

УДК 624.046.5

ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ОЦІНОК ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

А.В. Перельмутер^{1,2},

д-р техн. наук

¹Науково-виробниче товариство SCAD Soft, 03037, Київ, вул. Освіти, 3а²Київський національний університет будівництва і архітектури,
03680, м. Київ, Україна. проспект Повітряних сил, 31

DOI: 10.32347/2410-2547.2024.112.28-35

Аналізуються головні відмінності між нормами оцінки технічного стану будівель і споруд та нормами їх проектування, які обумовлені різним рівнем інформованості і ступенем невизначеності параметрів споруди. Пропонується враховувати рівень знань про об'єкт оцінки технічного стану шляхом використання спеціальних коефіцієнтів невизначеності. Наголошується можливість застосування знижених значень цільових рівнів надійності, значення котрих обґрунтовані розрахунками на базі індексу якості життя.

Ключові слова: технічний стан, обстеження, інформаційна невизначеність, рівень надійності, ризик.

Вступ

Оцінка існуючих конструкцій є актуальною проблемою великого економічного значення, оскільки майже 50% усієї будівельної діяльності (у широкому сенсі цього слова) стосується існуючих будівель, мостів та інших будівельних робіт. Діагностика технічного стану також є однією з характерних рис комплексу зусиль з відбудови споруд, пошкоджених бойовими діями.

Маючи на увазі величезний обсяг майбутніх робіт по відновленню народного господарства України, доцільно звернути увагу на стан нормативної бази, яка регулює оцінку технічного стану пошкоджених споруд, і з'ясувати можливість поліпшення цих норм, ґрунтуючись на наукових дослідженнях з цієї проблеми.

Проблема оцінки технічного стану була предметом вивчення багатьох фахівців. Їх досягнення представлені у великій кількості літературних джерел [1-19] серед котрих найбільш значимими є основоположні статті Аллена [2] та Еллінгвуда [4], а також більш пізніші і детальніші дослідження Холіцького [5, 7], Вроуєнвельдера та Шолтена [15] та колективів на чолі з Таннером [12], Штейнбергом [10] і Сикорою [11]. Ці роботи визначили умови для сучасного рівня нормування робіт з оцінки технічного стану існуючих конструкцій і організації нагляду за ними.

Вітчизняні нормативні документи в даний час в основному зосереджені на проектуванні нових конструкцій, а профільний вітчизняний стандарт ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [20] у багатьох своїх рисах не відповідає сучасному стану проблеми, знов таки звертаючись до норм проектування коли йдеться про перевірчий розрахунок. Лише у новому стандарті ДСТУ 9181:2022 [21] зроблена спроба відійти від старих традицій. Все це робить необхідним звернути увагу на міжнародний стандарт ISO 13822 [22] котрий містить загальні вимоги та процедури для оцінки існуючих конструкцій (будинків, мостів, промислових споруд тощо), заснованих на принципах структурної надійності та враховуючи специфічні проблеми існуючих конструкцій.

Для аналізу надійності конструкцій згідно з ISO 13822 можна застосовувати метод граничних станів (часткових коефіцієнтів) або імовірнісні методи. Рекомендуються загальні процедури для визначення дій і властивостей матеріалу. ISO 13822 пояснює, чому поточних стандартів проектування конструкцій недостатньо для оцінки надійності існуючих конструкцій, для проектування їх ремонту чи модернізації. Існуючі норми проектування не передбачають процедур оцінки поточного стану існуючих конструкцій і опору матеріалів. Крім того, вони не мають справу з невизначеністю через реальне використання будівельних робіт та історію ефектів дій. Деякі існуючі конструкції можуть бути достатньо надійними, незважаючи на те, що вони не відповідають вимогам поточних норм.

Параметри невизначеності

Оцінка технічного стану (Assessment of structural performance) за стандартом ISO 2394 [23] є одним з елементів системи забезпечення надійності та безпеки на етапі експлуатації та управління життєвим циклом. При цій оцінці керуються тими самими принципами, що і під час проектування, включаючи оцінку ризиків.

Головна відмінність полягає у підходах до призначення параметрів невизначеності. При оцінках з урахуванням обстежень проєктні (статистичні) невизначеності можуть бути істотно зниженими, але не виключено повністю. Вводиться так звана концепція ймовірності виявлення (Probability of Detection - PoD).

Це пов'язано з кількісною оцінкою якості діагностики і урахуванням ймовірності виявлення дефекту даного розміру чи ступеня. Крім того, в оцінках повинні враховуватися невизначеності, пов'язані з похибкою вимірювань, мінливістю параметрів, що вимірюються, та статистичної невизначеності через обмежену кількість вимірювань. Облік цих невизначеностей пропонується використовувати при ймовірнісних розрахунках у явному вигляді, чи у детермінованих розрахунках з використанням коригування розрахункових величин.

