

УДК 691.32

Белоград А. Ю.<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0009-0005-8954-7823>Тихолаз Є. В.<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0009-0006-7835-8178>Приймаченко А. С.<sup>2</sup>, канд. техн. наук, <https://orcid.org/0000-0003-4335-5752><sup>1</sup>Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (КПІ ім. Ігоря Сікорського), м. Київ, Україна<sup>2</sup>Товариство з обмеженою відповідальністю «МЦ Баухемі» (ТОВ «МЦ Баухемі»), м. Київ, Україна

## ОГЛЯД ВИМОГ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ ЩОДО ВИБОРУ ТИПУ ЦЕМЕНТУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

### *Анотація*

**Вступ.** Післявоєнна відбудова України постає як один із найважливіших етапів у відновленні держави, що зазнала значних руйнувань та втрат. Відбудова потребує не лише фінансових інвестицій, а і комплексного підходу до розв'язання проблеми зруйнованих об'єктів інфраструктури та житлового фонду. Рішення, які потрібні сьогодні — це будівництво та виробництво будівельних матеріалів за принципами сталого розвитку з залученням найкращих Європейських практик та досвіду.

**Проблематика.** Євроінтеграція галузі виробництва будівельних матеріалів втілюється у вигляді Регламенту (ЄС) № 305/2011 [1], а з 1 січня 2023 року набирає чинності ЗУ «Про надання будівельної продукції на ринку» [2], що імплементує в національне законодавство положення Регламенту (ЄС) № 305/2011 [1].

При цьому паралельно з новими введеними європейськими стандартами ще діють попередні національні норми — Державні Стандарти України. Це призводить до ускладнення використання нормативної документації виробниками, замовниками, будівельними компаніями та проєктантами. Така ситуація повною мірою поширюється на галузь виробництва бетону та цементів загальнобудівельного призначення.

**Мета.** Огляд чинних стандартів України, які регулюють вибір проєктантами та виробниками бетонних сумішей необхідного типу цементу задля дотримання вимог довговічності бетонних конструкцій.

**Матеріали та методи.** У статті використовуються методи комплексного і системного аналізу, порівняльний аналіз та метод експертних оцінок.

**Результати.** Запропоновано зміни до вимог вибору типу цементу в залежності від експозиційних класів на основі таблиці 6.2 у редакції Зміни 1 ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013 «Настанова щодо визначення складу важкого бетону» [13].

**Висновки.** Запропонована концепція експозиційних класів та узгоджені з нею рекомендації щодо вибору цементу задовольняє мету даної статті та рекомендована авторами, як інструмент для створення довговічного бетону в умовах різних середовищ експлуатації.

Діючі в Україні вимоги стандартів EN є «мінімальними» для всіх країн ЄС. Кожна країна ЄС доповнює їх додатковими вимогами у відповідності до своїх кліматичних умов та властивостями місцевих сировинних матеріалів, спираючись на ретельно проведені довготривалі дослідження довговічності бетону різного складу на різних цементах в різних умовах експлуатації. Такі дослідження слід проводити також в Україні відповідними науково-дослідними інститутами.

**Ключові слова:** бетон, довговічність, залізобетон, експозиційні класи, корозія, середовища експлуатації, стандарти, цемент.

## Вступ

Післявоєнна відбудова України постає як один із найважливіших етапів у відновленні держави, що зазнала значних руйнувань та втрат. Відбудова потребує не лише фінансових інвестицій, а і комплексного підходу до розв'язання проблеми зруйнованих об'єктів інфраструктури та житлового фонду. Рішення, які потрібні сьогодні — це будівництво та виробництво будівельних матеріалів за принципами сталого розвитку з залученням найкращих Європейських практик та досвіду.

Основна мета сталого будівництва полягає в зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище, підвищенні якості життя людей та забезпеченні економічної ефективності. Вагомим кроком до сталого будівництва є Євроінтеграція України.

Цей шлях потребує системних реформ, оновлення законодавства та інших змін, щодо виведення країни в одну площину з іншими країнами-членами Європейського союзу.

Євроінтеграція галузі виробництва будівельних матеріалів втілюється у вигляді Регламенту (ЄС) № 305/2011 [1], а з 01.01.2023 набирає чинності ЗУ «Про надання будівельної продукції на ринку» [2] що імплементує в національне законодавство положення Регламенту (ЄС) № 305/2011 [1].

Однією з ключових вимог Регламенту (ЄС) №305/2011 [1] є оцінка та перевірка стабільності показників будівельної продукції, яку здійснюють виробники будівельної продукції та призначені органи з оцінки відповідності. Регламент встановлює гармонізовані вимоги для випуску і збуту будівельної продукції. Однією з основних таких вимог є забезпечення всіма учасниками ринку безпеки будівельних матеріалів для життя і здоров'я людей, тварин, майна та навколишнього середовища. Гармонізовані вимоги до випуску і збуту будівельної продукції описуються Європейськими нормами, тобто стандартами які Україна приймає як національні.

При цьому паралельно з новими введеними європейськими стандартами ще діють попередні національні норми — Державні Стандарти України. Це призводить до ускладнення використання нормативної документації виробниками, замовниками, будівельними компаніями та проєктантами. Така ситуація повною мірою поширюється на галузь виробництва бетону та цементів загальнобудівельного призначення. Система стандартизації в Україні є важливим елементом економічного розвитку та інтеграції у світову економіку. Ринок будівельних матеріалів є динамічним чинником впливу на систему стандартизації, де ефективна співпраця між виробниками та споживачами будівельної продукції й державою є ключем до ефективного розвитку.

Колізії, які виникають в ході аналізу нормативної документації більшою мірою впливають на техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень у будівництві як житловому, так і інфраструктурному, а також їх кошторисної вартості, що своєю чергою створюватиме додаткове фінансове навантаження як для держави, так і для пересічного споживача.

Метою даної статті є огляд чинних стандартів України, які регулюють вибір проєктантами та виробниками бетонних сумішей необхідного типу цементу задля дотримання вимог довговічності бетонних конструкцій.

Для досягнення цієї мети розглянуто поняття довговічності бетону в термінах чинних стандартів, наведено типи цементів згідно з гармонізованими європейськими та національними нормативними документами та зіставлено їх за змістом, наведено наявні нормативні вимоги щодо вибору цементу для різних середовищ експлуатації бетону.

## Основна частина

### *Поняття довговічності залізобетонних конструкцій в термінах стандартів на бетон*

Довговічність бетону – це здатність бетону зберігати свої властивості впродовж нормативного строку експлуатації під дією різних факторів навколишнього середовища. Довговічність бетонних, залізобетонних конструкцій повинна становити не менше 50 років, якщо інше не зазначено у вимогах до конструкцій, відповідно до ДСТУ EN 206:2022 Бетон [3].

Введені в Україні стандарти [3] та ДСТУ Б В.2.6-145:2010 [4] чітко визначають і класифікують чинники, що безпосередньо впливають на довговічність бетону.

Виділяють 3 групи агресивних по відношенню до бетонних / залізобетонних виробів чинників:

1) відсутність агресивного впливу на бетон / залізобетон;

2) фактори, які мають негативний вплив на армуючу сталь;

3) фактори, які руйнують сам бетон.

Українською мовою ці чинники (табл. 1) описані в Додатку А в ДСТУ Б В.2.6-145:2010 «Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги» [4].

