

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

УДК 625.745.1

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2026.112.0.174

ОСНОВНІ ПІДХОДИ НАДІЙНОСТІ ТА НОРМИ ПРОЄКТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ З ОГЛЯДУ НА
ПРИНЦИПИ ЄВРОКОДІВ

Давиденко О. О., Гаркуша М. В.

Національний транспортний університет, м. Київ

Анотація. Апарат методу граничних станів, запропонований ученими східної Європи, поширився на всі країни світу й продемонстрував високу ефективність у проєктуванні об'єктів будівництва. Метод граничних станів виявився добре пристосованим для визначення надійності споруди. Уже 2006 р., уперше в Україні, у нормативні вимоги з проєктування мостів (Державні будівельні норми «Споруди транспорту. Мости і труби. Правила проєктування») було додано процедуру визначення надійності елементів транспортних споруд, але щодо оцінки ризику споруд – проблеми, що є функцією попередньо визначеної надійності, – наразі в галузі будівництва немає жодних рекомендацій. Інженери нерідко помилково вважають детерміністичні розрахунки конструкції на міцність і стійкість розрахунками з надійності. Насправді це розрахунки, які виконуються з імовірносних позицій. Нині в Україні фактично існує дві паралельні системи проєктування об'єктів транспортного будівництва й будівництва загалом. У чинній нормативній документації з проєктування мостів не обґрунтовано процедуру визначення мінімального рівня надійності на етапі проєктно-вишукувальних робіт. Основним принципом концепції надійності в Єврокодах є забезпечення безпеки споруд. Очевидно, що прийнята в Єврокодах концепція безпеки є не тільки мірою безпеки споруд, але й критерієм оптимальності проєкта й довговічності споруди. Вимоги українських національних стандартів, що висуваються до довговічності елементів мостів, є необґрунтованими й на практиці не підтверджуються. Незважаючи на паралельну дію Єврокодів і Державних стандартів України в проєктуванні автодорожніх мостів, вітчизняний інженер не поспішає опановувати більш досконалу й сучасну систему нормативної документації. Доказом цього є відсутність в Україні мостів, запроєктованих і збудованих за вимогами Єврокодів. Підходи до вимог цих двох стандартів значно розрізняються, що спричиняє труднощі в імплементації Єврокодів у реальні проєкти мостів України.

Ключові слова: автодорожній міст, довговічність, Єврокод, надійність, транспортна споруда.

Вступ

У межах удосконалення національної нормативної бази в Україні, відповідно до частини п'ятої статті 10 [1], для забезпечення гармонізації вітчизняної нормативної бази з нормативною базою Європейського Союзу встановлюється період одночасної дії будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, і будівельних норм, гармонізованих із нормативними документами Європейського Союзу (або інших будівельних норм, кодів) [2, 3].

Порядок застосування зазначених норм визначено Кабінетом Міністрів України [4] та ДБН А.1.1-94 [5].

Це означає, що в країні фактично існує дві паралельні системи проєктування об'єктів будівництва. Починаючи з 2013 року дотепер

відсутня інформація щодо розроблення проєктів мостів у межах імplementованих в Україні Єврокодів.

Аналіз Єврокодів, виконаний під час дослідження концепції впровадження EN до норм і національних стандартів, дає змогу сформулювати основні положення, які пропонувалися впровадити впродовж 2021–2030 років.

EN стосуються проєктування будівель і споруд і мають прямий зв'язок з тлумачними документами Європейського Союзу, що конкретизують основні вимоги безпеки до будівель. EN є добровільними до застосування. Крім того, у європейському просторі EN використовуються як доказова база щодо відповідності об'єктів цивільного й промислового призначення вимогам безпеки.

За визнанням експертів, EN нині у світі є найбільш досконалою системою нормативного регулювання в будівництві. Це система новітньої концепції проектування – концепції регульованої надійності та довговічності споруд. Уперше у світі система нормування має апарат контролю надійності в процесі проектування об'єкта будівництва.

EN охоплюють основні будівельні конструктивні матеріали (бетон, сталь, деревина, камінь / цегла й алюміній), усі основні сфери проектування конструкцій (навантаження, механічна міцність і стійкість, захист від пожежі, сейсміка тощо), а також деякі типи особливих конструкцій, як-от мости, щогли, оболонки тощо.

EN беруть до уваги й захищають право країн на визначення питань безпеки на національному рівні, і в кожній країні вони різні. Це право реалізується завдяки Національним додаткам, які можуть містити інформацію щодо тих параметрів, які в Єврокодах залишилися відкритими для національного вибору, а саме [6]:

- специфічні дані країни (географічні, кліматичні тощо), наприклад, карта снігу;

- коефіцієнти надійності, для яких в EN надається тільки символ або орієнтовне значення;

- правила вибору, що використовуються, якщо в EN викладені альтернативні процедури.

А отже, виникає необхідність упровадження Єврокодів в Україні, зокрема для забезпечення вимог надійності споруд.

Аналіз публікацій

Спочатку метою розроблення Єврокодів було полегшення застосування першої Європейської директиви про державні закупівлі (71/305 СЕЕ) способом надання правил проектування будівель і цивільних споруд [7]. Після 1990 року цю роботу було доручено СЕН, який створив ТС 250, що відповідав за розроблення й завершення Єврокодів – набору європейських стандартів, що охоплюють 10 основних тем у галузі конструкцій і цивільного будівництва, на основі вимог Директиви Ради 89/106/ЄЕС щодо будівельних виробів (СРД). Кожна з 10 тем має кілька частин EN, що загалом становить 58 частин, остання з яких була опублікована СЕН у травні 2007 року [7].

Відомо, що методи проектування й будівництва цивільних споруд і будівель розвиваються, щоб бути економічно більш ефективними й краще зважати на очікування грома-

дян: вищий рівень захисту, комфорт, підвищена довговічність і покращена енергетична ефективність [7].

Єврокоди – це не лише засіб проектування для забезпечення стабільності та стійкості, зокрема в разі пожежі, але й запрошення до розвитку механічних і архітектурних інновацій; вони є інструментом для передового структурного проектування довговічних і міцних споруд [7].

План упровадження Єврокодів в Україні, як і в усіх країнах ЄС, має два глобальні складники: підготовка гармонізованих стандартів і заходи щодо інформування й освіти фахівців і студентів за новою системою нормативного регулювання в будівництві [3, 8]. Під гармонізацією необхідно розуміти комплекс заходів із подальшого розвитку Єврокодів, які передбачають ідентичне перекладання стандартів на національну мову, доповнення їх параметрами національного рівня й погодженими технічними специфікаціями. Україна вже пройшла значну частину цього шляху: підготовлено українською мовою ідентичні переклади всіх 57 документів Єврокоду, розпочато роботу з підготовки Національних додатків, що містять параметри, відкриті для національного вибору, розроблено значну кількість погоджених специфікацій [3, 8].

Програмами ЄС на період співіснування двох гілок нормативного регулювання в будівництві передбачено такі заходи:

- інформування й надання фахівцям повних знань про Єврокоди;

- створення умов для фахівців постійного професійного розвитку й навчання.

