

УДК 625.70; УДК 658. 334
UDC 625.70; UDC 658. 334

DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-033-045

**КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА
ОБ'ЄКТАХ ВЕЛИКОГО БУДІВНИЦТВА**

**QUALITY CONTROL OF CEMENT-CONCRETE ROAD SURFACES AT LARGE
CONSTRUCTION FACILITIES**



*Гамеляк Ігор Павлович, доктор технічних наук, професор, завідувач
кафедри «Аеропорти», Національний транспортний університет*

<https://orcid.org/0000-0001-9246-7561>



*Дмитриченко Андрій Миколайович, кандидат технічних наук,
доцент, доцент кафедри транспортного права та логістики,
Національний транспортний університет*

<https://orcid.org/0000-0001-6144-7533>



*Кривобок Олександр Вікторович, аспірант, Національний
транспортний університет, Київ, Україна,
shuriksan1995@gmail.com,*

<https://orcid.org/0000-0002-5424-8664>

Анотація. Стаття присвячена контролю якості цементобетонних покриттів автомобільних доріг на об'єктах Великого будівництва.

Мета роботи. Удосконалення методів розрахунку характеристичних та розрахункових значень міцності цементобетону.

Об'єкт дослідження – цементобетонне покриття автомобільних доріг.

Метод дослідження: науково-експериментальний.

В статті наведено: процес контролю якості при будівництві цементобетонного покриття та основи, проведено статистичну обробку експериментальних даних міцності на стиск та розтяг при згині, виконано порівняльну характеристику нормативних документів та зазначено основні зміни між ними, також проведено аналіз європейського стандарту. Наведено значення толерантної межі t для розрахунку характеристичних та розрахункових значень міцності при кількості випробувань $n = 25$ при різній надійності для транспортних конструкцій та споруд та законах розподілу. Проведено розрахунок та порівняння характеристичних та розрахункових значень міцності бетону згідно з національним стандартом та європейським.

Результати статті можуть бути використані при розрахунку характеристичних та розрахункових значень міцності цементобетону під час підбору складу цементобетонної суміші.

Ключові слова: дорожній цементобетон, контроль якості, статистичний приймальний контроль, цементобетонна суміш.

Вступ. Контроль якості полягає у встановленні відповідності дорожньо-будівельних матеріалів, виробів, конструкцій, сировини і дорожньо-будівельних робіт вимогам нормативних, технологічних і проектних документів, та недопущення відхилень від них, підвищення оперативності та ефективності усунення дефектів і недоліків, а також запобігання їх виникненню у подальшому (рис.1).

Якість і довговічність автомобільних доріг з цементобетонним покриттям залежить від великої кількості факторів, які мають стохастичну природу.

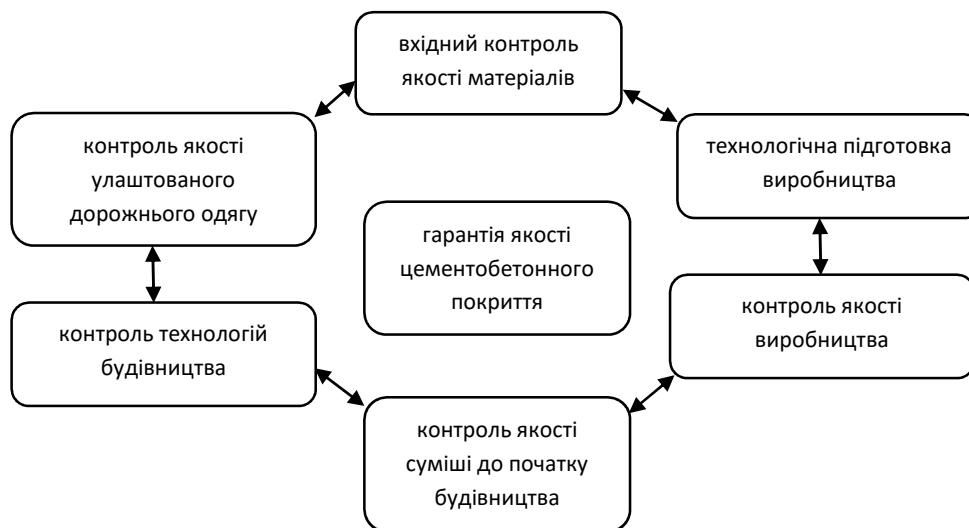


Рисунок 1.1 – Схема взаємозв'язку основних елементів при контролі якості цементобетонного покриття

Figure 1.1 – Diagram of the relationship between the main elements in the cement concrete pavement quality control

Дорожній цементобетон отримується в результаті твердіння цементобетонної суміші, призначений для будівництва основи та покриття жорсткого дорожнього та аеродромного одягу, який є різновидом важкого бетону і характеризується підвищеними вимогами до міцності на розтяг за згином, за стиранистю, морозостійкістю та корозійною стійкістю. Суміші цементобетонні дорожні це раціонально підібрана і перемішана суміш, що складається з цементного в'язучого, крупного та дрібного заповнювачів, води та хімічних добавок і, за потреби, мінеральних добавок [1].

Під жорстким розуміють покриття, деформативність і міцність якого практично не залежать від температури, тривалості дії навантаження і вологості, і саме таким покриття містить цементобетонні шари. Перевагою цементобетону над асфальтобетоном є те, що жорсткість і міцність цементобетонного покриття не знижуються з підвищенням температури або збільшенням тривалості дії навантаження.

Термін служби 20 – 25 років до ремонту є звичайним для цементобетонних покриттів в США, а в країнах Західної Європи він часто перевищує 30 – 40 років, що приблизно в 2 – 3 рази більше міжремонтного терміну служби асфальтобетону. Поширеність цементобетону на дорогах в усьому світі становить за різними даними від 10 до 60 % [2].

При цьому зазначені показники терміну служби досягаються головним чином від якості проекту, матеріалів, які використовуються і технологічних процесів. Одним із головних факторів є контроль якості, який відіграє особливу роль в комплексній системі управління якістю продукції дорожнього будівництва.

Аналіз стану справ.

При будівництві цементобетонного покриття та основи здійснюють контроль за дотриманням вимог будівельних норм та нормативних документів.

Вимоги до контролю якості цементобетону, а також цементобетонної суміші здійснюють відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.3-36 [3], а також ДСТУ 8858 [1].