Таблиця 1

**Групи агресивних чинників по відношенню до бетонних/залізобетонних виробів (відповідно до Додатку А ДСТУ Б В.2.6-145:2010 Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги [4])**

| Індекс                                                                                                                                                                                                                      | Середовище експлуатації                                                                                                                                    | Приклади середовищ експлуатації                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Середовище без ознак агресії</b>                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                            |                                                                                                               |
| ХО                                                                                                                                                                                                                          | Для бетону без арматури і закладних деталей: всі середовища, окрім дії заморожування-відтавання, стирання або хімічної агресії Для залізобетону: дуже сухе | Всередині сухих приміщень                                                                                     |
| <b>2. Корозія внаслідок карбонізації</b>                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                            |                                                                                                               |
| XC1                                                                                                                                                                                                                         | Постійно сухе або постійно вологе середовище експлуатації                                                                                                  | Всередині приміщень із низькою вологістю. Бетон постійно під водою                                            |
| XC2                                                                                                                                                                                                                         | Вологе, іноді сухе                                                                                                                                         | Бетонна поверхня піддається тривалому зволоженню. Більшість фундаментів                                       |
| XC3                                                                                                                                                                                                                         | Помірно вологе (вологі приміщення, вологий клімат)                                                                                                         | Бетон всередині приміщень із помірною вологістю. Бетон на відкритому повітрі, але захищений від дощу та снігу |
| XC4                                                                                                                                                                                                                         | Поперемінне зволоження і висушування                                                                                                                       | Бетонна поверхня періодично має контакт із водою                                                              |
| <b>3. Корозія внаслідок дії хлоридів (крім морської води)</b>                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                            |                                                                                                               |
| У випадку, коли бетон, що містить сталеву арматуру або закладні деталі, піддається дії хлоридів, включаючи солі, які застосовуються як антикригові речовини, агресивне середовище класифікується за наступними показниками: |                                                                                                                                                            |                                                                                                               |
| XD1                                                                                                                                                                                                                         | Помірно вологе                                                                                                                                             | Бетон піддається впливу аерозолів, що містять хлориди                                                         |
| XD2                                                                                                                                                                                                                         | Вологе, іноді сухе                                                                                                                                         | Плавальні басейни. Бетон піддається дії промислових вод, що містять хлориди                                   |
| XD3                                                                                                                                                                                                                         | Поперемінне зволоження і висушування                                                                                                                       | Покриття доріг, тротуарів, мостів                                                                             |
| <b>4. Корозія, спричинена дією морської води</b>                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |                                                                                                               |
| У випадку, коли бетон, що містить сталеву арматуру або закладні деталі, піддається дії морської води або аерозолів морської води, агресивне середовище класифікується за наступними показниками:                            |                                                                                                                                                            |                                                                                                               |
| XS1                                                                                                                                                                                                                         | Вплив солей, але без прямого контакту з морською водою                                                                                                     | Берегові споруди                                                                                              |
| XS2                                                                                                                                                                                                                         | Постійне перебування у воді                                                                                                                                | Фундаменти морських споруд                                                                                    |
| XS3                                                                                                                                                                                                                         | Приливна зона, дія солоних бризок, хвиль                                                                                                                   | Частини морських споруд у зоні змінного рівня води                                                            |
| <b>5. Корозія, викликана поперемінним заморожуванням і відтаванням</b>                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                            |                                                                                                               |
| При дії поперемінного заморожування й відтавання агресивне середовище класифікується за наступними ознаками:                                                                                                                |                                                                                                                                                            |                                                                                                               |
| XF1                                                                                                                                                                                                                         | Помірне водонасичення без антикригових речовин                                                                                                             | Вертикальні поверхні будівель і споруд при дії дощу та морозу                                                 |
| XF2                                                                                                                                                                                                                         | Помірне водонасичення із застосуванням антикригових речовин                                                                                                | Вертикальні поверхні транспортних споруд                                                                      |

| Індекс                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Середовище експлуатації                                                                  | Приклади середовищ експлуатації                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>6. Хімічна агресія</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                          |                                                                                                                               |
| XF3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Сильне водонасичення без антикригових речовин                                            | Горизонтальні поверхні доріг та інших споруд при дії дощу та морозу                                                           |
| XF4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Сильне водонасичення (у тому числі морською водою) із застосуванням антикригових речовин | Горизонтальні поверхні доріг і мостів, сходинки зовнішніх сходів тощо. Зона змінного рівня для морських споруд при дії морозу |
| <b>6. Хімічна агресія</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                          |                                                                                                                               |
| При дії хімічних агентів з ґрунту, ґрунтових вод, як це наведено в додатку А, корозійне середовище класифікується за такими ознаками:                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                          |                                                                                                                               |
| XA1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Незначна присутність агресивних агентів згідно з додатком А, таблиця А.2                 | —                                                                                                                             |
| XA2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Те саме помірно згідно з додатком А, таблиця А.2                                         | —                                                                                                                             |
| XA3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Те саме сильне згідно з додатком А, таблиця А.2                                          | —                                                                                                                             |
| <b>Примітка.</b> Агресивний вплив має бути додатково вивчений у разі: <ul style="list-style-type: none"> <li>- перевищення меж вмісту хімічних агентів згідно з додатком А, таблиця А.2;</li> <li>- дії хімічних агентів, не зазначених у додатку А, таблиця А.2;</li> <li>- хімічного забруднення ґрунту і води;</li> <li>- висока швидкість (більше 1 м/с) течії води, що містить хімічні агенти згідно з додатком А, таблиця А.2.</li> </ul> |                                                                                          |                                                                                                                               |

Класифікація середовищ експлуатації з хімічною агресією [4] наведено у (табл. 2).

Таблиця 2

Класифікація середовищ експлуатації з хімічною агресією [4]

| Агресивний агент                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Індекс середовища              |                                 |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | XA1                            | XA2                             | XA3                     |
| Вміст сульфатів в перерахунку на SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup> у воді                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ≥ 200<br>≤ 600                 | > 600<br>≤ 3 000                | > 3 000<br>≤ 6 000      |
| Водневий показник pH                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ≤ 6,5<br>5,5                   | > 5,5<br>≥ 4,5                  | > 4,5<br>≥ 4,0          |
| Вуглекислий газ CO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup> (агресивний)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ≥ 15<br>≤ 40                   | > 40<br>≤ 100                   | > 100<br>до насичення   |
| Вміст амонійних солей, мг/дм <sup>3</sup> , у перерахунку на іон NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ≥ 15<br>≤ 30                   | > 30<br>≤ 60                    | > 60<br>≤ 100           |
| Вміст магнезійальних солей, мг/дм <sup>3</sup> , у перерахунку на іон Mg <sup>2+</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ≥ 300<br>≤ 1 000               | > 1 000<br>≤ 3 000              | > 3 000<br>до насичення |
| Грунти                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                |                                 |                         |
| Вміст сульфатів у перерахунку на SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup> 1, 2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ≥ 2000<br>≤ 3000 <sup>3)</sup> | > 3000 <sup>3)</sup><br>≤ 12000 | > 12000<br>≤ 24000      |
| Кислотність, см <sup>3</sup> /кг                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | > 200                          | не зустрічаються                |                         |
| <b>Примітка.</b> 1) Для глинистих ґрунтів і ґрунтів із проникністю нижче 10 <sup>-5</sup> м/с може бути застосований більш низький клас.<br>2) Метод випробування пропонує використовувати кислотну (HCl) витяжку SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , замість неї може бути використана водна витяжка, якщо є досвід застосування бетону в даному середовищі.<br>3) При небезпеці накопичення сульфат-іонів у бетоні при поперемінному висиханні-зволоженні або капілярному підсосі значення 3 000 мг/дм <sup>3</sup> слід замінити на 2000 мг/дм <sup>3</sup> . |                                |                                 |                         |

Застосування різних експозиційних класів до бетонних та залізобетонних елементів однієї споруди можна проілюструвати як на **рис. 1**.



**Рисунок 1** — Застосування експозиційних класів до бетонних і залізобетонних елементів однієї споруди

Концепція експозиційних класів є відносно новою для галузі виробництва бетону та залізобетону в Україні. Основні практичні кроки імплементації концепції:

1) Індекс середовища експлуатації (експозиційний клас) є обов'язковим компонентом маркування бетону згідно з [3]. Приклад такого маркування:

$$EN\ 206\ C30/37; XD2; Cl\ 0.20; D_{max}\ 22; S2, \quad (1)$$

де  $C30/37$  — клас бетону, визначений на зразках циліндрах / кубах;  
 $XD2$  — конструкції, що зазнають впливу технічних вод із хлоридами;  
 $Cl\ 0.20$  — максимальний вміст хлоридів від маси цементу становить 0,2 %;  
 $D_{max}\ 32$  — максимальна крупність заповнювача 32 мм;  
 $S2$  — клас бетонної суміші за осадкою конуса (осадка конуса 5...9 см).

