. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine Publ., 2010, 20 p. (National Standard of Ukraine) (in Ukrainian).
8. DSTU B V.2.7-226:2009. *Betony. Ul'trazvukovyj metod vyznachennya mitsnosti* [Concrete. Ultrasonic method for determining the strength]. Effective from 2010-09-01. Kyiv : SE Ukrarkhbudininform Publ., 2010, 27 p. (National standard of Ukraine) (in Ukrainian).
9. DSTU b V. 2.7-223:2009. *Budivel'ni materialy. Betony metody vyznachennya mitsnosti za zrazkami, vidibranyymi z konstruksiy* [Building materials. Concrete methods for determining the strength of samples taken from structures]. Introduced for the first time (with the abolition of GOST 22690-88); valid from 2010-09-01. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine Publ., 2010, 12 p. (National Standard of Ukraine). (in Ukrainian)

10. MAPEI. Mapegrout Tissotropico. Materiali i tehnicni rishennya [Materials and technical solutions]. URL: <https://www.mapei.com/ua/uk/materialy-i-tehnicni-rishennia/spysok-materialiv/detalno-pro-material/mapegROUT-tissotropico>. (in Ukrainian)

11. Kolokhov V.V. and Kolokhov O.V. *Zmina chasu poshyrennya ul'trazvukovykh kolyvan' u betoni za zminy umov provedennya vymiryuvan'* [Change of propagation time of ultrasonic oscillations in concrete with changes in measurement conditions]. *Visnik Pridniprovs'koï derzhavnoi akademii budivnictva ta arhitekturi* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2019, no. 2, pp. 95–104. (in Ukrainian)

12. Kolokhov V.V. and Kolokhov O.V. *Deyaki aspekty vymiryuvannya chasu poshyrennya ul'trazvukovykh kolyvan' u betoni* [Some aspects of measuring the propagation time of ultrasonic vibrations in concrete]. *Visnik Pridniprovs'koï derzhavnoi akademii budivnictva ta arhitekturi* [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. 2019, no. 3, pp. 58–65. (in Ukrainian)

13. Kolokhov V.V., Kozhanov Yu.O. and Zeziukov D.M. *Vplyv rivnya napruhy na shvydkist' rozpovsyudzhennya ul'trazvukovykh kolyvan' u betoni konstruktsiy* [Influence of stress level in concrete constructions at ultrasound speed]. [Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture]. –2019, no. 1, pp. 49–57. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції: 02.08.2021.