Тут слід мати на увазі розбіжності між інформаційним станом вже існуючої конструкції і тій, що проектується:

- Під час проектування нової конструкції невизначеність параметрів приймається за усередненими для всієї країни даними. Але реалізована конструкція не є середньою по країні, а є конкретною унікальною структурою з характеристиками, що уточнюються, і, отже, невизначеності зменшуються.

- Накопичений досвід використання конструкції також знижує невизначеність у порівнянні із ситуацією під час проектування. Цей досвід можна приймати як, у певному сенсі, експериментальну перевірку надійності.

Повчальний приклад надає EN 1998-3 [24] де умовно визначається три рівні знань: обмежене знання (KL1), звичайне знання (KL1), повне знання (KL1).

Якісна оцінка впливу достовірності вихідних даних, на яких ґрунтуються перевірки, здійснюється через те, що крім часткових коефіцієнтів надійності γ_f і γ_m додатково вводяться, так звані коефіцієнти невизначеності (CF), що залежать від рівня знань (табл. 1).

При визначенні властивостей існуючих матеріалів, які повинні використовуватися при розрахунку характеристик міцності, значення, отримані з випробувань чи з додаткових джерел інформації, мають бути розділені на коефіцієнт довірчої вірогідності CF, наданий у таблиці 5 для відповідного рівня знання.

Зауважимо, що значення коефіцієнта невизначеності, які наведені у таблиці 1, відповідають сейсмічним нормам і можливо потребують уточнення при використанні в ситуаціях відмінних від сейсмічних.

Таблиця 1

Рівень знань	Джерело відомостей про:		Коефіцієнт CF
	геометрію і конструктивні рішення	властивість матеріалів	
KL1	З будівельних креслень з вибірковими чи повними вимірами та з обмеженим або з вичерпаним оглядом на місці	Значення, використані за умовчанням, відповідно до стандартів, діючих під час будівництва, і з обмежених випробувань на місці	1,35
KL2		З оригінальних проєктних технічних умов з обмеженими випробуваннями на місці	1,20
KL3		З оригінальних протоколів випробувань і з обмеженим випробуванням на місці або з вичерпаним випробуванням на місці	1,00

У вітчизняних документах подібних вимог немає, але постановка питання про можливість нормування такого підходу вимагає відповіді відразу на дуже багато питань про обсяги контролю, про вибір методів випробувань, про періодичність контролю тощо. Дійсно, на сьогоднішній момент вітчизняна нормативна база в області оцінки технічного стану визначає лише поняття (декілька однотипних конструкцій у випадковому порядку) та повного (всі конструкції)

контролю. При цьому поняття «повний контроль» у такій постановці є абстрактним для реальних експлуатованих будівель. Неможливо проконтролювати стан всіх вузлів і критичних перерізів конструкцій у реальному будинку за розумний час обстеження, особливо виявлення прихованих дефектів. Тому необхідна чітка формальна процедура визначення обсягів контролю в оцінці технічного стану та зв'язку цього обсягу з достовірністю результатів.

Застосування даних, заснованих на нормованих (загальних) уявленнях про мінливість параметрів та загальні невизначеності є обґрунтованим для етапу проектування. Але для оцінки технічного стану такий підхід може бути основою необґрунтованих висновків щодо потреби у ремонті чи навіть зупинки експлуатації, що може бути пов'язані з великими фінансовими втратами. Прикладом може бути застосування спрощених методів контролю міцності бетону при обстеженні, які надають дані, що відрізняються від результатів більш ретельнішого контролю. Тому питання більш точного обліку невизначеностей для етапу оцінки технічного стану є вкрай важливими для управління життєвим циклом у цілому.

Цільовий рівень надійності

Вироблення рішень за підсумками технічної оцінки передбачає дві стратегії – стратегію усунення (ремонт, посилення) чи контролю ризику (запровадження обмежень чи умов експлуатації, включаючи планові обстеження та моніторинг). Однією з елементів оцінки є оцінка надійності, тобто. зіставлення з цільовим рівнем надійності, зумовленим критеріями допустимості.

Тут необхідно зауважити, що часто рекомендована можливість використання показників працездатності конструкцій, які використовують при проектуванні конструкцій, взагалі кажучи, є сумнівною.