2) Експозиційний клас бетону встановлює проектувальник відповідно до запланованих умов експлуатації конструкції і несе відповідальність за її довговічність при цих умовах експлуатації. Для полегшення вибору експозиційного класу проектувальник може використати таблицю 4.1 ДБН Б В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» [5], де наведені кількісні критерії визначення експозиційних класів. Приклад наведено у **табл. 3**.

**Таблиця 3**

**Приклад наведення критеріїв експозиційного класу за таблицею 4.1 ДБН Б В.2.6-98:2009 [5]**

| Корозійні пошкодження, викликані карбонізацією бетону |                                                                                                                |                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| XC1                                                   | Сухий повітряно-вологісний режим ( $30\% < RH \leq 60\%$ ) або постійна експлуатація у волого насиченому стані | Конструкції всередині приміщень із нормальним режимом згідно з ДБН В. 1.2-2 та ДСТУ Б В.2.6-145 конструкції, які постійно знаходяться в ґрунті та під водою |

Для спрощення проектувальникам процесу оцінки середовища експлуатації у різних країнах ЄС розроблені рекомендації щодо встановлення експозиційних класів (табл. 4). Так в Німеччині існує «Каталог будівельних конструкцій» [6]. За необхідності автори цієї статті можуть надати інформацію з цього каталогу, а також інші рекомендації щодо призначення експозиційних класів.

**Таблиця 4**

**Приклад щодо встановлення експозиційних класів за німецьким  
«Каталогом будівельних конструкцій» [6]**

| Будівництво інженерних споруд |                                                                                 |    | Карбонізація |   |   |   | Для хлоридів |   |   | Для хлоридів з морської води |   |   | Для заморожування - відтавання |   | Антикриговий агент |   | Хімічна агресія |   |   | Механічні впливи |   |    | Клас за вологістю        | Мінімальний клас за міцністю при стиску |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----|--------------|---|---|---|--------------|---|---|------------------------------|---|---|--------------------------------|---|--------------------|---|-----------------|---|---|------------------|---|----|--------------------------|-----------------------------------------|
|                               |                                                                                 | ХО | ХС           |   |   |   | ХD           |   |   | ХS                           |   |   | ХF                             |   | ХF                 |   | ХА              |   |   | ХМ               |   |    |                          |                                         |
|                               |                                                                                 |    | 1            | 2 | 3 | 4 | 1            | 2 | 3 | 1                            | 2 | 3 | 1                              | 3 | 2                  | 4 | 1               | 2 | 3 | 1                | 2 | 3  |                          |                                         |
| Іости                         |                                                                                 |    |              |   |   |   |              |   |   |                              |   |   |                                |   |                    |   |                 |   |   |                  |   |    |                          |                                         |
| a)                            | Деталі фундаментів, фундаменти                                                  |    |              |   |   |   |              |   |   |                              |   |   |                                |   |                    |   |                 |   |   |                  |   |    |                          |                                         |
| b)                            | Опори мостів                                                                    |    |              |   | X |   |              |   |   |                              |   | X |                                |   |                    |   |                 |   |   |                  |   | WF | C25/30                   |                                         |
| c)                            | Опори (автошляхових мостів) армовані<br>Мороз, антикриговий агент               |    |              |   | X | X |              |   |   |                              |   |   |                                | X |                    |   |                 |   |   |                  |   | WA | C25/30(LP)<br>C35/45(25) |                                         |
| d)                            | Проміжні опори                                                                  |    |              |   | X |   |              |   |   |                              |   | X |                                |   |                    |   |                 |   |   |                  |   | WF | C25/30                   |                                         |
| e)                            | Проміжні опори (автошляхових мостів) армовані<br>Мороз, антикриговий агент      |    |              |   | X | X |              |   |   |                              |   |   |                                | X |                    |   |                 |   |   |                  |   | WA | C25/30(LP)<br>C35/45(25) |                                         |
| f)                            | Верхні споруди мостів армовані                                                  |    |              |   | X |   |              |   |   |                              |   | X |                                |   |                    |   |                 |   |   |                  |   | WF | C25/30                   |                                         |
| g)                            | Верхні споруди (автошляхових мостів) армовані<br>Мороз, антикриговий агент      |    |              |   | X | X |              |   |   |                              |   |   |                                | X |                    |   |                 |   |   |                  |   | WA | C25/30(LP)<br>C35/45(25) |                                         |
| h)                            | Підферментні плити армовані                                                     |    |              |   | X |   |              | X |   |                              |   |   |                                | X |                    |   |                 |   |   |                  |   | WA | C30/37(LP)               |                                         |
| Будівельні конструкції        |                                                                                 |    |              |   |   |   |              |   |   |                              |   |   |                                |   |                    |   |                 |   |   |                  |   |    |                          |                                         |
| a)                            | Буроабразивні сваї неармовані/армовані<br>помірний хімічний руйнівний вплив     |    |              | X |   |   |              |   |   |                              |   |   |                                |   |                    |   | X               |   |   |                  |   | WA | C30/37                   |                                         |
| b.1)                          | Опори, пілони, проміжні опори армовані<br>Мороз, антикриговий агент             |    |              |   | X |   | X            |   |   |                              |   |   |                                | X |                    |   |                 |   |   |                  |   | WA | C25/30(LP)<br>C30/37     |                                         |
| b.2)                          | Опори, пілони, проміжні опори армовані<br>Мороз, антикриговий агент             |    |              |   | X | X |              |   |   |                              |   |   |                                | X |                    |   |                 |   |   |                  |   | WA | C25/30(LP)<br>C30/37     |                                         |
| c)                            | Бетонні поверхні, переважно горизонтальні армовані<br>Мороз, антикриговий агент |    |              |   | X |   |              | X |   |                              |   |   |                                |   | X                  |   |                 |   |   |                  |   | WA | C30/37(LP)               |                                         |
| d)                            | Підферментні плити армовані<br>Мороз, антикриговий агент                        |    |              |   | X |   |              | X |   |                              |   |   |                                |   | X                  |   |                 |   |   |                  |   | WA | C25/30(LP)               |                                         |
| e)                            | Армовані конструкції під впливом помірно хімічно-агресивного середовища         |    |              |   |   |   |              |   |   |                              |   |   |                                |   |                    |   | X               |   |   |                  |   | WA | C30/37(15)               |                                         |
| f)                            | Верхні конструкції армовані<br>Мороз, антикриговий агент                        |    |              |   | X | X |              |   |   |                              |   |   |                                | X |                    |   |                 |   |   |                  |   | WA | C30/37<br>C25/30(LP)     |                                         |

3) Призначені експозиційні класи визначають умови щодо складу бетону, товщини захисного шару бетону, догляду за свіжевкладеним бетоном, максимальне розкриття тріщин та деякі інші вимоги, а також клас технічного нагляду при бетонуванні окремих конструкцій. У більшості випадків залізобетонні конструкції передбачають одночасний вплив декількох факторів. І тому для забезпечення довговічності серед декількох вимог переліку експозиційних класів слід обрати найбільш жорсткі вимоги, наприклад, найнижче водоцементне співвідношення серед вимог різних експозиційних класів.

4) Європейські норми встановлюють мінімально необхідні вимоги до бетону, що доповнюються кожною країною, на які ці норми поширюються, окремо. Доповнення викладені у формі національних додатків чи змінами основного тексту стандарту, та затверджені на

національному рівні. Ця практика дозволяє адаптувати основні вимоги до особливостей кліматичних, сейсмологічних та інших умов експлуатації бетону в конкретній країні.

5) Вимоги щодо проектування складу бетонної суміші, які найбільш узгоджені з іншими стандартами ДСТУ EN, знаходяться в додатку F ДСТУ EN 206:2022 [3]. До таких вимог відносять: максимальне водоцементне співвідношення, мінімальний клас міцності бетону, мінімальну кількість залученого повітря, вимоги до заповнювачів та вимоги до цементу (табл. 5).