Контроль якості вихідних матеріалів для приготування цементобетонних сумішей на ЦБЗ або змішувальних установках (цемент, пісок, крупний заповнювач, вода і добавки) підлягають вхідному контролю на відповідність нормативним документам.

Для цементу контроль проводять при надходженні кожної партії, а при тривалому зберіганні – через кожен місяць після першого контролю якості, для піску проводять шляхом визначення не менше одного разу за зміну вологості, зернового складу, модуля крупності, вмісту пилюватих і глинистих часток методом відмучування.

Контроль якості крупного заповнювача полягає у визначенні не менше одного разу в зміну вологості, зернового складу, в тому числі вміст пилюватих і глинистих часток. Визначення інших властивостей здійснюється для кожної нової партії.

Концентрацію робочих розчинів добавок слід контролювати на початку зміни та після приготування кожної нової порції розчину. Після відповідних перевірок якості матеріалів виконується приготування цементобетонної суміші.

Контроль якості цементобетонної суміші здійснюють згідно з ДСТУ Б В.2.7-96, ДСТУ Б В.2.7-176, ДСТУ Б В.2.7-114 [4 – 6].

Контроль якості цементобетонної суміші та цементобетону здійснюється на ЦБЗ і безпосередньо на місці влаштування шару покриття чи основи. Контроль міцності бетону у готовому покритті допускається здійснювати шляхом відбору та випробування кернів або ультразвуковим імпульсним методом. Доцільно впровадити вирізання зразків призм для більш точного контролю якості, особливо для бетонів, що ущільнюються котками.

Для визначення міцності бетону у готовому покритті або шарі основи відбирають не менше ніж три керни на кожних 9000 м² покриття та випробовують їх згідно з ДСТУ Б В.2.7-223, ДСТУ Б В.2.7-224 [7, 8]. Марку бетону за морозостійкістю для дорожнього покриття необхідно визначати згідно з ДСТУ Б В.2.7-47 і ДСТУ Б В.2.7-49 [9, 10].

Заключним етапом є контроль якості цементобетонного покриття руйнівними та неруйнівними методами (ультразвуковий метод, вимірювання відскоку склерометром тощо), зокрема вимірювання чаші прогину установкою з падаючим вантажем FWD.

Постановка проблеми.

Науковий підхід до проблеми управління якістю неможливий без застосування статистичних методів забезпечення якості. Одним із таких методів є статистичне регулювання технологічних процесів масового виробництва штучної і нештучної продукції. Статистичне регулювання технологічного процесу полягає в тому, що у визначений момент часу із сукупності одиниць продукції, які пройшли контролюючий процес, вибирають вибірку і вимірюють контролюючий параметр. За результатами вимірювань приймають рішення про корегування процесу або про продовження процесу без корегування [11].

Для забезпечення статистично керованого стану технологічних процесів у дорожньому будівництві, необхідно щоб якість матеріалів, що використовуються гарантовано відповідала встановленим вимогам.

Статистичний приймальний контроль матеріалів та відбракування матеріалів які не відповідають встановленим вимогам дозволить підтримувати технологічний процес будівництва цементобетонних доріг на прийнятному стабільному рівні, попередити витрати на руйнування доріг, та зробити висновки про технологію виготовлення матеріалів та вибирати виробників матеріалів які мають стабільні показники якості.

Задача статистичного керування процесами – забезпечення і підтримка на прийнятному і стабільному рівні, що гарантує відповідність продукції і технологічних операцій встановленим вимогам. [12].

Мета роботи. Аналіз даних з контролю якості покриттів із цементобетонних автомобільних доріг на об'єктах Великого будівництва за результатами випробувань міцності на стиск та згин цементобетонних зразків.

Основна частина.

В лабораторії жорсткого дорожнього одягу ДП «ДерждорНДІ» в рамках наукового-технічного супроводу виконується періодичний контроль якості цементобетону, цементобетонних зразків-кубів та зразків-балок на відповідність проектним показникам. На об'єктах Н-14 Олесандрівка – Кропивницький – Миколаїв на ділянці км 153+196 – км 161+204, Миколаївська область та М-14 Одеса – Мелітополь – Новоазовськ (на м. Таганрог) на ділянці км 126+000 – км 129+122, Миколаївська

область було здійснено відбір зразків-кубів та зразків-балок та їх випробування. На об'єкті Т-26-08 Сторожинець – Контрольно пропускний пункт «Красноільськ» на ділянці км 21+354 – км 28+694 у Чернівецькій області. Науково-технічний супровід не здійснювався, але підрядною організацією було надано результати випробувань. Дані складу цементобетонних сумішей наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Склади цементобетонних сумішей
Table 1 – Compositions of cement-concrete mixtures

Об'єкт	T2608	H-14	M-14
Кілометр	км 21+354 – км 28+694	км 153+196 – км 161+204	км 126+000 – км 129+122
Склад суміші	кг/ на 1 куб. м		
Щебінь фр. 10-20 мм	825	735	735
Щебінь фр. 5-10 мм	440	565	565
Пісок	640	525	525
Цемент ПЦ І 500 - Н	360	440	440
Пластифікатор	Muraplast FK59	Muraplast FK59	Muraplast FK59
	2,52	4,4	4,4
Повітровтягувальна добавка	Centrament air 202 (konz)	Centrament air 202	Centrament air 202
	2,52	3,52	3,52
Вода	140	140	140
В/Ц	0,39	0,32	0,32
Підрядник	ТОВ «Бетонні покриття та технології»	ТОВ «Європейська дорожно-будівельна компанія»	
Кількість випробуваних зразків	53	15	23

Результати статистичної обробки даних по об'єктах наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати статистичної обробки даних по об'єктах
Table 2 – Results of statistical data processing by objects

Об'єкт	T2608			H14			M14		
	Густ- ина, т/м ³	Границя міцності, МПа		Густ- ина, т/м ³	Границя міцності, МПа		Густ- ина, т/м ³	Границя міцності, МПа	
		на стиск	на розтяг при згині		на стиск	на розтяг при згині		на стиск	на розтяг при згині
мін.	2,29	37,0	4,6	2,39	39,10	5,8	2,35	40,1	5,8
макс.	2,41	47,8	5,1	2,48	45,30	6,1	2,45	43,7	6,2
різниця	0,12	10,8	0,5	0,09	6,20	0,3	0,10	3,6	0,4
середнє	2,35	42,65	4,87	2,43	41,78	5,94	2,41	41,80	6,06
СКВ	0,032	2,35	0,14	0,029	1,839	0,10	0,029	1,13	0,15
коєф. варіації (фактичний)	1,36	5,50	2,91	1,18	4,40	1,62	1,19	2,70	2,48
розрахунове значення	2,40	38,8	4,6	2,39	38,77	5,8	2,36	39,9	5,8
при варіації 13,5%		33,2	3,8		32,5	4,6		32,5	4,7
проектний клас міцності		B30	Btb3,6		B30	Btb4,4		B30	Btb4,4