Основна мета Єврокодів – декларування як документа регулювання в будівництві країн ЄС, що застосовується з такою метою [8–13]:

- довести відповідність будівель і споруд основним вимогам [4], зокрема вимозі № 1;

- довести механічну стійкість і відповідність основній вимозі № 2;

- забезпечити пожежну безпеку;

- забезпечити основу для укладання контрактів для будівель, споруд і пов'язаних з ними інженерних послуг;

- забезпечити основу для складання узгоджених технічних специфікацій для будівельних виробів (EN і ETA).

Призначенням Єврокодів, відповідно до висновків технічного комітету СЕН/ТС250 (*CEN Technical Committee 250 (CEN/TC250) "Structural Eurocodes"*), є досягнення таких

потенційних переваг: забезпечення взаєморозуміння під час проектування споруд між замовниками, експлуатувальними службами, проєктувальниками, будівельниками й постачальниками будівельних матеріалів; забезпечення єдиних критеріїв і методів під час розроблення конкретних вимог з механічної міцності, стійкості, вогнетривкості, довговічності та економічності; сприяння ринку й застосуванню будівельних компонентів у країнах ЄС; бути загальною основою для досліджень і дослідних розроблень, що має значно знизити витрати на випробування; надання змоги розробляти універсальні заходи проєктування та відповідного програмного забезпечення; сприяння європейським фірмам і підприємцям будівельної галузі, проєктувальникам і постачальникам будівельних матеріалів підвищувати їхню конкурентоспроможності.

Основні концепції надійності конструкцій кодифіковані в низці національних стандартів, у європейському документі EN 1990 [14] і міжнародному стандарті ISO 2394 [15]. EN 1990 [11] є інноваційним документом, який встановлює принципи й вимоги до безпеки, експлуатаційної придатності та довговічності конструкцій, описує основи їх проєктування та перевірки, а також надає рекомендації щодо пов'язаних аспектів надійності конструкцій.

Крім того, додаткова інформація міститься в довідковому документі, розробленому JCSS [16], і посібнику до EN 1990 [17].

Варто зазначити, що в технічному звіті JRC [18] описано основи надійності Єврокодів, де обґрунтовано рекомендовані коефіцієнти часткового навантаження в додатку А EN1990 [14].

EN1990 [14] подає цільові значення надійності для різних класів наслідків (CC) як для однорічного, так і для 50-річного контрольного періоду. Для таких конструкцій, як мости й будівлі, зв'язок між підходом до проєктування з частковим коефіцієнтом і цільовою надійністю (β) є відносно добре встановленим, з недостатнім для геотехнічних конструкцій [19].

JRC [18] уточнює, що цільові значення в Єврокодів спочатку були отримані для будівель і мостів, тоді як калібрувальне дослідження на основі надійності в тому самому звіті припускає, що вони також можуть бути застосовними до геотехнічних конструкцій (як показано для розкинутих і пальових фундаментів), що є невід'ємним складником під час будівництва [19].

Мета й постановка завдання

Метою роботи є теоретичне обґрунтування й аналіз концепцій надійності, а також нормативно-правового забезпечення у сфері проєктування конструктивних і технологічних рішень на основі принципів Єврокодів.

Досягнення зазначеної мети передбачає розв'язання таких завдань:

- ретроспективний і порівняльний аналіз ключових підходів до оцінювання надійності об'єктів;

- систематизація нормативних вимог щодо формування технологічних параметрів проєктування з огляду на європейські стандарти.

Виклад основного матеріалу

Вибір значення цільової надійності β_t зазнав певної еволюції. У різних національних дослідженнях 80-х років XX ст. не було одностайності в поданні результатів щодо референтного періоду [18]. У деяких дослідженнях обрано однорічний період, в інших – 50-річний. Перехід між двома результатами (нехтуючи кореляцією) був поданий як

$$P_{50} = 1 - (1 - P_1)^{50} \approx 50P_1 \quad (1)$$

або через індекс надійності та n , що позначає кількість років:

$$\beta_n = \Phi^{-1} \left[\Phi^n(\beta_1) \right]. \quad (2)$$

У роботі [18] наведено, що розкид між різними дослідженнями був досить значним; розкид між різними матеріалами, типами елементів і умовами навантаження був ще більшим, але продемонстрував подібність між різними дослідженнями.

Після завершення проєктування конструктивного елемента невизначеності параметрів беруться до уваги за допомогою ймовірнісних моделей [20]. Згодом розраховується ймовірність відмовлення, що визначається як ймовірність того, що функція граничного стану (*limit state function* – LSF) нижча за нуль:

$$P_f = P(z(\bar{X}) \leq 0). \quad (3)$$

Потім розраховується індекс надійності:

$$\beta = -\Phi^{-1}(P_f), \quad (4)$$

де β – індекс надійності, формально визначений як від'ємне значення стандартизованої

нормальної змінної, що відповідає ймовірності відмови P_f ; $\Phi(\cdot)$ – стандартний нормальний розподіл.

Існує кілька методів для оцінювання функції граничного стану. Автори роботи [20] запропонували метод надійності першого порядку (FORM), оскільки він є відносно швидким і додатково дає уяву про коефіцієнти чутливості основних випадкових величин, що використовуються в аналізі. Коефіцієнти чутливості (або α -значення) описують чутливість розрахованої надійності конструкції як функції невизначеностей випадкових величин, обрану кількість розрахункових ситуацій також було оцінено за допомогою моделювання методом Монте-Карло й подано в роботі [26].

У моделюванні методом Монте-Карло використовують формулювання надійності, виражене в інструкціях для звітів про значну реабілітацію [26]. Індекс надійності β для логарифмічно нормального визначення можна подати як

$$\beta = \frac{\ln \left[\frac{E[C]}{E[D]} \right]}{\sqrt{V_C^2 + V_D^2}}, \quad (5)$$

де $E[C]$ – очікуване значення потужності; $E[D]$ – очікуване значення попиту; V_C – коефіцієнт варіації потужності; V_D – коефіцієнт варіації попиту.

(Примітка. Позначку β для індексу надійності необхідно використовувати лише тоді, коли V_C і V_D менші ніж 30 %.)

Наразі індекс надійності β , визначений рівнянням (4), є загальноживаною мірою структурної надійності в кількох міжнародних документах [21].

Варто зауважити, що за ймовірнісних методів проектування, поданих у Міжнародному стандарті [15], базуються на вимозі, що протягом терміну служби конструкції T ймовірність руйнування P_f не перевищує розрахункове значення P_d або індекс надійності β перевищує її розрахункове значення β_d [21]:

$$P_f \leq P_d \text{ або } \beta \leq \beta_d. \quad (6)$$

У EN 1990 [14] основний рекомендований індекс надійності для граничних станів за несною здатністю $\beta_d = 3,8$ відповідає розрахунковій ймовірності руйнування $P_d = 7,2 \times 10^{-5}$, для граничних станів експлуатаційної придатності $\beta_d = 1,5$ відповідає $P_d = 6,7 \times 10^{-2}$. Ці

значення пов'язані з розрахунковим терміном служби 50 років для будівельних конструкцій і звичайних споруд. Загалом більші значення β необхідно брати до уваги, коли для перевірки надійності конструкції застосовуватиметься нетривалий контрольний період (один або п'ять років) [21].