**Таблиця 5**  
**Рекомендації щодо складу бетону залежно від класу середовища експлуатації [3]**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Клас впливу середовища експлуатації |                                      |        |        |        |                                  |        |        |                                        |        |        |                                             |                  |                  |                  |                                     |        |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|----------------------------------------|--------|--------|---------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|--------|--------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Небезпека корозії відсутня          | Корозія, що спричинена карбонізацією |        |        |        | Корозія, що спричинена хлоридами |        |        |                                        |        |        | Вплив циклів заморожування-відтавання       |                  |                  |                  | Агресивне хімічне середовище        |        |        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                     |                                      |        |        |        | морська вода                     |        |        | хлориди, крім хлоридів з морської води |        |        |                                             |                  |                  |                  |                                     |        |        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                     | ХО                                   | XC1    | XC2    | XC3    | XC4                              | XS1    | XS2    | XS3                                    | XD1    | XD2    | XD3                                         | XF1              | XF2              | XF3              | XF4                                 | XA1    | XA2    |
| Макс. В/Ц                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     | 0,65                                 | 0,60   | 0,55   | 0,50   | 0,50                             | 0,45   | 0,45   | 0,55                                   | 0,55   | 0,45   | 0,55                                        | 0,55             | 0,50             | 0,45             | 0,55                                | 0,50   | 0,45   |
| Мін. клас міцності                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | C12/15                              | C20/25                               | C25/30 | C32/40 | C32/40 | C32/40                           | C35/45 | C35/45 | C30/35                                 | C30/35 | C35/45 | C30/35                                      | C25/30           | C30/35           | C30/35           | C30/35                              | C30/35 | C35/45 |
| Мін. вміст цементу, кг/м³                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                     | 260                                  | 280    | 280    | 300    | 300                              | 320    | 340    | 300                                    | 300    | 320    | 300                                         | 300              | 320              | 340              | 300                                 | 320    | 360    |
| Мін. вміст повітря, %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                     |                                      |        |        |        |                                  |        |        |                                        |        |        |                                             | 4,0 <sup>1</sup> | 4,0 <sup>1</sup> | 4,0 <sup>1</sup> |                                     |        |        |
| Інші вимоги                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                     |                                      |        |        |        |                                  |        |        |                                        |        |        | Заповнювач має відповідати вимогам EN 12620 |                  |                  |                  | Цемент сульфатостійкий <sup>2</sup> |        |        |
| <b>Примітка.</b> <sup>1</sup> При експлуатації бетону в умовах заморожування-відтавання і за відсутності повітрязахоплення бетон повинен бути випробуваний на морозостійкість у зіставленні з бетоном, для якого морозостійкість для даного середовища експлуатації визначена.<br><sup>2</sup> При виготовленні бетонів класів впливу XA2 та XA3, доцільно використовувати сульфатостійкий цемент відповідно до EN 197-1. |                                     |                                      |        |        |        |                                  |        |        |                                        |        |        |                                             |                  |                  |                  |                                     |        |        |

6) Концепція «Експозиційних класів» передбачає так званий «прескриптивний метод», який означає, що при дотриманні усіх умов заданого експозиційного класу (від дотримання вимог складу бетону і до контролю розкриття тріщин) бетонна конструкція витримає чинники навколишнього середовища впродовж всього терміну експлуатації.

Цей підхід відрізняється від прийнятого в Україні «deskriptivного» методу, який передбачає вимірювання деяких характеристик, що визначають довговічність бетону: водонепроникність (W), морозостійкість (F), сульфатна стійкість. Слід підкреслити, що в ЄС у визначених складних випадках також користуються «deskriptivними» методами, наприклад, метод CDF (ДСТУ CEN/TS 12390-9:2016 [7]) для визначення морозостійкості, тощо.

Такий спосіб має деякі свої переваги, наприклад, для оцінки відповідності якісних характеристик бетону за умови недоступності сировини, що передбачена експозиційними класами.

З іншої сторони цей метод має очевидні практичні недоліки для сучасного будівництва, до яких відносяться:

— кожна окрема характеристика бетону, яка зумовлює його довговічність має бути відтворюваною з мінімальною варіативністю, тому для її оцінки слід проводити серії випробувань;

— визначення деяких властивостей бетону потребує тривалих випробувань. Наприклад, чинний в Україні стандарт передбачає випробування сульфатної стійкості впродовж 6 місяців (ДСТУ Б В.2.6-181:2011 [8]). З практичної точки зору, подібні випробування потребують матеріально-технічної бази та часу, що в умовах темпів будівництва не є можливим для визначення.

— діючі «національні» визначення довговічності бетону не узгоджені зі стандартами EN в будівництві, а саме не відтворені у вигляді змін до Державних будівельних норм (ДБН), тому їх використання призводитиме до все більших непорозумінь через прийняття в Україні гармонізованих європейських норм, насамперед передбачених Регламентом № 305/2011 [1].

Тому під час вирішення проблематики окресленої даною статтею, ми використовуватимемо концепцію експозиційних класів.

### Умовні позначки типів цементу згідно з EN та ДСТУ

Національні додатки стандарту EN 206 мають чіткі рекомендації щодо застосування типів цементу для виготовлення бетонних та залізобетонних виробів, які будуть експлуатуватись за певних умов навколишнього середовища, тобто матимуть певні експозиційні класи. Однак в Україні ще діють умовні позначки типів цементів відповідно до нормативних документів і тому дуже важливо встановити їхню відповідність.

Перше до чого слід звертатись, для повного розкриття теми це — класифікація цементів, яка описана в ДСТУ Б В.2.7-281:2011 [9]. Вона базується на декількох стандартах паралельної дії (у ньому є прямі посилання на ці стандарти), а саме:

- (i) ДСТУ Б EN 197-1:2015 Цемент. Частина 1. Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів (EN 197-1:2011, IDT) [10];
- (ii) ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення [11];
- (iii) ДСТУ Б В.2.7-85 Будівельні матеріали. Цементи сульфатостійкі. Технічні умови [12]; та інші.

При цьому, звертаємо увагу, що у між вищезазначеним ДСТУ Б В.2.7-281:2011 Цементи. Класифікація [9] та іншими стандартами (i) – (iii) існує колізія у самій класифікації та термінології і визначеннях понять.

Кількість цементів за ДСТУ Б EN 197-1:2015 [10] складає 27 типів (табл. 6), об'єднаних термінологією стандарту в «сімейство звичайних цементів», тоді як в ДСТУ Б В.2.7-46 [11] ця кількість складає 15 типів (аналоги виділені в табл. 6) де, цементи визначені як «цементи загальнобудівельного призначення».

Основними складниками цементу є:

- К — портландцементний клінкер;
- S — гранульований доменний шлак;
- D — силікатний пил;
- P — природні пуцолани;
- Q — природні випалені пуцолани;
- V — силікатна зола-винесення;
- W — вапняна зола-винесення;
- T — випалений сланець;
- L, LL — вапняк.

На противагу ДСТУ Б В.2.7-46:2010 [11] змінюються також позначення цементів з ПЦ — портладцемент, на назву латинськими літерами: СЕМ — скорочено від «cement».

Крім того, однією з найважливіших змін є введення в стандарт 7 типів сульфатостійких цементів, які наведені в табл. 7. Окрім збереження всіх показників якості, що визначені для звичайних цементів, сульфатостійкі цементи повинні відповідати вимогам, наведеним в табл. 8.

Проте, у ДСТУ Б В.2.7-281:2011 [9] є поняття «сульфатостійкий цемент загальнобудівельного призначення» (п. 3.7.), але в цьому ж стандарті у розділі 4 «Класифікація цементів» це поняття не зазначено. У розділі 4 сульфатостійкий цемент включено до спеціальних цементів. Таким чином, в одному ж і тому ж самому стандарті існують протиріччя. На наш погляд, поняття «звичайні цементи» є тотожним з поняттям «цементи загальнобудівельного призначення», однак, в ДСТУ Б EN 197-1:2015 [10] відсутнє визначення (тлумачення) поняття «звичайні цементи», тож введення сульфатостійких цементів до переліку звичайних цементів — це фактичне об'єднання

ДСТУ Б В.2.7-46:2010 [11] та ДСТУ Б В.2.7-85 [12], що значно полегшує розуміння класифікації цементів.

Разом з тим у ДСТУ Б EN 197-1:2015 [10] відсутні цементи з нормованим складом клінкеру — аналог ПЦ І 500 Н і ПЦ І 400 Н, які рекомендовані ДСТУ Б В.2.7-46:2010 [11] для бетону дорожніх і аеродромних покриттів, залізобетонних напірних і безнапірних труб, залізобетонних шпал, мостових конструкцій, стояків опор високовольтних ліній електропередачі, контактної мережі залізничного транспорту і освітлення.