Аналіз даних випробувань майже 100 зразків на трьох об'єктах Великого будівництва вказує на відповідність випробуваних цементобетонів проектному класу міцності Btb3,6 для автомобільної дороги III категорії (T2608) та Btb4,4 – для I категорії. Причому, звертає на себе увагу дуже малі значення коефіцієнту варіації міцності як на стиск (значення змінюються від 2,7 до 5,5%) та варіації міцності розтяг при згині (від 1,62 до 2,91%). Ці значення 2,5 – 5 раз менше для міцності на стиск та 4,7 – 8,3 раз менші від загальногалузевого значення 13,5%.

Удосконалення методики встановлення класу міцності бетону.

Для побудови статистичного ряду значної довжини було використано дані випробувань міцності цементобетону на стиск та розтяг при згині, надані лабораторією ЦБЗ (підрядної організації) протягом 3 - х місяців 2019 року на автомобільній дорозі Н 31 Дніпро – Царичанка – Кобеляки - Решетилівка. На рис. 2 наведено графік зміни подовгово даних випробувань.

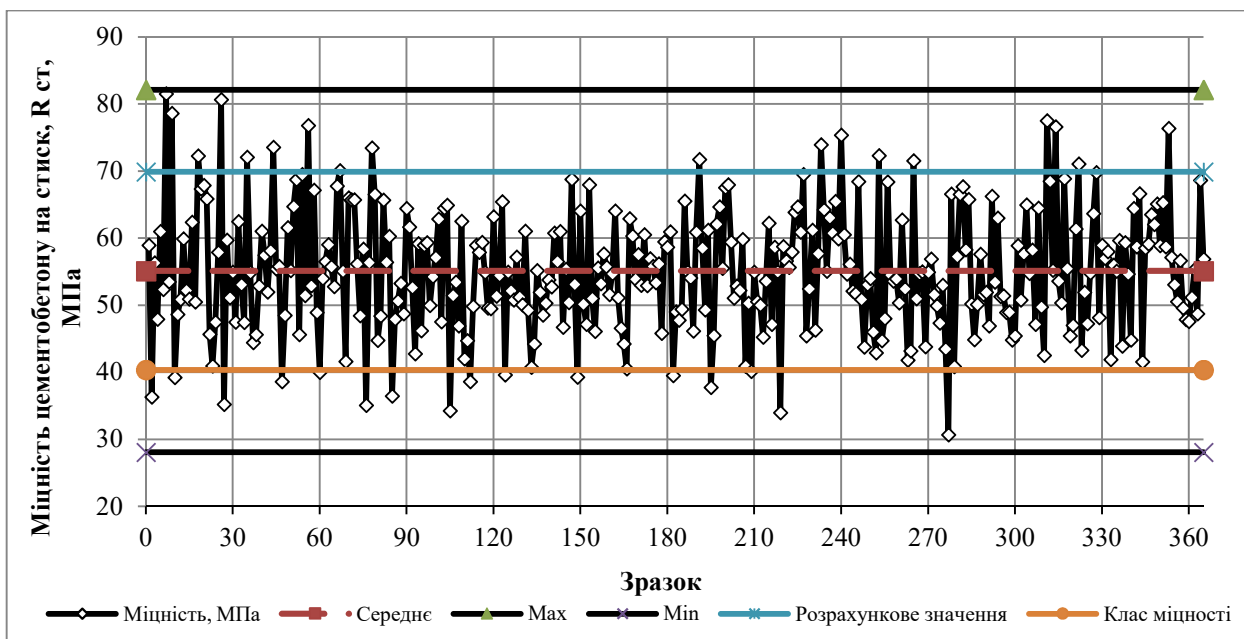
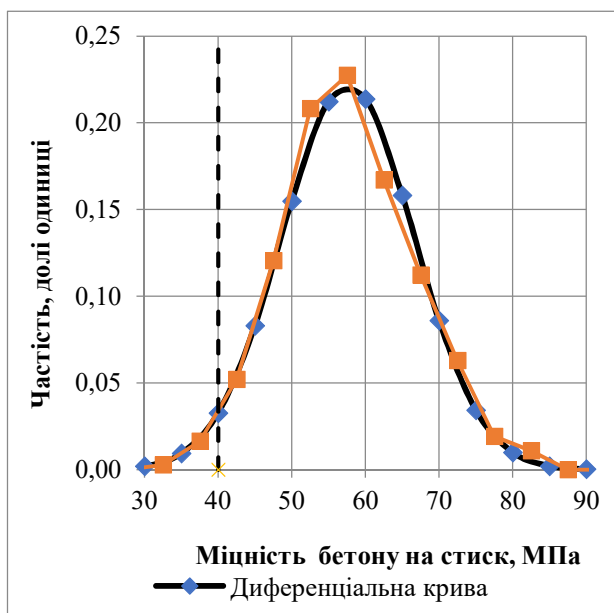


Рисунок 2 – Статистичний ряд випробувань міцності цементобетону на стиск лабораторією ЦБЗ протягом 3 - х місяців

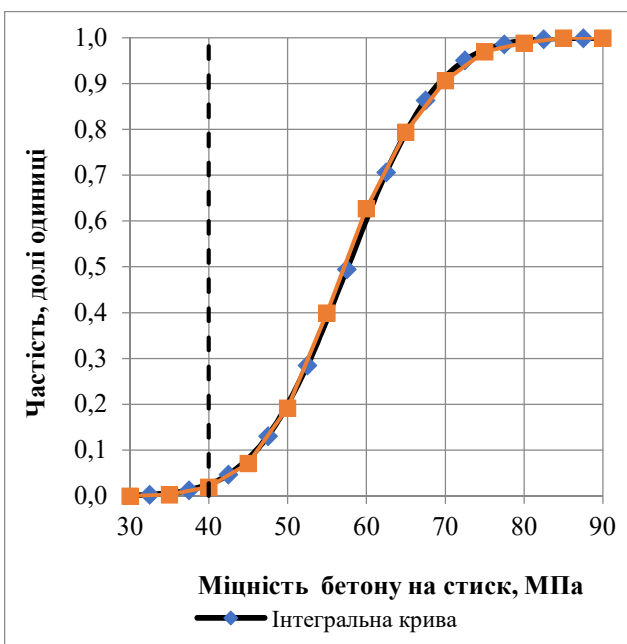
Figure 2 – A statistical series of tests of the compressive strength of cement concrete by the CCP laboratory during 3 months