У табл. 1 подано мінімальні показники надійності [14, 22]. Єврокод посилається на класи надійності (RC), пов'язані з класами наслідків (CC). Класи наслідків і надійності безпосередньо пов'язані (тобто однакові) майже в усіх європейських національних додатках. Крім того, мости, що належать до RC3, зазвичай повинні мати мінімальний контрольний період 100 років у Національному додатку. Це робить вимогу надійності для RC3 більш суворою порівняно з рекомендованим 50-річним контрольним періодом.

Таблиця 1 – Рекомендовані мінімальні значення індексу надійності β відповідно до Єврокоду

Клас надійності	1 рік	50 років
RC1	4.2	3.3
RC2	4.7	3.8
RC3	5.2	4.3

Показники надійності в табл. 1 для одного та 50 років є приблизно сумісними лише приблизно, якщо немає кореляції між руйнуванням, що відбувається в один рік та інший $1 - P_{f,50} = (1 - P_{f,1})^{50}$, де $P_{f,y}$ вказує на ймовірність руйнування протягом контрольного періоду в роках [22]. Це нереалістичне припущення щодо статичного опору конструкції або її власної ваги. Хоча фактичне значення опору дійсно невизначене, щороку розглядається одна й та сама конструкція, тобто статичний опір і власна вага повністю корелюють у часі. Тільки залежна від часу частина змінного навантаження може вважатися некорельованою щороку або кожні кілька років. Невизначеність моделі також є повністю корельованою в часі. Це означає, що існує розбіжність між мінімальними значеннями показників надійності, вираженими для 50 років, і значеннями для одного року для практичних споруд [22].

Наприклад, у США для аналізу надійності бетонного мосту зазвичай обирають чотири граничні стани [23].

1) Граничний стан несної здатності (*ultimate limit state* – ULS):

– граничний стан руйнування (елемента або системи);

– граничний стан руйнування від зсуву.

2) Граничний стан експлуатаційної придатності (*serviceability limit state* – SLS):

- граничний стан ширини тріщини;
- граничний стан прогину.

Для сталевих мостів, як правило, також необхідний граничний стан втоми.

Використання для елементів різних підходів розрахунку AASHTO [24] та OHBDC [25] дає різницю показників надійності.

Зауважимо, що ймовірнісні методи ще не є загальноприйнятими в практиці проектування. Однак розроблені процедури розрахунку й програмні продукти дають змогу безпосередньо перевіряти надійність конструкцій із використанням імовірнісних концепцій та доступних експериментальних показників.

Мостові споруди та їх конструктивні елементи необхідно проектувати, будувати й обслуговувати таким чином, щоб бути придатними до експлуатації впродовж розрахункового терміну служби, зокрема з економічного погляду.

Зокрема з належним ступенем надійності мостові споруди та їх конструктивні елементи мають задовольняти такі вимоги:

– адекватно функціювати під дією всіх очікуваних впливів (вимога граничного стану за експлуатаційною придатністю);

– витримувати екстремальні та/або часто повторювані впливи, що виникають під час зведення та експлуатації (вимога граничного стану за несною здатністю);

– не руйнуватися внаслідок таких подій, як повені, зсуви, пожежі, вибухи, удари або через помилки персоналу до ступеня, непропорційного початковій причині (вимога конструктивної цілісності).

Відповідний ступінь надійності має бути встановлений з огляду на можливі наслідки відмови й рівня витрат, зусиль і складності процедур, необхідних для зниження ризику відмови.

Заходи, що вживаються для досягнення відповідного ступеня надійності, передбачають:

- вибір конструктивної системи, належне проектування й розрахунок;
- дотримання стратегії якості;
- проектування з огляду на довговічність і технічне обслуговування;
- захисні заходи.

Вираз «відповідний ступінь надійності», що використовується в ISO 2394:2015 [15], означає, що для призначення рівня надійності необхідно брати до уваги такі фактори:

1) причину й форму відмови, маючи на увазі можливість раптового руйнування кон-

струкції (або її елементів). Необхідно, щоб така конструкція мала вищий ступінь надійності, ніж конструкція, руйнуванню якої передує певний сигнал, який дає змогу вжити заходів для обмеження наслідків;

2) можливі наслідки відмови з погляду ризику, терміну служби, шкоди здоров'ю, потенційних економічних втрат і рівня соціальних незручностей;

3) рівень витрат, зусиль і трудомісткість процедур, необхідних для зниження ризику відмови;

4) соціальні та екологічні умови в певних місцях.

Класифікація за ступенем надійності може бути виконана відповідно до класифікації мостової споруди загалом або її конструктивних елементів. Отже, наприклад, рівні надійності можуть бути прийняті залежно від наслідків відмови таким чином:

– низький ризик для життя – економічні, соціальні та екологічні наслідки незначні;

– середній ризик для життя – значні економічні, соціальні та екологічні наслідки;

– високий ризик для життя – дуже великі економічні, соціальні та екологічні наслідки.

Необхідна надійність, пов'язана з безпекою конструкції або експлуатаційною придатністю, може бути досягнута способом спільного виконання певних заходів.

а) Заходи, пов'язані з проектуванням:

– виконання вимог експлуатаційної придатності;

– вибір значень змінних впливу;

– вибір ступеня надійності для проектних розрахунків;

– аналіз довговічності;

– аналіз ступеня конструктивної цілісності (живучості);

– кількість і якість попередніх досліджень ґрунту й можливих екологічних наслідків;

– точність використовуваних механічних моделей;

– суворість правил проектування й контролю.

б) Заходи, пов'язані з перевіркою якості для зниження ризику небезпек:

– від грубих індивідуальних помилок;

– під час проектування;

– у процесі виконання робіт.

Відмова мостової споруди або її окремих елементів може статися з таких причин:

– через надзвичайно несприятливе поєднання впливів, властивостей матеріалів, геометричних розмірів та інших факторів, пов'язаних із нормальною експлуатацією та іншими звичайними обставинами;

– через виняткові, але передбачувані зовнішні впливи або впливи довкілля, наприклад зіткнення із конструкцією або екстремальні кліматичні впливи;

– унаслідок помилок, зумовлених браком інформації, бездіяльністю, неправильним розумінням і нестачею взаємодії, недбалістю, неналежною експлуатацією тощо;

– через непередбачені обставини.

Зазначимо, що термін «винятковий» стосується обставин та/або впливів, які присутні лише протягом незначного терміну служби та/або малоімовірні. Залежно від типу конструкції ці впливи можуть бути або не бути детально розглянуті в проєкті.

Жодна споруда не може функціонувати задовільно під дією виняткових впливів або за винятково низького опору матеріалів конструкцій, але передбачуваний обсяг руйнувань має бути обмежений таким чином, щоб він був пропорційний причині пошкодження.

Отже, мають бути вжиті заходи, щоб протистояти подібним подіям. Необхідно, щоб заходи передбачали один або кілька з наведених нижче пунктів:

– проєктування й обслуговування споруди відповідно до правил, поданих у наступних пунктах, для умов нормальної експлуатації та за інших звичайних обставин;

– розрахунок ключових несних елементів конструкції на встановлені виняткові впливи, які можуть бути спричинені аваріями чи подібними явищами.