Таблиця 6

Типи цементів за ДСТУ Б EN 197-1:2015 [10]

| Позначення 27 продуктів<br>(типи і види звичайних цементів)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |             | Склад , % за масою <sup>а)</sup> |       |                 |       |       |       |       |       |       |       |                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             | Основні складники                |       |                 |       |       |       |       |       |       |       | Додаткові<br>складники |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             | К                                | S     | D <sup>b)</sup> | P     | Q     | V     | W     | T     | L     | LL    |                        |
| Портландцемент                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | CEM I       | 95-100                           | -     | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
| Портландцемент<br>зі шлаком                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | CEM II/A-S  | 80-94                            | 6-20  | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/B-S  | 65-79                            | 21-35 | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
| Портландцемент<br>з силікатним<br>пилом                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | CEM II/A-D  | 90-94                            | -     | 6-10            | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
| Портландцемент<br>з пуцоланою                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CEM II/A-P  | 80-94                            | -     | -               | 6-20  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/B-P  | 65-79                            | -     | -               | 21-35 | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/A-Q  | 80-94                            | -     | -               | -     | 6-20  | -     | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/B-Q  | 65-79                            | -     | -               | -     | 21-35 | -     | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
| Портландцемент<br>з золою-<br>винесення                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | CEM II/A-V  | 80-94                            | -     | -               | -     | -     | 6-20  | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/B-V  | 65-79                            | -     | -               | -     | -     | 21-35 | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/A-W  | 80-94                            | -     | -               | -     | -     | -     | 6-20  | -     | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/B-W  | 65-79                            | -     | -               | -     | -     | -     | 21-35 | -     | -     | -     | 0-5                    |
| Портландцемент<br>з випаленим<br>сланцем                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | CEM II/A-T  | 80-94                            | -     | -               | -     | -     | -     | -     | 6-20  | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/B-T  | 65-79                            | -     | -               | -     | -     | -     | -     | 21-35 | -     | -     | 0-5                    |
| Портландцемент<br>з вапняком                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | CEM II/A-L  | 80-94                            | -     | -               | -     | -     | -     | -     | -     | 6-20  | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/B-L  | 65-79                            | -     | -               | -     | -     | -     | -     | -     | 21-35 | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/A-LL | 80-94                            | -     | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 6-20  | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/B-LL | 65-79                            | -     | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 21-35 | 0-5                    |
| Портландцемент<br>композиційний <sup>с)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | CEM II/A-M  | 80-94                            | 12-20 |                 |       |       |       |       |       |       |       | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM II/B-M  | 65-79                            | 21-35 |                 |       |       |       |       |       |       |       | 0-5                    |
| Шлакопортланд-<br>цемент                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | CEM III/A   | 35-64                            | 36-65 | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM III/B   | 20-34                            | 66-80 | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM III/C   | 5-19                             | 81-95 | -               | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
| Пуцолановий<br>цемент <sup>с)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | CEM IV/A    | 65-89                            | -     | 11-35           |       |       |       |       | -     | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM IV/B    | 45-64                            | -     | 36-55           |       |       |       |       | -     | -     | -     | 0-5                    |
| Композиційний<br>цемент <sup>с)</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | CEM V/A     | 40-64                            | 18-30 | -               | 18-30 |       |       | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | CEM V/B     | 20-38                            | 31-49 | -               | 31-49 |       |       | -     | -     | -     | -     | 0-5                    |
| Примітка. <sup>а)</sup> Значення в таблиці стосуються суми основних та додаткових складників.<br><sup>б)</sup> Масова частка силікатного пилу обмежується 10 %.<br><sup>с)</sup> У композиційних портландцементях CEM II/A-M та CEM II/B-M, у пуцоланових цементях CEM IV/A та CEM IV/B та в композиційних цементях CEM V/A та CEM V/B основні складники, відмінні від клінкеру, мають бути заявлені в позначенні цементу. |             |                                  |       |                 |       |       |       |       |       |       |       |                        |

Таблиця 7

Типи сульфатостійких цементів за ДСТУ Б EN 197-1:2015 [10] та вимоги до них

| Основні типи | Типи сульфатостійкого звичайного цементу |                | Склад, % за масою <sup>a)</sup> |         |         |   |                     |
|--------------|------------------------------------------|----------------|---------------------------------|---------|---------|---|---------------------|
|              |                                          |                | K                               | S       | P       | V | Додаткові складники |
| CEM I        | Сульфатостійкий портландцемент           | CEM I – SR 0   | 95 – 100                        | –       | –       | – | 0 – 5               |
|              |                                          | CEM I – SR 3   |                                 |         |         |   |                     |
|              |                                          | CEM I – SR 5   |                                 |         |         |   |                     |
| CEM III      | Сульфатостійкий шлакопортландцемент      | CEM III/B – SR | 20 – 34                         | 66 – 80 | –       | – | 0 – 5               |
|              |                                          | CEM III/C – SR | 5 – 18                          | 81 – 95 | –       | – | 0 – 5               |
| CEM IV       | Сульфатостійкий пуцолановий цемент       | CEM IV/A – SR  | 65 – 79                         | –       | 21 – 35 |   | 0 – 5               |
|              |                                          | CEM IV/B – SR  | 45 – 64                         | –       | 36 – 55 |   | 0 – 5               |

Примітка. <sup>a)</sup> Значення в таблиці стосуються суми основних та додаткових складників.

Цементи повинні бути ідентифіковані позначенням типу цементу (табл. 6) і числами 32,5; 42,5 або 52,5 що вказують на клас за міцністю на стиск. Клас — це гарантована на 95 % будь-яка числова характеристика, тоді як марка (за ДСТУ) — це середньоарифметичний результат випробувань серії зразків.

Для позначення ранньої міцності слід додавати літери N (нормальна), R (висока) або L (низька — застосовується тільки для CEM III). Звичайні цементы з низькою теплою гідратації повинні бути ідентифіковані додатковим позначенням LH.

В табл. 8 наведені умовні позначення цементів, які ідентичні за складом згідно ДСТУ Б В.2.7-46 [11] та ДСТУ Б EN 197-1:2015 [10].

Таблиця 8

Умовні позначення цементів, які ідентичні за складом згідно ДСТУ Б В.2.7-46 [11] та ДСТУ Б EN 197-1:2015 [10]

| Тип цементу | Назва цементу                                  | Умовна позначка |                       |
|-------------|------------------------------------------------|-----------------|-----------------------|
|             |                                                | ДСТУ Б В.2.7-46 | ДСТУ Б EN 197-1:2015  |
| I           | Портландцемент                                 | ПЦ I            | CEM I                 |
| II          | Портландцемент зі шлаком                       | ПЦ II/A-III     | CEM II/A-S            |
|             |                                                | ПЦ II/B-III     | CEM II/B-S            |
|             | Портландцемент з пуцоланою <sup>1)</sup>       | ПЦ II/A-III     | CEM II/A-P            |
|             |                                                |                 | CEM II/A-Q            |
|             | Портландцемент з золою-винесення <sup>2)</sup> | ПЦ II/A-3       | CEM II/A-V            |
|             | Портландцемент з вапняком <sup>3)</sup>        | ПЦ II/A-B       | CEM II/A-L            |
|             |                                                |                 | CEM II/A-LL           |
| III         | Шлакопортланд-цемент                           | ПЦ II/A-K       | CEM II/A-M            |
|             |                                                | ПЦ II/B-K       | CEM II/B-M            |
|             |                                                | ШПЦ III/A       | CEM III/A             |
|             |                                                | ШПЦ III/B       | CEM III/B             |
| IV          | Пуцолановий цемент                             | ШПЦ III/B       | CEM III/C             |
|             |                                                | ПЦ IV/A         | CEM IV/A              |
| V           | Композиційний цемент                           | ПЦ IV/B         | CEM IV/B              |
|             |                                                | КЦ V/A          | CEM V/A <sup>4)</sup> |
|             |                                                | КЦ V/B          | CEM V/B <sup>4)</sup> |

Примітка. <sup>1)</sup> Р – природна пуцолана; Q – природна випалена пуцолана;

<sup>2)</sup> V – силікатна зола-винесення;

<sup>3)</sup> L – загального органічного карбонату не більше 0,5% за масою; LL – те ж саме не більше 0,2 % за масою;

<sup>4)</sup> відмінності в рецептурі – див. табл. 6.