Було виконано обробку даних лабораторних випробувань міцності на стиск у кількості 365 значень (протягом 3-х місяців 2019 року) які наведені на рис. 3, також було виконано обробку даних у кількості 291 значень (протягом вересня 2022 року) які наведені на рис. 4. Результати статистичної обробки наведено в зведеній табл. 3.

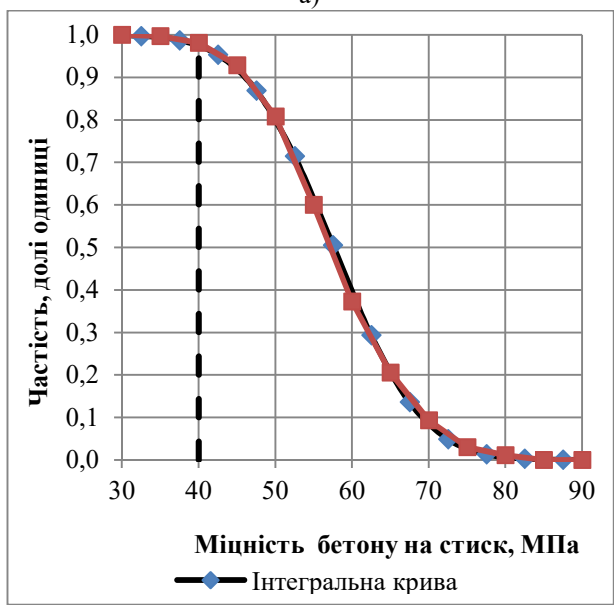
Дані випробувань надані у вересні 2022 р. апроксимуються усіченими нормальним законом. Причому відсутні дані з міцністю 40 МПа і нижче. А кількість даних в діапазоні від 40 до 45 МПа є дещо завищеною. Причиною може бути відсутність ряду результатів випробувань або вибраковка зразків із низькими значеннями міцності.



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Нормальний розподіл міцності цементобетону на стиск наданих лабораторією ЦБЗ за квітень 2019 року
а) графік полігону частостей та диференціальна крива;
б) графік накопичених частостей та інтегральна крива;
в) експериментальна та теоретична крива надійності

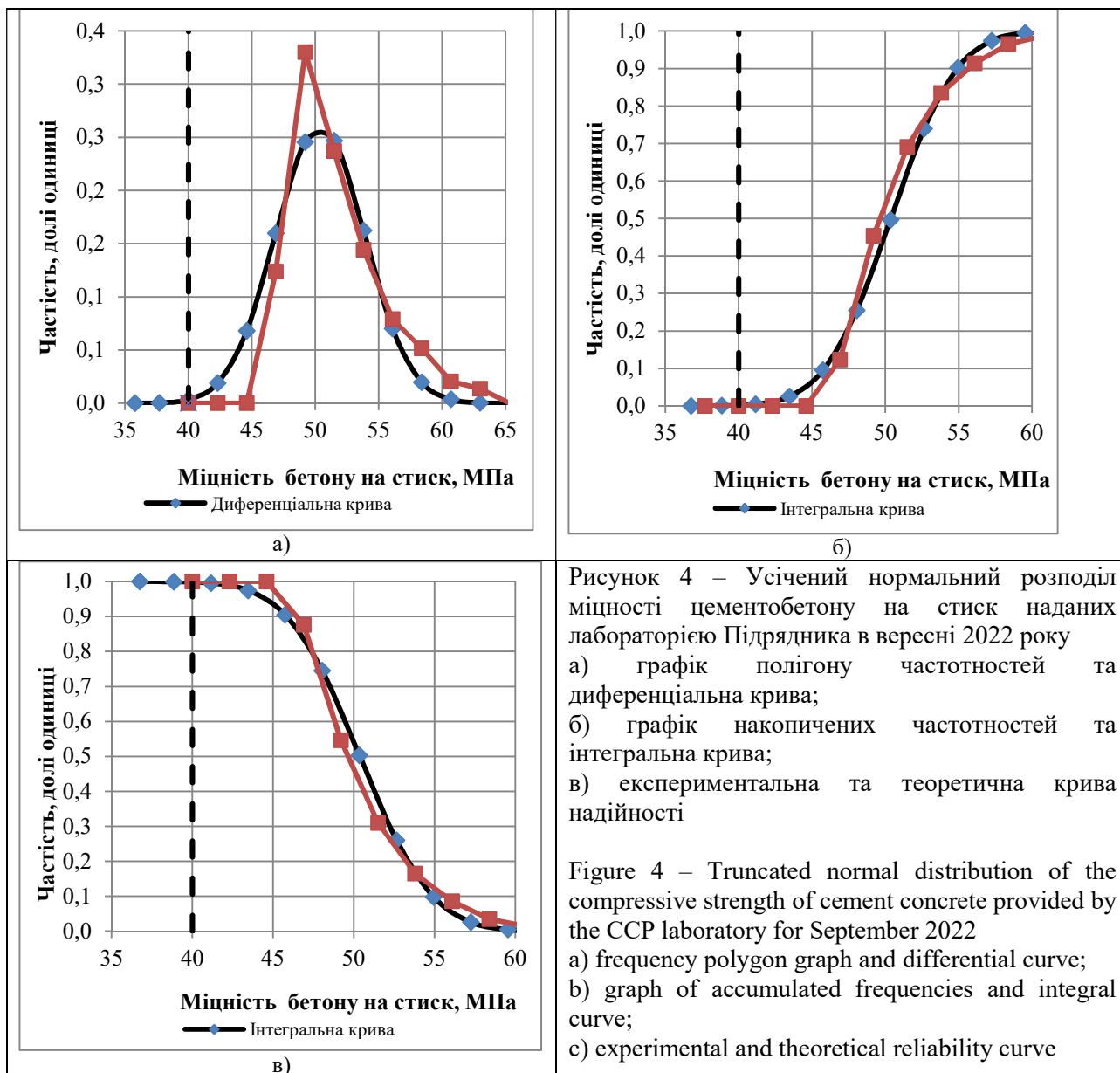
Figure 3 – Normal distribution of the compressive strength of cement concrete provided by the CCP laboratory for April 2019

a) frequency polygon graph and differential curve;
b) graph of accumulated frequencies and integral curve;
c) experimental and theoretical reliability curve

Аналіз результатів випробувань міцності на розтяг при згині

Для побудови статистичного ряду було використано дані випробувань міцності цементобетону на розтяг при згині надані лабораторією ЦБЗ (підрайонної організації) протягом 2022 року.