Метою призначення таких розрахункових критеріїв є необхідність зважати на ефект більшої частини непередбачених подій. У конструктивній схемі мають бути виявлені «ключові» елементи, відмова яких призведе до руйнування більшої частини конструкцій, розташованих поблизу розглянутого елемента.

Якщо такі конструктивні елементи встановлені й вони можуть бути вилучені з конструктивної схеми, тоді в процесі проєктування необхідно брати до уваги їх значущість.

в) Захист від передбачуваних впливів та усунення помилок.

Необхідно ретельно перевіряти й вживати відповідних заходів, щоб гарантувати відсутність недоліків конструктивної схеми й можливість безпечної передачі всіх навантажень на фундаменти.

Важливо передбачити заходи захисту від ударів транспортних засобів, наприклад, способом установа додаткової захисної огорожі та стовпчиків огороження.

Імовірність грубих помилок під час проєктування й будівництва може бути знижена

за допомогою відповідної гарантії якості та/або заходами її контролю.

г) Мости мають бути запроєктовані таким чином, щоб локальне пошкодження окремих елементів не призводило до негайного руйнування всієї мостової споруди або значної її частини.

Під час проєктування з огляду на гіпотетичні локальні пошкодження використовують такий підхід. Конструкція має бути розділена на елементи й запроєктована таким чином, щоб усі несні конструктивні елементи, крім «ключових», могли бути вилучені, не спричиняючи руйнування понад обмежену частину поблизу розглянутого елемента. Під час вилучення неключового конструктивного елемента для частини мостової споруди, що залишилася, вважатиметься прийнятним знижений рівень надійності порівняно з нормальним за умови, що споруда буде відновлена до нормального рівня надійності протягом розумно нетривалого часу після пошкодження.

Аналіз міжнародних вимог [16, 27–31] продемонстрував: для досягнення достатньої впевненості, що будівельні об'єкти задовольняють установлені вимоги до якості та, зокрема, основні наведені вище вимоги сторонами, відповідальними за управління всіма циклами проєктування й будівництва, має бути прийнята й реалізована певна стратегія в галузі якості.

Стратегія в галузі якості має передбачати: визначення вимог якості; організаційні заходи й управління на стадії проєктування, будівництва, у період експлуатування й під час проведення технічного обслуговування мостової споруди.

Управління якістю, обране для здійснення стратегії з контролю якості, має передбачати розгляд: типу й призначення споруди; наслідків дефектів якості (наприклад, аварії через відмови конструкції); культури управління сторін, що беруть участь.

У проєктуванні мостів надійність є найважливішим аспектом досягнення якості, який підлягає розгляду. Стандарти будівельного проєктування мають забезпечувати основу для досягнення надійності мостових споруд таким чином: забезпеченням вимог надійності; установа правил перевірки виконання вимог надійності; установа правил будівельного проєктування та супутніх умов.

Умови, які необхідно виконувати, стосуються, наприклад, вибору конструктивної системи, рівня майстерності та режиму технічного обслуговування, і зазвичай детально викладені в стандартах із будівельного проєктування [32, 34–37]. Технічні умови також

мають зважати на змінність властивостей матеріалів, контроль якості та критерії приймання матеріалів. Крім того, вони містять положення про використання інформаційних технологій щодо проектування й виконання робіт, зокрема з ланцюжками постачання й випробуваннями матеріалів.

Після огляду базових принципів забезпечення надійності необхідно розглянути вимоги ДБН В.2.3-22:2025 [37], чинного з 01.01.2026.

Відповідно до вимог [37] критерієм надійності (безвідмовної роботи конструкції) протягом розрахункового строку експлуатації є виконання нерівності

$$E_d \leq R_d, \quad (7)$$

де E_d – абсолютне розрахункове значення дії; R_d – абсолютне розрахункове значення опору.

Розрахункове значення дії E_d визначають за формулою

$$E_d = \gamma_n \cdot \gamma_f \cdot (1 + \mu) \cdot E_k, \quad (8)$$

де γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю; γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням; $1 + \mu$ – динамічний коефіцієнт; E_k – характеристичне значення дії.

Клас наслідків відповідальності беруть до уваги, коли вводять коефіцієнт надійності γ_n , величину якого необхідно приймати відповідно до табл. 2.

Таблиця 2 – Коефіцієнт надійності за відповідальністю [37]

Клас наслідків (відповідальності)	Характеристика мостів і труб	Коефіцієнт надійності за відповідальністю, γ_n
СС3	Позакласні мости	1,25
СС2	Усі постійні мости (крім залізничних)	1,10
	Залізничні мости, труби	1,00
СС1	Тимчасові мости	1,00

Примітка. Мости під метрополітен та інший легкий рейковий транспорт, а також сумішені під

залізницю й автотранспорт до залізничних мостів не включено.

Значення коефіцієнтів γ_f і $(1 + \mu)$, а також характеристичне значення дії приймають згідно з ДБН В.1.2-15 [38].

Розрахункові значення опору R_d дорівнюють характеристичним значенням опору R_k , поділеним на коефіцієнти надійності за матеріалом γ_m :

$$R_d = R_k / \gamma_m. \quad (9)$$

У проектних рішеннях важливо уникати або обмежувати можливості потенційних ушкоджень конструкції. Зменшення ризиків досягається внаслідок реалізації таких принципів:

- застосування конструктивних рішень, які брали б до уваги можливість ушкодження елементів моста через проектні помилки, дорожньо-транспортні пригоди, людський недогляд під час будівництва й експлуатації, а також унаслідок терористичних актів;

- застосування конструктивних рішень із захисту елементів мостів від корозії, зокрема для бетонних і залізобетонних конструкцій у разі показника водонепроникності меншого ніж W10;

- застосування конструктивних схем і конструкцій, які дали б змогу усунути або зменшити потенційний ризик пошкодження або руйнації елементів споруди;

- застосування статичної схеми споруди, мінімально чутливої до непередбачених змін у разі впливів і навантажень (наприклад, осідання ґрунту, наднормативні навантаження). Віддавати перевагу статичним схемам, у яких руйнація одного з відповідальних елементів не призведе до руйнації споруди загалом (наприклад, багатобалковий міст, замість моста з одною балкою, багатовантовий міст замість одновантового);

- застосування такої конструкції та конструктивної схеми, щоб у разі пошкодження одного з її відповідальних елементів (наприклад, просідання опори, руйнація розкосу або підвісу) споруда залишалась життєздатною та певний час виконувала б свої функції або не була раптово зруйнованою;

- передбачення можливості заміни окремих елементів споруди, зокрема з частковим обмеженням руху;

– виконання розрахунків на втомленість і застосування конструктивних рішень, які унеможливають появу тріщин втомленості;

– доступність елементів споруди для огляду й ремонту.