### Вимоги стандартів України щодо вибору типу цементу для забезпечення довговічності залізобетонних конструкцій

Розглянувши підхід до довговічності у вигляді експозиційних класів, а також типи цементів згідно національних та європейських норм, перейдемо до вимог українських стандартів щодо вибору цементу.

Найповніше вимоги до вибору цементу в залежності від експозиційних класів представлені в таблиці 6.2 Зміни 1 ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013 «Настанова щодо визначення складу важкого бетону» [13]. Автори цієї статті додали до **табл. 9**, представлений в настанові найменування цементів за національними нормами, а також уточнення, що стосуються використання цементів в середовищі із хімічним впливом (ХА).

Таблиця 9

#### Вимоги до вибору цементу залежно від експозиційних класів

| Тип і види цементів згідно з ДСТУ Б EN 197-1 | Тип і види цементів згідно з ДСТУ Б В.2.7-46:2010 та ДСТУ Б В.2.7-85-99 (для сульфатостійких цементів) | Небезпе-ка корозії відсутня | Корозія бетону, що спричинена карбонізацією |     |     |     |     | Корозія бетону, що спричинена хлоридами (не з морської води), зокрема у використаних антикригових речовинах |     |     | Корозія бетону, що спричинена періодичним заморожуванням/відтаванням із/без антикригових речовин |     |     |     | Корозія і руйнування, спричинені впливом хімічних речовин |                     |                     | Використання в армованих попередньо-напружених конструкціях |
|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                              |                                                                                                        |                             | X0                                          | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XD1                                                                                                         | XD2 | XD3 | XF1                                                                                              | XF2 | XF3 | XF4 | XA1 <sup>2</sup>                                          | XA2 <sup>1, 2</sup> | XA3 <sup>1, 2</sup> |                                                             |
| CEM I                                        | ПЦ I                                                                                                   | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
| CEM II/A-S                                   | ПЦ II/A-III                                                                                            | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
| CEM II/B-S                                   | ПЦ II/B-III                                                                                            | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM II/A-D                                   |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | 0                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM II/A,B-P,Q                               |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | 0                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM II/A-V                                   | ПЦ II/A-3                                                                                              | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | 0                                                                                                | 0   | 0   | 0   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM II/B-V                                   |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | 0   | 0                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM II/A-W                                   |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | 0   | 0   | 0   | 0                                                                                                           | 0   | 0   | 0                                                                                                | 0   | 0   | 0   | 0                                                         | 0                   | 0                   |                                                             |
| CEM II/B-W                                   |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | 0   | 0   | 0   | 0                                                                                                           | 0   | 0   | 0                                                                                                | 0   | 0   | 0   | 0                                                         | 0                   | 0                   |                                                             |
| CEM II/A,B-T                                 |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | 0   | 0                                                                                                | 0   | 0   | 0   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM II/A-LL                                  | ПЦ II/A,B-B                                                                                            | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
| CEM II/B-LL                                  |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | 0   | 0   | 0   | 0                                                                                                           | 0   | 0   | 0                                                                                                | 0   | 0   | 0   | 0                                                         | 0                   | 0                   |                                                             |
| CEM II/A-L                                   |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | 0   | 0                                                                                                | 0   | 0   | 0   | 0                                                         | 0                   | 0                   |                                                             |
| CEM II/B-L                                   |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | 0   | 0   | 0   | 0                                                                                                           | 0   | 0   | 0                                                                                                | 0   | 0   | 0   | 0                                                         | 0                   | 0                   |                                                             |
| CEM II/A-P*                                  | ПЦ II/A-П                                                                                              | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
| CEM II/B-P*                                  | ПЦ II/B-П                                                                                              | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
| CEM II/A-M                                   | P*-LL                                                                                                  | ПЦ II/A-K                   | П-В                                         | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
|                                              | S-P*                                                                                                   |                             | Ш-П                                         | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   |                     |                                                             |
|                                              | S-LL                                                                                                   |                             | Ш-В                                         | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   |                     |                                                             |
|                                              | S-P*-LL                                                                                                |                             | Ш-П-В                                       | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   |                     |                                                             |
| CEM II/B-M                                   | P*-LL                                                                                                  | ПЦ II/B-K                   | П-В                                         | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
| CEM III/A                                    | ШПЦ III/A                                                                                              | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM III/B                                    | ШПЦ III/Б                                                                                              | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM III/C                                    | ШПЦ III/В                                                                                              | x                           | x                                           | x   | 0   | 0   | x   | x                                                                                                           | 0   | 0   | 0                                                                                                | 0   | 0   | 0   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM IV/A                                     | ПЦЦ IV/A                                                                                               | x                           | x                                           | 0   | 0   | 0   | x   | x                                                                                                           | 0   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | 0   | 0                                                         | 0                   | 0                   |                                                             |
| CEM IV/B                                     | ПЦЦ IV/Б                                                                                               | x                           | x                                           | 0   | 0   | 0   | 0   | 0                                                                                                           | 0   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | 0   | 0                                                         | 0                   | 0                   |                                                             |
| CEM V/A                                      | КЦ V/A                                                                                                 | x                           | x                                           | 0   | 0   | 0   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | 0   | 0                                                         | 0                   | 0                   |                                                             |
| CEM V/B                                      | КЦ V/A                                                                                                 | x                           | x                                           | 0   | 0   | 0   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | 0   | 0                                                         | 0                   | 0                   |                                                             |
| CEM I-SR 0                                   |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
| CEM I-SR 3                                   |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
| CEM I-SR 5                                   |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
| CEM III/B-SR                                 |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM III/C-SR                                 |                                                                                                        | x                           | x                                           | x   | 0   | 0   | x   | x                                                                                                           | 0   | 0   | 0                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM IV/A-SR                                  |                                                                                                        | x                           | x                                           | 0   | 0   | 0   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
| CEM IV/B-SR                                  |                                                                                                        | x                           | x                                           | 0   | 0   | 0   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
|                                              | CEM II/A-S-HS                                                                                          | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
|                                              | CEM II/B-S-HS                                                                                          | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
|                                              | CEM II/A-V-HS                                                                                          | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | 0                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |
|                                              | CEM II/A-M(S-V)-HS                                                                                     | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
|                                              | CEM II/A-P-HS                                                                                          | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
|                                              | CEM II/B-P-HS                                                                                          | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | x   | x   | x   | x                                                         | x                   | x                   |                                                             |
|                                              | CEM III/A-HS                                                                                           | x                           | x                                           | x   | x   | x   | x   | x                                                                                                           | x   | x   | x                                                                                                | 0   | 0   | x   | x                                                         | x                   | 0                   |                                                             |

\*Природна пуцолана (цесоліт)

x - дозволяється використовувати при даному впливі навколишнього середовища

0 - забороняється використовувати при даному впливі навколишнього середовища

1) Відповідно до ДСТУ EN 206:2002 (табл. F.1) для класів ХА2, ХА3 потрібно використовувати сульфатостійкі цементи

2) Відповідно до ДСТУ Б В.2.6-145:2010 (п 5.9) у залежності від ступеня агресивності середовища слід застосовувати наступні види захисту або їх поєднання: у слабоагресивному середовищі - первинний і, при необхідності, вторинний; у середньоагресивному середовищі - первинний і вторинний, здійснюючи останній шляхом нанесення захисного покриття, що обмежує доступ агресивного середовища до матеріалу конструкції; у сильноагресивному середовищі - первинний і вторинний, здійснюючи останній шляхом нанесення покриття, що виключає доступ агресивного середовища до матеріалу конструкції.

В особливих економічно обґрунтованих випадках експлуатації будівель і споруд допускається застосування спеціального захисту бетонних та залізобетонних конструкцій від корозії.

3) Відповідно до ДСТУ Б В.2.6-145:2010 (п 6.4.3) для підвищення стійкості бетону залізобетонних конструкцій, що експлуатуються в агресивних середовищах, слід використовувати добавки згідно з ДСТУ Б В.2.7-171, що знижують проникність бетону або підвищують його хімічну стійкість і морозостійкість, що підвищують захисну здатність бетону по відношенню до арматури, а також підвищують стійкість бетону в умовах впливу біологічно активних середовищ.