Було виконано обробку даних лабораторних випробуванням міцності на розтяг при згині у кількості 97 значень які наведені на рис. 5 та в табл. 3.



За критеріями Кохрена та Фішера експериментальні дані рисунків 3 – 5 з великим ступенем достовірності апроксимуються нормальним законом розподілу (диференціальна функція):

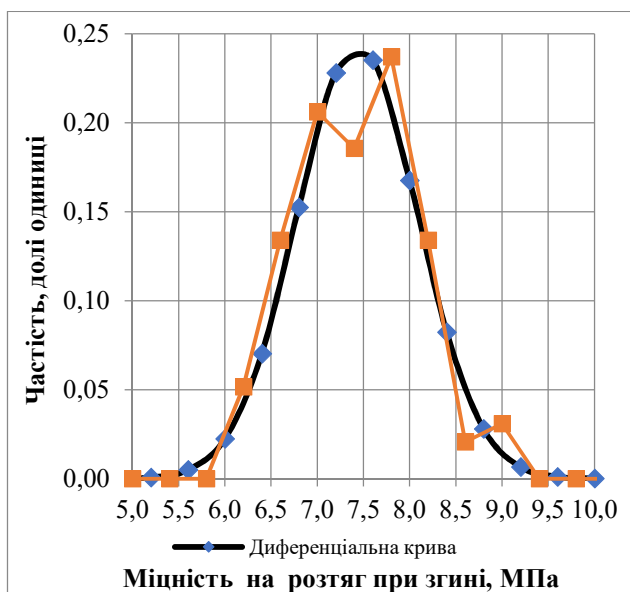
$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

де параметр $\mu = M(x)$ – математичне сподівання величини x , для міцності R_{cp} ; параметр σ^2 – дисперсія величини x ($\sigma(S_R)$ - середньо-квадратичне (стандартне) відхилення).

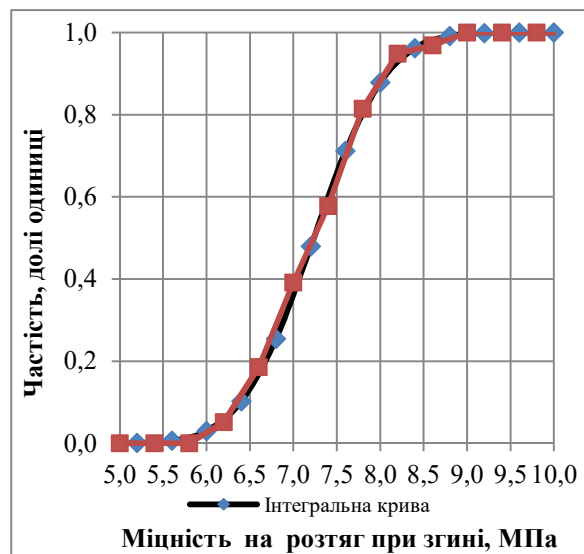
Коефіцієнт варіації визначається за формулою:

$$V = \frac{S_R}{R_{cp}} \cdot 100, \quad (2)$$

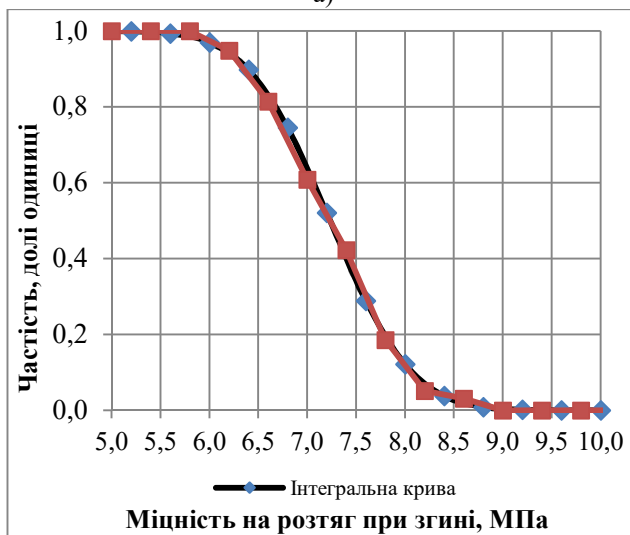
Отримані значення $V_{tb6,0}$ значно перевищують проектний клас міцності на розтяг при згині $V_{tb} 4,4$, що прийнято при розрахунках конструкції дорожнього одягу I-шої категорії. Це потребує додаткового вивчення, так як кореляція між міцністю на стиск та згин для всього масиву даних недостатньо прослідковується, а відношення міцності на стиск та міцності на розтяг при згині рівне 7,0, що менше загальноприйнятого значення 9 – 12.



а)



б)



в)

Рисунок 5 – Нормальний розподіл міцності цементобетону на розтяг при згині за даними 2022 р.

- а) графік полігону частотостей та диференціальна крива;
- б) графік накопичених частотостей та інтегральна крива;
- в) крива надійності.

Figure 5 – Normal distribution of the flexural tensile strength of cement concrete based on 2022 data.

- a) frequency polygon graph and differential curve;
- b) graph of accumulated frequencies and integral curve;
- c) reliability curve.