Для виконання зазначених вище вимог надійності, а також пп. 5.2.1–5.2.3 [37] споруду та її елементи потрібно проектувати з огляду на такі принципи:

– використовувати достовірні значення базових характеристик, що визначають міцність, стійкість, експлуатаційну придатність і довговічність моста (фізико-механічні властивості матеріалів, ґрунтів основи, гідрологічні впливи із заданою забезпеченістю, природні та інші впливи);

– визначати розрахункові комбінації навантажень і відповідних коефіцієнтів надійності на всіх етапах життєвого циклу;

– застосовувати ймовірнісні розрахункові моделі;

– зважати на динамічні, сейсмічні, аеродинамічні та кліматичні впливи;

– перевіряти елементи споруди за граничними станами;

– проектувати елементи споруди відповідно до чинних норм.

Споруда має виконувати свої функції за різних розрахункових ситуацій. Розрізняють такі розрахункові ситуації:

– усталені, які відповідають умовам нормальної експлуатації;

– перехідні, які належать до тимчасового стану споруди, наприклад, під час ремонту;

– аварійні (випадкові), які відповідають особливим умовам функціонування споруди, наприклад, у разі пошкодження одного з елементів;

– сейсмічні, які належать до умов, коли конструкція зазнає впливу з боку природних сейсмічних сил.

Далі досліджуємо вимоги щодо надійності згідно з [14, 39].

Правила управління надійністю подано в розділі 2 EN 1990 [14].

Вважається, що проектування із застосуванням коефіцієнтів надійності, наведених у EN 1992-1-1 [39], і коефіцієнтів надійності, поданих у додатках EN 1990 [14], забезпечує конструкцію, що належить до класу надійності RC2.

Відповідно до EN 1990 [14] мостова споруда має бути сконструйована й виконана таким чином, щоб з відповідними ступенем надійності та економічності й протягом її

призначеного життєвого циклу вона відповідала таким вимогам:

– витримувала всі можливі дії та впливи під час її зведення й використання;

– залишалася придатною для того використання, для якого вона була призначена.

Мостова споруда має бути сконструйована з відповідною:

– несною здатністю;

– експлуатаційною придатністю;

– довговічністю.

У разі пожежі несна здатність має бути достатньою впродовж визначеного періоду часу.

Події, які необхідно брати до уваги, узгоджують для індивідуального проекту замовник і відповідний орган.

Потенційні руйнування необхідно уникати або обмежувати завдяки вибору одного або декількох з перелічених способів:

– уникненням, усуненням або зниженням небезпеки, якій може бути піддана споруда;

– вибором конструкційної форми, яка є малочутливою до небезпеки, що розглядається;

– вибором конструкційної форми й проектуванням, які можуть забезпечити адекватну цілісність конструкції в процесі усунення окремого елемента чи обмеженої частини споруди, або за умови виникнення допустимого локального руйнування;

– уникненням, наскільки це можливо, використання конструкційних систем, що можуть несподівано руйнуватись;

– об'єднанням конструкційних елементів.

Основні вимоги мають бути виконані завдяки:

– вибору придатних матеріалів;

– відповідному розрахунку й належним кресленням;

– визначенню процедур контролю конструювання, виробництва, зведення та застосування щодо відповідного будівельного об'єкта.

Положення розділу 2 EN 1990 [14] мають тлумачитись з огляду на те, що проектування виконується з необхідною кваліфікацією та ретельністю, зважаючи на особливості середувища й базуючись на сучасних знаннях і належній практиці, які існують під час проектування споруди.

Надійність, що вимагається від мостової споруди, відповідно до EN 1990 [14] досягається завдяки проектуванню, згідно з EN 1990 [14] та завдяки належному виконанню вимог стандарту й заходів з керування якістю.

Крім того, можуть бути прийняті різні рівні надійності:

- для несної здатності;
- для експлуатаційної придатності.

У виборі рівнів надійності для відповідної споруди необхідно брати до уваги такі фактори:

- можливі причини та/або режим досягнення граничного стану;
- імовірні наслідки руйнування, що можуть стати причиною ризику для життя, тілесних ушкоджень, потенційних економічних втрат;
- суспільне неприйняття руйнування;
- витрати й процедури, необхідні для зменшення ризику руйнування.

Рівні надійності, що використовуються для відповідної споруди, можуть бути визначені одним або двома переліченими способами:

- класифікацією споруди загалом;
- класифікацією її компонентів.

Рівні надійності щодо несної здатності та експлуатаційної придатності можуть досягатись відповідною комбінацією:

а) превентивних і захисних заходів (тобто створенням захисних бар'єрів, активними й пасивними захисними заходами проти пожежі, захисними заходами проти ризику появи корозії, наприклад фарбування або катодний захист);

б) заходів щодо проектних розрахунків:

- показників характерних впливів (дій);
- вибору часткових коефіцієнтів;

в) заходів щодо керування якістю;

г) заходів, які мають на меті зменшення помилок у проектуванні та зведенні споруд і грубих людських помилок;

д) інших заходів щодо інших таких проектних аспектів:

- основних вимог;
- ступенем живучості (конструктивна цілісність);
- довговічності, зокрема вибір проектного терміну експлуатації конструкції;
- ступенем і якості попередніх досліджень ґрунтів і можливого впливу навколишнього середовища;
- точності використаних механічних моделей;
- виготовлення детальних креслень;

е) ефективного виконання, тобто відповідно до стандартів здійснення робіт, згідно з EN 1991-EN 1999 (Єврокоди) – Проектування конструкцій (гармонізовані європейські стандарти для проектування конструкцій, що забезпечують спільний підхід до проекту-

вання будівель і цивільних інженерних споруд по всьому ЄС, замінюючи різні національні норми для забезпечення безпеки, довговічності та вогнестійкості);

ж) адекватних процедур інспектування та поточного обслуговування, визначених у прокатній документації.

Заходи з попередження потенційних причин руйнування та/або зменшення їх наслідків можуть за певних обставин бути взаємозамінними, в обмеженому ступені, за умов підтримки рівня надійності, який вимагається.

Порівняння міжнародних норм з оновленими ДБН В.2.3-22:2025 [37] демонструє наближення українського підходу до європейської практики, але також виявляє напрями для подальшого вдосконалення системи оцінювання технічного стану й методології управління надійністю.

Нові українські ДБН В.2.3-22:2025 [37] суттєво гармонізовані з європейськими нормами, зокрема щодо:

- класифікації розрахункових ситуацій (нормальні, перехідні, аварійні, сейсмічні);
- застосування коефіцієнтів надійності за відповідальністю та матеріалами;
- системи граничних станів;
- вимог до конструктивної цілісності;
- підходів до забезпечення довговічності;
- вимог до строків служби конструктивних елементів.

Крім того, аналіз засвідчує, що система оцінки технічного стану мостів в Україні потребує подальшої адаптації під стандартизовані європейські підходи, як-от:

- використання методів нечіткої логіки для інтегрального оцінювання стану;
- цифрові системи моніторингу (SHM) як основа для прогнозування ресурсу конструкцій;
- стандартизовані індексні методики експертного оцінювання (наприклад, BMS США, BA 79/13 Великої Британії, JSHB Японії);

– інтеграція оцінки ризиків на рівні всієї мережі мостів, а не окремих об'єктів.