Однією з чинників, які відрізняють нове проектування від оцінки технічного стану конструкції, є різна інформаційна картина. При проектуванні ми вважаємо повністю відомою всю необхідну інформацію, і якщо тут виникають будь-які прогалини, ми спокійно використовуємо деякі гіпотетичні відомості, якщо вони спрямовані «на запас надійності». При технічному діагностуванні такий консервативний підхід не завжди виявляється можливим, ми можемо зіткнутися з ситуацією, коли така обережна оцінка вкаже на руйнування конструкції, яка фактом свого існування такий висновок спростує.

Другою важливою відмінністю є завдання побудови розрахункової схеми. У процесі проектування тут є певна свобода вибору, оскільки використана розрахункова схема буде тією чи іншою мірою реалізована прийнятими конструктивними рішеннями. А при оцінці технічного стану такої свободи вибору немає - у пошкодженій конструкції можуть існувати фрагменти, недоступні для безпосереднього спостереження, їх стан не відображений у даних обстеження, які таким чином виявляються неточними та неповними. Якщо сконструювати відсутні дані «за аналогією», то природно приписати їм деякий інтервал невизначеності.

Нарешті, слід згадати про обробку результатів випробувань зразків, взятих з обстежуваної конструкції, визначення характеристик матеріалу та інших даних, зібраних у процесі обстежень. Як правило, ця обробка вимагає використання спеціальних методик та дій, які не зустрічаються при проектуванні нових об'єктів, таких, наприклад, як оцінка їхньої невизначеності та неповноти.

Виходячи з цього ISO 13822 обумовлюється можливість застосування знижених рівнів надійності, якщо це може бути обґрунтовано на основі соціально-економічних критеріїв. У додатку до стандарту наведено припустимі значення знижених рівнів індексів надійності залежно від можливих соціально-економічних наслідків (табл. 2).

Таблиця 2

Клас	Нове проектування: EN 1990	Існуючі будівлі ISO 13822
CC1	4,2	3,1
CC2	4,7	4,2
CC3	5,2	4,3

При цьому враховується, що додаткові витрати на посилення можуть бути дуже великими і збереження конструкції в тому вигляді, який вона має при дещо зниженому рівні надійності (але гарантуючого безпеку), є економічно виправданим.

Маючи на увазі посилання стандарту на можливість обґрунтовано на основі соціально-економічних критеріїв, порівняємо рекомендацій ISO 13822 з розрахунками на базі індексу якості життя LQI, побудованими за даними української статистики [25]. Філософія LQI полягає в тому, що переваги суспільства щодо інвестицій у покращення здоров'я та безпеки життя можна описати в термінах очікуваної тривалості життя, валового внутрішнього продукту (ВВП) на душу населення та співвідношення між робочим і вільним часом. Граничні витрати на порятунок життя, оцінені за допомогою LQI, залежать від економічних можливостей даного суспільства та його уподобань інвестувати в безпеку життя.

Методика обчислення LQI досить детально викладена у стандарті ISO 2394 (редакція 2015 року) [26]. LQI можна виразити в наступній основній формі:

$$LQI = g^q e, \quad (2)$$

де g – ВВП на душу населення; e – очікувана тривалість життя; q є мірою компромісу між доступними для споживання ресурсами та вартістю часу здорового життя.

Параметр q залежить від частки життя ω , відведеної на економічну діяльність (співвідношення робочого часу до вільного часу, зазвичай приблизно від 0,18 до 0,2) і оцінюється як:

$$q = \omega / [0,7(1-\omega)]. \quad (3)$$

За статистичними даними України $g = 4836$ \$, $e = 71,35$ років і $\omega = 0,18$. Тоді маємо

$$q = 0,18 / [0,7(1-0,18)] = 0,313, \quad LQI = 4836^{0,313} 71,35 = 1015,4 \text{ \$/рік,}$$

а витрати на збереження одного життя [26]

$$G_{\Delta} = ICAF = (g/q) \cdot (e/4) = (4836/0,313) \times (71,35/4) = 275598 \text{ \$}.$$

У таблиці 3 для деяких країн надані для порівняння дані щодо готовності інвестувати у систему безпеки.

Таблиця 3

Країна	g	LQI	G_{Δ}
Беларусь	5723	1110,10	338260
Індія	2721	832,05	175000
Китай	5515	1038,01	338260
Конго	290	128,36	16000
Польща	18418	1543,92	1369000
Україна	4836	1015,40	275598

У роботі [15] показано, що з використанням параметрів LQI граничне значення цільової ймовірності можна одержати як

$$p \approx \frac{1}{5} \frac{C_1(\gamma + \omega)}{(g/q) C_x N_F}, \quad (4)$$

де C_x — демографічна константа смертності (в Україні 15,9), C_1 – граничні витрати, пов'язані з розглянутим заходом безпеки (приймемо що вони складають 1% від вартості споруди $C_1 \approx 0,01 C_0$), γ – відсоткова ставка дисконтування (в Україні 14,1%), N_F – можлива кількість осіб, що ризикують через пошкодження конструкції.