Клас міцності згідно ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Жорсткий дорожній одяг [13] визначається за формулою

$$B = B_c \times (1 - 1,64 \times 13,5/100) \tag{3}$$

При наявності аналізованого періоду та статистичних характеристик бетону (фактичної однорідності) за міцністю середній рівень міцності R_y визначають за формулою:

$$R_y = R_t \times K_{мп} , \tag{4}$$

де $B_{норм}$ – нормоване значення міцності бетону, МПа (клас дорожнього бетону за міцністю на розтяг при вигині B_{btb}); R_t - коефіцієнт необхідної міцності згідно з ГОСТ 18105-86 [14] (який замінений на ДСТУ Б В.2.7-224 [15]); $K_{мп}$ коефіцієнт враховує середній за аналізований період коефіцієнт варіації:

$$R_y = R_{норм} \times \frac{R_t}{100} K_{мп} , \tag{5}$$

де $R_{\text{норм}}$ – нормоване значення міцності бетону, МПа (для бетону даної марки за міцністю на розтяг); $K_{\text{мп}}$ – коефіцієнт необхідної міцності згідно з [14, 15]. Для випадку, коли аналізований період відсутній (відсутні дані про фактичну однорідність), R_y згідно з ГОСТ 27006-86 [16] (який замінений на ДСТУ Б В.2.7-215 [17]) слід приймати рівним необхідної міцності R_t згідно з [14, 15] для бетону цього класу або марки при коефіцієнті варіації 13,5 %. Це означає, що середній рівень міцності у зазначеному випадку

$$R_y = 1,28 \times B_{\text{норм}}, \text{ або } R_y = R_{\text{норм}}; \quad (6)$$

Інакше трактує цей випадок у [14, 15] з якого:

$$R_y = 1,1 \times 1,28 B_{\text{норм}}, \text{ або } R_y = 1,1 \times R_{\text{норм}}; \quad (7)$$

Таблиця 3 – Статистична обробка експериментальних даних міцності на стиск та розтяг при згині
Table 3 – Statistical processing of experimental compressive strength data and flexural tension

Властивості	Міцність на стиск Періоди випробувань		Міцність на розтяг при згині
	Квітень 2019 р.	Вересень 2022 р.	Дані 2022 р.
Max	81,57	62,00	8,75
Min	30,71	44,90	5,82
Розмах Max-Min	50,86	17,10	2,93
Середнє	55,11	50,38	7,23
Стандарт	9,01	3,54	0,66
Коефіцієнт варіації	16,34	7,02	9,08
Розрахункове значення	40,34	44,58	6,16
Кількість даних випробувань	365	291	97
Інтервали (кількість діапазонів)	9,512	9,185	7,6
Приймаємо n=	9	9	8
Крок інтервалу	5,65	1,9	0,37
Приймаємо h	5	2,3	0,4
Клас бетону на стиск	B40	B40	Btb 6,0

Таким чином, за відсутності даних щодо фактичної однорідності бетону за міцністю середній рівень міцності, на який слід підбирати склад бетонної суміші, згідно з [14, 15] на 10 % більше R_y згідно [16, 17]. Іншими словами, дозволяє в початковий період вибирати склад бетонної суміші, як у цей період бетон має фактичний коефіцієнт варіації міцності 13,5 % або вірніше 13,0 %.

Однак, оскільки приймання партій бетону і в цей початковий період здійснюють згідно з [14, 15] то при призначенні за [16, 17] підрядник ризикує отримати бетон з міцністю меншою за необхідну, оскільки після розгляду аналізованого періоду фактичний коефіцієнт варіації може виявитися меншим за 13,0 -13,5 %.

Основними змінами в ДСТУ Б В.2.7-224 який став заміною ГОСТУ 18105-86 є:

- позначення $R_m - F_{c,cube}; R_i - f_{ci}; S_t - S_n; V_m - V_c; V_n - V_{cm}; R_T - f_c; B_{\text{норм}} - C_n; R_y - f_{cm}; R_{\text{норм}} - f_n$.

- в ГОСТ 18105-86 [14] відсутній коефіцієнт варіації 13,5, а в ДСТУ Б В.2.7-224 [15] він є.

Аналіз ГОСТ 18105-86 та ДСТУ Б В.2.7-224 вказує на їх ідентичність, окрім вказаних вище змін.

В той же час в EN 1990:2002 [18] визначають характеристичне і розрахункове значення міцності в такий спосіб:

- характеристичне значення визначають за формулою

$$f_c = R_{cp} - t * S_R, \quad (8)$$

або враховуючи (2)

$$f_c = R_{cp} \left(1 - t \cdot \frac{V_R}{100} \right) = R_{cp} \text{ (Кнеоднорідності)}, \quad (9)$$

де f_c – характеристичне значення міцності бетону; R_{cp} – середнє значення міцності цементобетону; t – толерантна межа, що враховує обсяг вибірки показника міцності та необхідну забезпеченість розрахункового опору; S_R – стандартне відхилення; V_R – коефіцієнт варіації у відсотках.

При визначенні розрахункового значення міцності бетону f_c приймається згідно Єврокоду. Наприклад, кількості даних випробувань 25, при нормальному законі розподілу визначається за формулою 8 або 9 при $t=1,64$.

В таблиці 4 наведено значення толерантної межі t для розрахунку характеристичних та розрахункових значень міцності при кількості випробувань $n = 25$ при різній надійності для транспортних конструкцій та споруд та законах розподілу. Якщо менше 25 випробувань з серії то краще використовувати t -розподіл Стьюдента.

Таблиця 4 – Значення толерантної межі t для розрахунку характеристичних та розрахункових значень міцності

Table 4 – The value of the tolerance limit for calculating characteristic and design strength values

Параметри для закону розподілу	Об'єкт транспортного будівництва								
	Спеоб'єкти	Мости (плита проїзної частини)	Аеродромні покриття	Категорія автомобільної дороги					
				I-a	I-б-II	III	IV	-	V
Забезпеченість	0,001	0,003	0,01	0,03	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25
Рівень довіри (надійність)	0,999	0,997	0,99	0,97	0,95	0,9	0,85	0,80	0,75
Нормальний закон розподілу	3,090	2,748	2,326	1,881	1,645	1,282	1,036	0,842	0,674
Розподіл Стьюдента для двосторонньої критичної області	3,725	3,287	2,784	2,301	2,06	1,708	1,485	1,316	1,178
-/- для односторонньої критичної області	3,450	3,003	2,485	1,970	1,708	1,316	1,058	0,856	0,684
Коефіцієнт неоднорідності $k_{неодн}$	0,583	0,629	0,686	0,746	0,778	0,827	0,860	0,886	0,909
	0,497	0,556	0,624	0,689	0,722	0,769	0,800	0,822	0,841
	0,534	0,595	0,665	0,734	0,769	0,822	0,857	0,884	0,908
Коефіцієнт запасу на неоднорідність з урахуванням надійності $k_{зпнеодн} = 1/k_{неодн}$	1,716	1,590	1,458	1,340	1,285	1,209	1,163	1,128	1,100
	2,012	1,798	1,602	1,451	1,385	1,300	1,251	1,216	1,189
	1,872	1,682	1,505	1,362	1,300	1,216	1,167	1,131	1,102