Українські норми рухаються в правильному напрямі – до системного управління ризиками, довговічністю й технічним станом споруд. Однак повна інтеграція в європейську інженерну культуру потребує подальшого розвитку методологій, цифровізації та впровадження міжнародних систем управління мостовими активами.

Висновки

Мостові переходи на автомобільних дорогах є найбільш вразливими об'єктами. Відновлення мостів, зруйнованих унаслідок аварій, стихійних лих і під час бойових дій, має найважливіше значення для функціонування економіки України та її збройних сил.

Організація робіт із відновлення мостів на автомобільних дорогах залишається одним із найскладніших завдань, пов'язаних із значними витратами сил, засобів і часу. Основна вимога, що водночас висувається, – відновлені мости мають бути надійними й довговічними.

Друге покоління Єврокодів перебуває в розробленні, де приділено більшу увагу до принципів проектування, основаних на ризиках. Важливим якорем Єврокодів є цільові показники надійності, які визначають мінімально необхідні ймовірності відмов, однак виникла потреба в більш детальному обґрунтуванні цільової надійності певних видів споруд.

Проблема впровадження Єврокодів в Україні є нагальною. Для повної інтеграції нашої країни в Європейський Союз пропозиції, які запропонував професор А. Лантух-Лященко, на жаль, не повною мірою реалізуються для впровадження Єврокодів. Вітчизняні нормативні документи здебільшого є «калькою» радянських нормативних документів, що навіть не сповільнює, а відкидає мостову галузь України на десятки років назад і робить будівництво мостів у країні відсталим на понад 40 років, а будівництво позакласового моста нездійсненою метою із захмарним бюджетом.

У роботі проаналізовано й запропоновано основні підходи надійності та норми проектування технологічних і конструктивних рішень відповідно до принципів Єврокодів.

Література

1. Закон України «Про будівельні норми» № 1704-VI від 05.11.2009.
2. Мости: конструкції та надійність: довідник / Й. Й. Лучко, П. М. Коваль, М. М. Корнієв, А. І. Лантух-Лященко, М. Р. Хархаліс; ред.: В. В. Панасюк, Й. Й. Лучко; Фізико-механ. ін-т ім. Г. В. Карпенка НАН України. Львів: Каменяр, 2005. 989 с.
3. Лантух-Лященко А. І. Єврокод – новий підхід в проектуванні мостів. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2013. Вип. 88. С. 277–288. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adidb_2013_88_32 (дата звернення: 15.02.2026).
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 23.05.2011 № 547 «Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених

- на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу»
5. ДБН А.1.1-94:2010 Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення. [Чинний від 2022.09.01.] Київ. 34 с.
 6. Посібник з впровадження та дотримання основних міжнародних сучасних вимог проектування автодорожніх мостів в Україні. [Чинний від 2024.01.01.] Київ. 88 с.
 7. Calgaro J. A. (2010). The Eurocodes and Construction Industry. Medium-Term Strategy. 2008–2013. CEN/TC 250.
 8. Надійність та довговічність транспортних і гідротехнічних споруд: навчальний посібник / А. М. Онищенко, А. І. Лантух-Лященко, О. О. Давиденко, М. В. Гаркуша, О. І. Риковець. Київ: Людмила, 2024. 188 с.
 9. Probabilistic Model Code. 12th draft. Joint Committee on Structural Safety. PART I - BASIS OF DESIGN – JCSS-OSTI/DIA/VROC-10-11-2000, ETH Zurich, 64 p.
 10. EUROPEAN PRESTANDARD ENV 1991-1-1. Eurocode 1: Basis of design and actions on structures. Part Basis of design. European Committee for Standardization. Brussels. 85 p.
 11. Давиденко О. О. Моделювання життєвого циклу автодорожніх мостів: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11. Київ, 2017. 129 с.
 12. Адріанов В. П. Єврокоди в системі нормативно-правового забезпечення будівництва [Електронний ресурс]. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2020. № 2. С. 11–14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbis_2020_2_4 (дата звернення: 15.02.2026).
 13. Особливості впровадження Єврокодів в Україні [Електронний ресурс] / А. О. Вітровий, П. В. Попович, Р. І. Розум, О. В. Чорна, О. П. Захарчук, Н. А. Галиш, З. М. Цідило, К. П. Шок. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2023. Вип. 8(2). С. 84–91. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2023_8\(2\)_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2023_8(2)_13) (дата звернення: 15.02.2026).
 14. European Committee for Standardization. EN 1990:2002 Eurocode – Basis of structural design. Brussels: CEN, 2002. 87 p.
 15. International Organization for Standardization. ISO 2394:2015 General principles on reliability for structures. Geneva: ISO, 2015. 68 p.
 16. JCSS: Background documentation, Part 1 of EC 1 Basis of design, 1996.
 17. Gulvanessian H., Calgaro J.-A., Holický, M.: Designer's Guide to EN 1990, Eurocode: Basis of Structural Design; Thomas Telford, London, 2002, ISBN: 07277 3011 8, 192 p.
 18. European Commission, Joint Research Centre, Vrouwenvelder T., Dimova S., Sousa M. L., Marková J., Mancini G., Kuhlmann U., Taras A., Jockwer R., Jäger W., Schweckendiek T., Franchin P., Skejić D., Sørensen J. D., Spehl P., Stacy M., Feldmann M., Croce P., Zhao B.,