Окрім вимог щодо вибору цементу даної настанови, в інших стандартах є також додаткові вимоги щодо можливості використання цементів в різних залізобетонних конструкціях (табл. 10).

**Таблиця 10**

**Додаткові вимоги щодо можливості використання цементів в різних залізобетонних конструкціях**

| А | Шпали залізобетонні<br>(ДСТУ Б В.2.6-209:2016)                                                          | ПЦ І-500Н                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Б | Суміші цементобетонні<br>дорожні та цементобетон<br>дорожній<br>(ДСТУ 8858:2019)                        | <p>Для верхнього шару двошарового та одношарового дорожнього покриття автомобільних доріг потрібно застосовувати в'яжуче: портландцемент типу ПЦ І та ПЦ ІІ/А-Ш без мінеральних добавок і з добавками меленого шлаку у кількості не більше ніж 20 %, марок не нижче ніж М500, класів міцності на стиск не нижче ніж 42,5 відповідно до ДСТУ Б В.2.7-46:2010 та ДСТУ Б EN 197-1:2015. Допускають застосування цементів зазначених типів марок М400 (клас міцності на стиск 32,5) у разі забезпечення проектних вимог до цементобетону дорожнього на цих цементах;</p> <p>Для цементобетону дорожнього основи допустимо застосування цементів типу ПЦ ІІ/Б-Ш, ПЦ ІІ/А-П, ПЦ ІІ/А-З, ШПЦ ІІІ/А, ПЦЦ ІV/А з добавками шлаку, золи або пудолановими добавками марок не нижче ніж М400, класів міцності на стиск не нижче ніж 32,5 згідно з ДСТУ Б В.2.7-46:2010 та ДСТУ Б EN 197-1:2015 за умови відповідності характеристик цементобетонів дорожніх на цих цементах проектним вимогам;</p> <p>Для цементобетону нижнього шару двошарового дорожнього покриття та основи потрібно застосовувати портландцемент типу ПЦ І та ПЦ ІІ без мінеральних добавок і з добавками меленого шлаку в кількості не більше ніж 20 % марок не нижче М400, класів міцності на стиск не менше ніж 32,5, відповідно до ДСТУ Б В.2.7-46:2010 та ДСТУ Б EN 197-1:2015 <math>C_{3A} &lt; 7\%</math></p> |
| В | Бетон дорожніх та<br>аеродромних покриттів<br>(ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013)                                 | Для одношарових і двошарових покриттів необхідно використовувати лише бездобавочний портландцемент із класом міцності 42,5 і вище (допускається, як виключення, при техніко-економічному обґрунтуванні застосування цементу з класом міцності 32,5), а для основ удосконалених доріг – портландцемент із мінеральними добавками з класом міцності 32,5. Вміст трьохкальцієвого алюмінату в цементі для бетону покриттів повинен бути не більше ніж 10 %, а для бетону основи - не нормується.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Г | Плити залізобетонні<br>попередньо напружені ПАГ<br>для аеродромного покриття<br>(ДСТУ Б В.2.6-135:2010) | портландцемент, призначений для бетону аеродромних покриттів                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Д | Плити залізобетонні для<br>покриття трамвайних шляхів<br>(ДСТУ Б В.2.6-113:2010)                        | портландцемент бездобавочний або портландцемент із мінеральними добавками до 5 % (гранульований доменний шлак)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Е | Бетон для збірних конструкцій,<br>що виготовляють з<br>пропарюванням<br>(ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013)       | С 25/30 і нижче застосовують шлакопортландцемент і портландцемент із мінеральними добавками, а з бетону класу С 30/35 і вище – бездобавочний портландцемент із класом міцності 42,5 і 52,5.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

| А | Шпали залізобетонні<br>(ДСТУ Б В.2.6-209:2016)                 | ПЦ І-500Н                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Є | Гідротехнічний бетон<br>(ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013)              | Сульфатостійкий портландцемент, портландцемент із мінеральними добавками, пуцолановий цемент та шлакопортландцемент. Наведені цементи можуть виготовлятися з пластифікуючими та гідрофобними добавками. Для підводного та внутрішнього масивного бетону перевагу надають пуцолановим портландцементом або шлакопортландцементом, оскільки бетон на цих в'язучих має більшу стійкість як у прісній, так і в мінералізованій воді та менше тепловиділення. Однак бетон на таких цементах має низьку морозостійкість. Для зони перемінного рівня води варто застосовувати сульфатостійкий портландцемент та портландцемент із мінеральними добавками. На цих видах цементу одержують бетон потрібної морозостійкості та водонепроникності. Вміст С3А в цементі для гідротехнічного бетону зони перемінного рівня води повинен бути в межах до(5-7) %, а сума С3А + С4АF повинна бути не менше ніж 20 %. За наявності агресивного середовища необхідно застосовувати сульфатостійкий цемент. |
| Ж | Швидкотверднучий бетон<br>(ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013)            | Швидкотверднучий портландцемент або швидкотверднучий шлакопортландцемент, або портландцемент із високим вмістом трьохкальцієвого алюмінату з додатковим введенням гіпсу (2 – 4 %), або спеціальних комплексних добавок з рекомендаціями фірм, що їх виготовляють                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| З | Морозостійкий бетон<br>(ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013)               | В'язуче повинне бути лише на основі портландцементного клінкеру з обмеженим вмістом три-кальцієвого алюмінату (не більше ніж 8 %)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| И | Особливо важкі та гідратні бетони<br>(ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013) | Портландцемент, пуцолановий портландцемент, шлакопортландцемент, глиноземистий цемент, гіпсоглиноземистий цемент, що розширюється                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

Іноді вимоги нових стандартів уточнюють або суперечать вимогам попередніх нормативних документів. За наявною будівництві практикою слід користуватися вимогами останньої опублікованої редакції або нормою, що набула чинності останньою.

Особливої уваги потребує вимога щодо обмеження вмісту три-кальцієвого алюмінату в клінкері до 8 %. За актуальним європейським стандартом ДСТУ Б EN 197-1:2015 [10] дана вимога не застосовується до звичайних цементів, окрім сульфатостійких. Тож доцільність застосування обмеження вмісту три-кальцієвого алюмінату для цементів, що застосовуються в окремих видах залізобетонів потребує додаткової дискусії та аналізу європейських практик щодо гармонізації і цих вимог.

### Висновки

Ринок будівництва в Україні незважаючи на активну фазу військової агресії розвивається. Тенденції розвитку задані вектором на оборону, інфраструктуру, міграцію населення зі східних регіонів України до центральних та західних. Ці тенденції існують в умовах нестачі кадрів і стрімких змін в законодавстві й нормативній базі.

Усунення колізій в національних стандартах, запровадження нових будівельних норм, що будуть узгоджені з гармонізованими європейськими стандартами дозволить ефективно здійснювати проектування та виконання будівництва в умовах сьогодення.

Виробники будівельних матеріалів у свою чергу зможуть розширити застосування своєї продукції, тим самим додатково забезпечувати вимоги не тільки щодо довговічності кінцевих виробів, а й їх екологічності та економічної ефективності.

Отже запропонована концепція експозиційних класів та узгоджені з нею рекомендації щодо вибору цементу задовольняє мету даної статті та рекомендована авторами, як інструмент для створення довговічного бетону в умовах різних середовищ експлуатації.

Діючі в Україні вимоги стандартів EN є «мінімальними» для всіх країн ЄС. Кожна країна ЄС доповнює їх додатковими вимогами у відповідності до своїх кліматичних умов та властивостями місцевих сировинних матеріалів, спираючись на ретельно проведені довготривалі дослідження довговічності бетону різного складу на різних цементах в різних умовах експлуатації. Такі дослідження слід проводити також в Україні відповідними науково-дослідними інститутами.