Для розрахунку середнього значення (математичного сподівання) міцності при контролі якості при відомому значенні класу міцності на розтяг при згині, які відповідають різним коефіцієнтам рівня довіри(надійності) від 0,75 до 0,999 знаходяться за формулою:

$$R_{cp} = \mu_R = \frac{B_{btb}}{(1-t \cdot V_R/100)} = \frac{B_{btb}}{k_{неодн}} = B_{btb} \cdot k_{зпнеодн}, \quad (10)$$

Де прийнято $k_{неодн} = \left(1 - t \cdot \frac{V_R}{100} \right)$

Наприклад, при одному і тому ж значенню класу міцності на розтяг при згині $B_{btb} = 4,4$ середнє значення міцності, яке контролюється лабораторією має бути для автомобільної дороги I технічної категорії – $4,4 / (1 - 1,881 \cdot 0,135) = 4,4 / 0,746 = 5,90$ МПа; для II технічної категорії – $4,4 / (1 - 1,64 \cdot 0,135) = 4,4 / 0,778 = 5,65$ МПа, а для аеродромних покриттів $4,4 / (1 - 2,326 \cdot 0,135) = 4,4 / 0,685 = 6,42$ МПа. Наприклад, при одному і тому ж значенню класу міцності на розтяг при згині $B_{btb} = 4,4$ середнє значення міцності, яке контролюється лабораторією має бути для автомобільної дороги I – шості технічної категорія $4,4 / (1 - 1,881 \cdot 0,135) = 4,4 / 0,746 = 5,90$ МПа; для II – гої $4,4 / (1 - 1,64 \cdot 0,135) = 4,4 / 0,778 = 5,65$ МПа, а для аеродромних покриттів $4,4 / (1 - 2,326 \cdot 0,135) = 4,4 / 0,685 = 6,42$ МПа.

Висновки

Для забезпечення надійності конструкції жорсткого дорожнього одягу, одним з основних напрямків є контроль якості, а саме відбір проб готової продукції або напівфабрикатів і співставлення їх результатів з вимогами стандартів, технічних умов або проектного рішення. Статистична обробка масиву даних дасть змогу забезпечити і підтримувати на прийнятному та стабільному рівні якість, що гарантуватиме відповідність продукції і технологічних операцій встановленим вимогам.

Проведено статистичну обробку експериментальних даних міцності на стиск та розтяг при згині, виконано порівняльну характеристику нормативних документів та зазначено основні зміни між ними, також проведено аналіз європейського стандарту.

Проведено розрахунок та порівняння характеристичних та розрахункових значень міцності цементобетону згідно з національним стандартом та європейським.

Під час контролю якості для розрахунку середнього значення міцності, при відомому значенні класу міцності на розтяг при згині і стиску, слід враховувати параметри закону розподілу, які відповідають різним коефіцієнтам рівня довіри (надійності) у залежності від об'єкта транспортного будівництва. При одному і тому ж значенні класу міцності на розтяг при згині $B_{btb} = 4,4$, середнє значення міцності, яке контролюється лабораторією повинно відповідати: для автомобільної дороги I технічної категорії $4,4 / (1 - 1,881 \cdot 0,135) = 4,4 / 0,746 = 5,90$ МПа, а при звичному розрахунку середнє значення дорівнює $4,4 / (1 - 1,64 \cdot 0,135) = 4,4 / 0,778 = 5,65$ МПа

Перелік посилань

1. ДСТУ 8858:2019 Суміші цементобетонні дорожні та цементобетон дорожній. Технічні умови.
2. Гамеляк І.П., Островерхий О.Г., Мороз В.С. Історія та перспективи будівництва цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів в Україні // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. Вип. 106. 2019.
3. ДСТУ Н Б В.2.3-36:2016 Настанова з влаштування жорсткого дорожнього одягу.
4. ДСТУ Б В.2.7-96-2000 Суміші бетонні. Технічні умови.
5. ДСТУ Б В.2.7-176:2008 Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови.
6. ДСТУ Б В.2.7-114-2002 Суміші бетонні. Методи випробувань.
7. ДСТУ Б В.2.7-223:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій.
8. ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Бетони. Правила контролю міцності.
9. ДСТУ Б В.2.7-47-96 Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги.
10. ДСТУ Б В.2.7-49-96 Бетони. Прискорені методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні.
11. Гамеляк І.П., Цимбал М.А., Статистичне управління якістю за допомогою контрольних карт якості. Збірник наукових праць НТУ: 339-343.
12. Гамеляк І.П., Дмитренко Л.А. Статистичний контроль якості геосинтетичних матеріалів // К.: Вісник КНУТД. - № 4 (60), 2011. – С. 12 - 16.
13. ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування.
14. ГОСТ 18105-86 Бетони. Правила контролю міцності.
15. ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Бетони. Правила контролю міцності.

16. ГОСТ 27006-86 Бетони. Правила підбору складу.
17. ДСТУ Б В.2.7-215:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу.
18. EN 1990:2002 Eurocode – Basis of structural design. European Committee for Standardization. Brussels: 2003
19. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.
20. ДБН 362-93. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації. Держбуд України. К.: Укрархбудінформ, 1995.
21. Гамеляк І.П., Гнатів М.Я., Іваниця Ю.П. Неоднорідність фізико-механічних характеристик асфальтобетону. "Автошляховик України", Київ, 1997, с. 34-36.
22. Гамеляк І.П., Гнатів М.Я. Статистичний розподіл показників фізико-механічних характеристик асфальтобетону // Автошляховик України, Київ, 1997, №4, с. 37-39.
23. Гамеляк І.П., Гнатів М.Я., Іваниця Ю.П. Кореляційно-регресійний аналіз показників властивостей асфальтобетону // Автошляховик України", Київ, 1998, № 1, С. 38-40.
24. ДСТУ 3514-97 Статистичні методи контролю та регулювання. Терміни та визначення.
25. ДСТУ ISO/TR 10017:2005 Настанови щодо застосування статистичних методів" згідно з ISO серії 9001.