- Tanner P., Knippers J., Mollaert M., André J., Steenbergen R., Kohler J., Bakeer T., Maljaars J., Allaix D., and Spross J. Reliability background of the Eurocodes, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/9482837> (дата звернення: 15.02.2026).
19. JRC139110 Timo Schweckendiek, Mark van der Krogt, Ana Martins Teixeira (2024). Reliability targets for geotechnical structures in the Eurocode framework. 11210291-008-GEO-0002. Deltares. P. 21 https://publications.deltares.nl/11210291008_0002.pdf (дата звернення: 15.02.2026).
 20. Meinen, Nadih & Steenbergen, R. (2018). Reliability levels obtained by Eurocode partial factor design -A discussion on current and future reliability levels. *Heron*. 63. 243–302.
 21. Milan Holický, Ton Vrouwenvelder (2005). Basic concepts of structural reliability. Implementation of eurocodes. Handbook 2 Reliability backgrounds. Leonardo da Vinci pilot project CZ/02/B/F/PP-134007. P I–1–I-11
 22. de Vries R., Steenbergen R. D. J. M., & Maljaars J. (2023). Annual reliability requirements for bridges and viaducts. *Heron*, 68(2), 91–122. <http://heronjournal.nl/68-2/1.html> (дата звернення: 15.02.2026).
 23. Thoft-Christensen P., & Nowak A. S. (1997). Principles of Bridge Reliability: application to design and assessment codes. Dept. of Building Technology and Structural Engineering. Structural Reliability Theory. Vol. R9751 No. 162
 24. AASHTO, 1992, "Standard Specifications for Highway Bridges", American Assoc. Of State Highway and Transp. Officials, Wash., DC.
 25. OHBDC, 1983, "Ontario Highway Bridge Design Code", 2nd edition, Ministry of Transportation, Downsview, Ontario, Canada.
 26. Robert C. Patev, Mary Ann Leggett (1995). Reliability analysis of a reinforced concrete drainage structure. prepared for U.S. Army Engineer Distri@ Vicksburg. Technioal report; ITL-95-13. 38 p.
 27. International Organization for Standardization. ISO 9000:2015 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary. Geneva: ISO, 2015. 54 p.
 28. International Organization for Standardization. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements. Geneva: ISO, 2015. 29 p.
 29. International Organization for Standardization. ISO 9002:1994 Quality systems – Model for quality assurance in production, installation and servicing. Geneva: ISO, 1994. 15 p.
 30. International Organization for Standardization. ISO 9003:1994 Quality systems – Model for quality assurance in final inspection and test. Geneva: ISO, 1994.
 31. International Organization for Standardization. ISO 9004:2018 Quality management – Quality of an organization – Guidance to achieve sustained success. Geneva: ISO, 2018. 50 p.
 32. ДБН В.2.3-14:2006 Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. [Чинний від 2007.02.01.] Київ, 112 с.
 33. ДБН В.2.3-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження та впливи. [Не чинний від 2026.01.01.] Київ, 85 с.
 34. ДСТУ Б В.2.6-207:2015 Розрахунок і конструювання кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель та споруд. [Чинний від 2016.04.01.] Київ, 267.
 35. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2020.06.01.] Київ, 130 с.
 36. ДБН В.2.3-26:2024 Споруди транспорту. Мости та труби. Проектування сталевих конструкцій. [Чинний від 2025.03.01.] Київ, 145 с.
 37. ДБН В.2.3-22:2025 Мости і труби. Основні вимоги проектування. [Чинний від 2026.01.01]. Київ, 40 с.
 38. ДБН В.1.2-15:2009 Споруди транспорту. Навантаження та впливи. Мости та труби. [Чинний від 2010.03.01.] Київ, 66 с.
 39. European Committee for Standardization. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels: CEN, 2004. 225 p.

References

1. Zakon Ukrainy "Pro budivel'ni normy" № 1704-VI vid 05.11.2009. [in Ukrainian].
2. Mosty: konstruktsiyi ta nadiynist': Dovidnyk / Y. Y. Luchko, P. M. Koval', M. M. Korniyev, A. I. Lantukh-Lyashchenko, M. R. Kharkhalis; red.: V. V. Panasyuk, Y. Y. Luchko; Fizykomekhan. in-t im. H. V. Karpenka NAN Ukrainy. L.: Kamenyar, 2005. 989 с. [in Ukrainian].
3. Lantukh-Lyashchenko A. I. Yevrokod – novyy pidkhid v proektuvanni mostiv / A. I. Lantukh-Lyashchenko. Avtomobil'ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. 2013. Vyp. 88. S. 277–288. http://nbuv.gov.ua/UJRN/adidb_2013_88_32 [in Ukrainian].
4. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 23.05.2011 № 547 "Pro zatverdzhennya Poryadku zastosuvannya budivel'nykh norm, rozroblenykh na osnovi natsional'nykh tekhnolohichnykh tradytsiy, ta budivel'nykh norm, harmonizovanykh z normatyvnymy dokumentamy Yevropeys'koho Soyuzu" [in Ukrainian].
5. DBN A.1.1-94:2010 Proektuvannya budivel'nykh konstruktsiy za Yevrokodamy. Osnovni polo-zhennya. Kyiv, 2022. [in Ukrainian].
6. Posibnyk z vprovadzhennya ta dotrymannya osnovnykh mizhnarodnykh suchasnykh vymoh proyektu-vannya avtodorozhnykh mostiv v Ukraini. Kyiv, 2024. [in Ukrainian].
7. Calgaro J. A. (2010). The Eurocodes and Construction Industry. Medium-Term Strategy. 2008–2013. CEN/TC 250. [in English].

8. Nadiynist' ta dovhovichnist' transportnykh i hidrotekhnichnykh sporud: navchal'nyy posibnyk / A. M. Onyshchenko, A. I. Lantukh-Lyashchenko, O. O. Davydenko, M. V. Harkusha, O. I. Rykovets'. Kyiv: Lyudmyla, 2024. 188 s. [in Ukrainian].
9. Probabilistic Model Code. 12th draft. Joint Committee on Structural Safety. PART I - BASIS OF DESIGN - JCSS-OSTI/DIA/VROC-10-11-2000, ETH Zurich, 64 p. [in English].
10. EUROPEAN PRESTANDARD ENV 1991-1-1. Eurocode 1: Basis of design and actions on structures. Part Basis of design.-European Committee for Standardization. Brussels. 85 p. [in English].
11. Davydenko O. O. Modelyuvannya zhyttyevoho tsyk-lu avtodorozhnykh mostiv: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.22.11. Kyiv, 2017. 129 s. [in Ukrainian].
12. Adrianov V. P. Yevrokody v systemi normatyvno-pravovoho zabezpechennya budivnytstva / V. P. Adrianov. Promys-love budivnytstvo ta inzhenerni sporudy. 2020. № 2. S. 11–14. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbis_2020_2_4 [in Ukrainian].
13. Vitrovyi A. O. Osoblyvosti vprovadzhennya Yevrokodiv v Ukraini [Elektronnyy resurs] / A. O. Vitrovyi, P. V. Popovych, R. I. Rozum, O. V. Chorna, O. P. Zakharchuk, N. A. Halysh, Z. M. Tsidylo, K. P. Shok. Tsentral'noukrayins'kyi naukovy visnyk. Tekhnichni nauky. 2023. Vyp. 8(2). S. 84–91. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2023_8\(2\)_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2023_8(2)_13) [in Ukrainian].
14. European Committee for Standardization. EN 1990:2002 Eurocode – Basis of structural design. Brussels: CEN, 2002. 87 p. [in English].
15. International Organization for Standardization. ISO 2394:2015 General principles on reliability for structures. Geneva: ISO, 2015. 68 p. [in English].
16. JCSS: Background documentation, Part 1 of EC 1 Basis of design, 1996. [in English].
17. Gulvanessian, H. Calgareo, J.-A. Holický, M.: Designer's Guide to EN 1990, Eurocode: Basis of Structural Design; Thomas Telford, London, 2002, ISBN: 07277 3011 8, 192 pp. [in English].
18. European Commission, Joint Research Centre, Vrouwenvelder, T., Dimova, S., Sousa, M. L., Marková, J., Mancini, G., Kuhlmann, U., Taras, A., Jockwer, R., Jäger, W., Schweckendiek, T., Franchin, P., Skejić, D., Sørensen, J. D., Spehl, P., Stacy, M., Feldmann, M., Croce, P., Zhao, B., Tanner, P., Knippers, J., Mollaert, M., André, J., Steenbergen, R., Kohler, J., Bakeer, T., Maljaars, J., Allaix, D., and Spross, J., Reliability background of the Eurocodes, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/9482837> [in English].
19. JRC139110 Timo Schweckendiek, Mark van der Krogt, Ana Martins Teixeira (2024). Reliability targets for geotechnical structures in the Eurocode framework. 11210291-008-GEO-0002. Deltares. P. 21 https://publications.deltares.nl/11210291_008_0002.pdf [in English].
20. Meinen, Nadieh & Steenbergen, R. (2018). Reliability levels obtained by Eurocode partial factor design -A discussion on current and future reliability levels. Heron. 63. 243–302. [in English].
21. Milan Holický, Ton Vrouwenvelder (2005). Basic concepts of structural reliability. Implementation of eurocodes. Handbook 2 Reliability backgrounds. Leonardo da Vinci pilot project CZ/02/B/F/PP-134007. P I–I–11. [in English].
22. de Vries, R., Steenbergen, R. D. J. M., & Maljaars, J. (2023). Annual reliability requirements for bridges and viaducts. Heron, 68(2), 91–122. <http://heronjournal.nl/68-2/1.html> [in English].
23. Thoft-Christensen, P., & Nowak, A. S. (1997). Principles of Bridge Reliability: application to design and assessment codes. Dept. of Building Technology and Structural Engineering. Structural Reliability Theory. Vol. R9751 No. 162. [in English].
24. AASHTO, 1992, "Standard Specifications for Highway Bridges", American Assoc. Of State Highway and Transp. Officials, Wash., DC. [in English].
25. OHBDC, 1983, "Ontario Highway Bridge Design Code", 2nd edition, Ministry of Transportation, Downsview, Ontario, Canada. [in English].
26. Robert C. Patev, Mary Ann Leggett (1995). Reliability analysis of a reinforced concrete drainage structure. prepared for U.S. Army Engineer Distri@ Vicksburg. Technioal report; ITL-95-13. 38 p. [in English].
27. International Organization for Standardization. ISO 9000:2015 Quality management systems – Fundamentals and vocabulary. Geneva: ISO, 2015. 54 p. [in English].
28. International Organization for Standardization. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements. Geneva: ISO, 2015. 29 p. [in English].
29. International Organization for Standardization. ISO 9002:1994 Quality systems – Model for quality assurance in production, installation and servicing. Geneva: ISO, 1994. 15 p. [in English].
30. International Organization for Standardization. ISO 9003:1994 Quality systems – Model for quality assurance in final inspection and test. Geneva: ISO, 1994. [in English].
31. International Organization for Standardization. ISO 9004:2018 Quality management – Quality of an organization – Guidance to achieve sustained success. Geneva: ISO, 2018. 50 p. [in English].
32. DBN V.2.3-14:2006 Sporudy transportu. Mo-sty ta truby. Pravyla proektuvannya. Kyiv, 2007. [in Ukrainian].
33. DBN V.2.3-22:2009 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Navantazhennya ta vplyvy. Kyiv, 2009. [in Ukrainian].