### Список літератури

1. ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ПАРЛАМЕНТ ТА РАДА ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ. РЕГЛАМЕНТ (ЄС) № 305/2011 ЄВРОПЕЙСЬКОГО ПАРЛАМЕНТУ ТА РАДИ від 9 березня 2011 року. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=59946](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=59946) (дата звернення: 20.02.2025).
2. Про надання будівельної продукції на ринку: Закон України від 12.05.2022 № 850-IX, в редакції від 15.11.2024 № 4017-IX / База даних законодавство України // Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/850-20#Text> (дата звернення: 20.02.2025).
3. ДСТУ EN 206:2022 Бетон. Специфікація, продуктивність, виробництво та відповідність (EN 206:2013+A2:2021, IDT). Київ, 2022. 45 С. (Інформація та документація).
4. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384-2008, NEQ). Київ, 2010. 35 с. (Інформація та документація).
5. ДСТУ Б В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ, 2009. 33 С. (Інформація та документація).
6. Thomas Richter, M. P. (2016). Bauteilkatalog. у Planungshilfe für dauerhafte Betonbauteile (47 с.). Erkrath: B.o.s.s Medien GmbH.
7. ДСТУ Б В.2.6-181:2011 Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Методи випробувань.
8. ДСТУ Б В.2.7-281:2011 Цементи. Класифікація. Київ, 2011. 45 с. (Інформація та документація).
9. ДСТУ Б EN 197-1:2015 Цемент. Частина 1. Склад, технічні умови та критерії відповідності для звичайних цементів (EN 197-1:2011, IDT). Київ, 2015. 37 с. (Інформація та документація).
10. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Київ, 2010. 46 с. (Інформація та документація).
11. ДСТУ Б В.2.7-85 Будівельні матеріали. Цементи сульфатостійкі. Технічні умови. Київ, 1985. 61 С. (Інформація та документація).
12. ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013 Настанова щодо визначення складу важкого бетону. Київ, 2013. 45 с. (Інформація та документація).

### References

1. IEVROPEISKYI PARLAMENT TA RADA YEYROPEISKOHO SOIUZU. (2011). REHLAMENT (EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION (2011). REGULATION) (ІeS) № 305/2011 YeVROPEISKOHO PARLAMENTU TA RADY vid 9 bereznia 2011 roku. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=59946](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=59946) (data zvernennia: 20.02.2025) [in Ukrainian].
2. Pro nadannia budivelnoi produktsii na rynku: Zakon Ukrainy (Law of Ukraine on the provision of construction products on the market) vid 12.05.2022 No 850-IKh, v redaktsii vid 15.11.2024 No.4017-IKh / Baza danykh zakonodavstvo Ukrainy // Verkhovna rada Ukrainy. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/850-20#Text> (data zvernennia: 20.02.2025) [in Ukrainian].

3. DSTU EN 206:2022 Beton. Spetsyfikatsiia, produktyvnist, vyrobnytstvo ta vidpovidnist (Concrete. Specification, performance, production and conformity) (EN 206:2013 + A2:2021, IDT). Kyiv, 2022. 45 p. (Informatsiia ta dokumentatsiia) [in Ukrainian].
4. DSTU B V.2.6-145:2010 Konstruktsii budynkiv i sporud. Zakhyst betonnykh i zalizobetonnykh konstruktsii vid korozii. Zahalni tekhnichni vymohy (Structures of buildings and structures. Protection of concrete and reinforced concrete structures against corrosion. General technical requirements) (HOST 31384-2008, NEQ). Kyiv, 2010. 35 p. (Informatsiia ta dokumentatsiia) [in Ukrainian].
5. DSTU B V.2.6-98:2009 Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia (Protection of concrete and reinforced concrete structures against corrosion. Test methods). Kyiv, 2009. 33 p. (Informatsiia ta dokumentatsiia) [in Ukrainian].
6. Thomas Richter, M. P. (2016). Bauteilkatalog. u Planungshilfe für dauerhafte Betonbauteile (p. 47). Erkrath: B.o.s.s Medien GmbH [in Ukrainian].
7. DSTU B V.2.6-181:2011 Zakhyst betonnykh i zalizobetonnykh konstruktsii vid korozii. Metody vyprobuvan (Protection of concrete and reinforced concrete structures against corrosion. Test methods). Kyiv, 2011. 45 p. (Informatsiia ta dokumentatsiia) [in Ukrainian].
8. DSTU B V.2.7-281:2011 Tsementy. Klasyfikatsiia. (Cement. Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for ordinary cements) Kyiv, 2011. 45 p. (Informatsiia ta dokumentatsiia) [in Ukrainian].
9. DSTU B EN 197-1:2015 Tsement. Chastyna 1. Sklad, tekhnichni umovy ta kryterii vidpovidnosti dlia zvychaiynykh tsementiv (Cement. Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for ordinary cements) (EN 197-1:2011, IDT). Kyiv, 2015. 37 p. (Informatsiia ta dokumentatsiia) [in Ukrainian].
10. DSTU B V.2.7-46:2010 Budivelni materialy. Tsementy zahalnobudivelnoho pryznachennia. (Construction materials. Sulphate-resistant cements. Technical conditions) Kyiv, 2010. 46 p. (Informatsiia ta dokumentatsiia) [in Ukrainian].
11. DSTU B V.2.7-85 Budivelni materialy. Tsementy sulfatostiiki. Tekhnichni umovy (Construction materials. Sulphate-resistant cements. Technical conditions). Kyiv, 1985. 61 p. (Informatsiia ta dokumentatsiia) [in Ukrainian].
12. DSTU-N B V.2.7-299:2013 Nastanova shchodo vyznachennia skladu vazhkoho betonu (Guidelines for determining the composition of heavy concrete). Kyiv, 2013. 45 p. (Informatsiia ta dokumentatsiia) [in Ukrainian].

---

Anastasiia Bielohrad<sup>1</sup>, <https://orcid.org/0009-0005-8954-7823>

Yevheniia Tykholaz<sup>2</sup>, <https://orcid.org/0009-0006-7835-8178>

Artem Pryymachenko<sup>2</sup>, Ph.D., <https://orcid.org/0000-0003-4335-5752>

<sup>1</sup>National Technical University of Ukraine Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute (Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute), Kyiv, Ukraine

<sup>2</sup>Limited Liability Company "MC Bauchemi", Kyiv, Ukraine

## **REVIEW OF UKRAINIAN STANDARD REQUIREMENTS FOR SELECTING THE TYPE OF CEMENT TO ENSURING THE DURABILITY OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

### ***Abstract***

**Introduction.** The post-war reconstruction of Ukraine is one of the most important stages in the restoration of a state that has suffered significant destruction and losses. Reconstruction requires a comprehensive approach to the problem of destroyed infrastructure and housing stock, in addition to financial investments. The solutions needed today are construction and production of building materials

based on the principles of sustainable development. The best European practices and experience should be incorporated.

**Problems.** The European integration of the construction materials industry has been in the process of implementation in the form of Regulation (EU) no. 305/2011 [1], and from January 1, 2023, the Law of Ukraine “On placing construction products on the market” [2], implementing the provisions of Regulation (EU) no. 305/2011 [1]. At the same time, the previous national standards — the State Standards of Ukraine — are still in force in parallel with the newly introduced European standards. This makes it difficult for manufacturers, customers, construction companies and designers to use the regulatory documentation. This situation fully applies to producing concrete and cement used in general construction.

**Objective.** To review the current Ukrainian standards that regulate the selection of the required type of concrete mixtures by designers and manufacturers of concrete mixtures cement to meet the durability requirements of concrete structures.

**Materials and methods.** The article uses methods of complex and systematic analysis, comparative analysis and the method of expert evaluation.

**Results.** Based on Table 6.2 in the wording of Amendment 1 of DSTU-N B.2.7-299:2013 Guidelines for determining the composition of heavy concrete [13], it is proposed to change the requirements for the choice of cement type depending on exposure classes.

**Conclusions.** The proposed concept of exposure classes and the recommendations for the selection of cement consistent with it satisfies the purpose of this article and is recommended by the authors as a tool for the creation of durable concrete in various operating environments. The current in Ukraine, the requirements of EN standards are “minimum” requirements for all EU countries.

For all EU countries. Each EU country supplements them with additional requirements in accordance with its climatic conditions and the properties of local raw materials. These requirements are based on careful long-term studies of the durability of concrete of different compositions on different cements under different service conditions. Relevant research institutes should carry out such studies also in Ukraine.

**Keywords:** concrete, reinforced concrete, cement, durability, exposure classes, corrosion, standards, service environments.