QUALITY CONTROL OF CEMENT-CONCRETE ROAD SURFACES AT LARGE CONSTRUCTION FACILITIES

Gameliak Igor P., Doctor of Engineering Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, gip65@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9246-7561

Dmytrychenko Andij M., Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, andrew_d@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6144-7533

Kryvobok Oleksandr V., National Transport University, Kyiv, Ukraine, shuriksan1995@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5424-8664

Abstract. The article is devoted to quality

control of cement-concrete road surfaces at large construction facilities.

Purpose of work. Improvement of the methods of calculating the characteristic and design values of the cement concrete strength

The object of research is the cement concrete pavement.

Research method: experimental scientific-research.

The article provides: the quality control process in the construction of cement-concrete pavement and bottom, statistical processing of experimental values compressive and tensile strength, comparative characteristics in normative documents and the main changes between them are performed, also analysis of the European standard is carried out. The values of the tolerance limit t for calculating the characteristics and design values of strength are given, for the number of tests $n = 25$ with different reliability index for transport structures and distribution laws. The calculation and comparison of the characteristic and calculated design values of the cement concrete strength in accordance with the national standard and the European one is carried out.

The results can be used in the calculation of the characteristic and design values of the cement concrete strength during design of concrete mixes.

Key words: cement-concrete pavement, quality control, acceptance sampling for quality control, concrete mixture.

References

1. DSTU 8858:2019 Sumishi tsementobetonni dorozhni ta tsementobeton dorozhniy. Tekhnichni umovy. [in Ukrainian].
2. Gameliak I.P., Ostroverkhyy O.H., Moroz V.S. Istoriya ta perspektyvy budivnytstva tsementobetonnykh pokryttiv avtomobil'nykh dorozh ta aerodromiv v Ukrayini // Avtomobil'ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. Vyp. 106. 2019. [in Ukrainian].
3. DSTU N B V.2.3-36:2016 Nastanova z vlashtuvannya zhorstkoho dorozhn'oho odyahu. [in Ukrainian].
4. DSTU B V.2.7-96-2000 Sumishi betonni. Tekhnichni umovy. [in Ukrainian].

5. DSTU B V.2.7-176:2008 Budivel'ni materialy. Sumishi betonni ta beton. Zahal'ni tekhnichni umovy. [in Ukrainian].
6. DSTU B V.2.7-114-2002 Sumishi betonni. Metody vyprobuvan'. [in Ukrainian].
7. DSTU B V.2.7-223:2009 Budivel'ni materialy. Betony. Metody vyznachennya mitsnosti za zrazkamy, vidibrany z konstruksiy. [in Ukrainian].
8. DSTU B V.2.7-224:2009 Betony. Pravyla kontrolyu mitsnosti. [in Ukrainian].
9. DSTU B V.2.7-47-96 Betony. Metody vyznachennya morozostiykosti. Zahal'ni vymohy. [in Ukrainian].
10. DSTU B V.2.7-49-96 Betony. Pryskoreni metody vyznachennya morozostiykosti pry bahatorazovomu zamorozhuvanni ta vidtavanni. [in Ukrainian].
11. Gameliak I.P., Tsybal M.A., Statystychno upravlinnya yakisty za dopomohoyu kontrol'nykh kart yakosti. Zbirnyk naukovykh prats' NTU: 339-343. [in Ukrainian].
12. Gameliak I.P., Dmytrenko L.A. Statystychnyy kontrol' yakosti heosyntetychnykh materialiv // K.: Visnyk KNUTD. - № 4 (60), 2011. – S. 12 - 16. [in Ukrainian].
13. HBN V.2.3-37641918-557:2016 Avtomobil'ni dorohy. Dorozhniy odyah zhorstkyy. Proektuvannya. [in Ukrainian].
14. GOST 18105-86 Betony. Pravyla kontrolyu mitsnosti. [in Ukrainian].
15. DSTU B V.2.7-224:2009 Betony. Pravyla kontrolyu mitsnosti. [in Ukrainian].
16. GOST 27006-86 Betony. Pravyla pidboru skladu. [in Ukrainian].
17. DSTU B V.2.7-215:2009 Budivel'ni materialy. Betony. Pravyla pidboru skladu. [in Ukrainian].
18. EN 1990:2002 Eurocode – Basis of structural design. European Committee for Standardization. Brussels: 2003. [in English].
19. DBN V.1.2-14-2009. Zahal'ni pryntsypy zabezpechennya nadiynosti ta konstruktyvnoyi bezpeky budivel', sporud, budivel'nykh konstruksiy ta osnov. [in Ukrainian].
20. DBN 362-93. Otsinka tekhnichnoho stanu stalevykh konstruksiy vyrobnychykh budivel' i sporud, shcho znakhodyat'sya v ekspluatatsiyi. Derzhbud Ukrayiny. K.: Ukrarkhbudininform, 1995. [in Ukrainian].
21. Gameliak I.P., Gnativ M.YA., Ivanytsya YU.P. Neodnorodnist' fizyko-mekhanichnykh kharakterystyk asfal'tobetonu. Avtoshlyakhovyk Ukrayiny", Kyiv, 1997, s. 34-36. [in Ukrainian].
22. Gameliak I.P., Gnativ M.YA. Statystychnyy rozpodil pokaznykiv fizyko-mekhanichnykh kharakterystyk asfal'tobetonu // Avtoshlyakhovyk Ukrayiny, Kyiv, 1997, №4, s. 37-39. [in Ukrainian].
23. Gameliak I.P., Gnativ M.YA., Ivanytsya YU.P. Korelyatsiyno-rehresiyyny analiz pokaznykiv vlastyvostey asfal'tobetonu // Avtoshlyakhovyk Ukrayiny", Kyiv, 1998, № 1, S. 38-40. [in Ukrainian].
24. DSTU 3514-97 Statystychni metody kontrolyu ta rehulyuvannya. Terminy ta vyznachennya. [in Ukrainian].
25. DSTU ISO/TR 10017:2005 Nastanovy shchodo zastosuvannya statystychnykh metodiv z hidno z ISO seriyi 9001. [in Ukrainian].