34. DSTU B V.2.6-207:2015 Rozrakhunok i konstruyuvannya kam"yanykh ta armokam"yanykh konstru-ktsiy budivel' ta sporud. Kyiv, 2016. [in Ukrainian].
35. DBN V.2.6-98:2009 Konstruktsiyi budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsiyi. Osnovni polozhennya. Kyiv, 2020. [in Ukrainian].
36. DBN V.2.3-26:2024 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Proyektuvannya stalevykh kons-truktsiy. Kyiv, 2025. [in Ukrainian].
37. DBN V.2.3-22:2025 Mosty i truby. Osnovni vymohy proyektuvannya. Kyiv, 2026. [in Ukrainian].
38. DBN V.1.2-15:2009 Sporudy transportu. Navantazhennya ta vplyvy. Mosty ta truby. Kyiv, 2009. [in Ukrainian].
39. European Committee for Standardization. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels: CEN, 2004. 225 p. [in English].

Давиденко Олександр Олександрович, канд.

техн. наук, доц. кафедри мостів, тунелів

та гідротехнічних споруд,

oleksandr.davydenko@ntu.edu.ua,

тел. +38 050-471-33-99,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0176-3256>;

Гаркуша Микола Васильович, канд. техн. наук,

доц. кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних

споруд, mykola.harkusha@ntu.edu.ua,

тел. +38 096-628-79-05,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5388-0561>.

Національний транспортний університет, 01010,

Україна, м. Київ, вул. М. Омеляновича-

Павленка, 1.

Basic Reliability Approaches and Design Standards for Technological and Structural Solutions in Accordance with Eurocode Principles

Abstract. Problem. *The limit state method proposed by scientists from Eastern Europe has spread to all countries of the world and has shown its high efficiency in the design of construction objects. The limit state method has proven to be well-suited for determining the reliability of a structure. Objectives.* *The aim of the work is the theoretical substantiation and analysis of reliability concepts, as well as the regulatory and legal framework in the field of designing structural and technological solutions based on the principles of the Eurocodes. Methodology.* *Achieving this objective involves addressing the following tasks: conducting a retrospective and comparative analysis of key approaches to assessing the reliability of facilities; systematizing regulatory requirements for the formation of technological design parameters in accordance with European standards. Results.* *The study analyzes and proposes the main reliability approaches and design standards for technologi-*

cal and structural solutions, taking into account the principles of the Eurocodes. Originality. *The article discusses the most common reliability approaches and design standards for technological and structural solutions. Practical value.* *Bridge crossings on highways are among the most vulnerable structures. The restoration of bridges destroyed as a result of accidents, natural disasters, and during hostilities is of crucial importance for the functioning of Ukraine's economy and its armed forces. Organizing bridge restoration works on highways remains one of the most complex tasks, involving significant expenditures of resources, equipment, and time. At the same time, the primary requirement is that restored bridges must meet reliability standards and be durable. The second generation of the Eurocodes is currently under development, with greater emphasis placed on risk-based design principles. An important cornerstone of the Eurocodes is the target reliability indicators, which define the minimum acceptable probabilities of failure. However, there is a need for a more detailed substantiation of target reliability levels for specific types of structures. The issue of implementing the Eurocodes in Ukraine is pressing for the country's full integration into the European Union. The proposals initiated by Professor A. I. Lantukh, unfortunately, have not been fully implemented for the adoption of the Eurocodes. Ukrainian regulatory documents largely remain a calque of Soviet standards, which not only slows down progress but sets the bridge engineering sector of Ukraine back by decades, making it more than 40 years behind modern practice and rendering the construction of extra-class bridges an unattainable goal with an excessively high budget.*

Key words: *highway bridge, durability, Eurocode, reliability, transport structure.*

Davydenko Oleksandr, Ph.D., Associate Professor,

Department of Bridges, Tunnels and Hydraulic Structures,

oleksandr.davydenko@ntu.edu.ua,

tel. +38 050-471-33-99,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0176-3256>;

Harkusha Mykola, Ph.D., Associate Professor,

Department of Bridges, Tunnels and Hydraulic Structures,

mykola.harkusha@ntu.edu.ua,

tel. +38 093-889-56-46,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5388-0561>.

National Transport University, 01010, Ukraine, Kyiv,

M. Omelyanovicha-Pavlenka Street, 1.

Стаття надійшла до редакції / Received:

13.02.2026.

Прийнята до друку після рецензування / Revised

and Accepted: 25.02.2026.

Дата публікації статті / Published: 11.05.2026.