Будемо будувати всі викладки через площу приміщень, виходячи із середньої вартості $C_0 = 1000$ \$ за квадратний метр і вважати кількість людей, виходячи з показника 10 м²/особу. Тоді $p = 0,261 \times 10^{-4}$ ($\beta = 3,83$). Як бачимо, це досить близько до рекомендацій стандарту ISO 13822, і використання в Україні знижених рівнів надійності можна вважати обґрунтованим.

Цільові рівні надійності β відомими способами пов'язані зі значеннями коефіцієнтів надійності за навантаженнями γ_f і за матеріалом γ_m . Новою і майже не вивченою науковою проблемою є вивчення зв'язку β з рівнем інформованості щодо розрахункової ситуації.

Ризик-орієнтовані підходи

Ризик-орієнтовані підходи до оцінки технічного стану враховують, окрім імовірнісної природи настання подій, тяжкість та вартість наслідків, мабуть, є найбільш підходящими. Вони

дозволяє змістити час очікуваного досягнення критичного рівня, тобто об'єктивно продовжити ресурс експлуатації.

Ризик враховується неявно під час проектування більшістю норм за допомогою класифікації будівель та методів проектування, що рекомендовані для кожного класу чи категорії ризику. Ризик також включений в деякі норми для визначення загальної стратегії проектування. Наприклад, EN 1991-1-7 [27] для визначеного аварійного впливу рекомендує розглянути заходи щодо зниження ризику його впливу шляхом (а) запобігання або зменшення дії; (b) захисту конструкції, щоб вона була стійкою до дії та (c) забезпечення необхідної стійкості до дії.

Основним недоліком багатьох норм і те, що ризик не розглядається явним чи систематичним чином. Деякі норми враховують лише розрахункове число людей у будівлі, тоді як інші враховують лише ймовірність події чи наслідки відмови (наприклад, відсоткове співвідношення обваленої площі).

Сама процедура оцінки ризиків надається у стандарті ISO 13822. При цьому спеціально зазначається, що методи оцінки технічного стану є складовою ризик-інформованого підходу до управління життєвим циклом будівельних конструкцій та споруд, а також забезпечення економічно-ефективної експлуатації на основі об'єктивних критеріїв.

З урахуванням загальних тенденцій та досвіду міжнародної стандартизації є доцільним розвиток нових ризик-орієнтованих підходів з метою вдосконалення системи прийняття рішень щодо планування життєвого циклу будівельних споруд та оцінки залишкового ресурсу. При цьому є необхідним рішення наступного ряду завдань:

- Виробити об'єктивні критерії, що визначають категорії технічного стану будівель та споруд, особливо аварійного стану, що вимагає негайних заходів. Як такі критерії приймати рівні припустимого ризику відмови (обвалення) будівельних конструкцій.

- Встановити загальні положення щодо оцінки невизначеностей, які виникають внаслідок дефіциту інформації, та розробити практичну методiku щодо застосування показника інформаційної неповноти до оцінки технічного стану.

- Ув'язати вимоги до обстеження з повнотою доступної інформації про проектування, будівництво та контроль вихідних матеріалів.

- Розробити методiku, що визначає зв'язок між обсягом контролю, точністю та достовірністю методів, що застосовуються, з ризиком не виявлення існуючих дефектів.

Вирішення зазначених завдань дозволить сформувати принципово нову комплексну систему оцінки технічного стану будівель та споруд на основі об'єктивних принципів у рамках системи управління життєвим циклом. Такий підхід повністю відповідатиме напряму сучасного розвитку будівельної галузі та нормативних документів, але для впровадження його у практику потрібно ще прикласти багато зусиль.

Використання результатів діагностики

На основі оцінки технічного стану можливо прийняти одне з таких рішень:

- можливість продовження нормальної експлуатації без будь-яких обмежень;
- дозвіл на можливість використання на обмежений термін або з обмеженням засобу використання з дотриманням контролю за станом споруди;

- перевлаштування (підсилення, реконструкція);

- виведення з експлуатації (знос чи зміна засобу використання).

Перший и останній з висновків не потребують спеціальних пояснень, а щодо підсилення, то треба сказати, що під час проектування об'єктів будівництва, на жаль, майже не передбачається можливість заміни зношених чи пошкоджених елементів несучої системи. Тому відновлення пошкоджених конструкцій найчастіше виконується як їхнє підсилення. Підсилення елементів конструкції може привести до ситуації, що не передбачена у нормах проектування. У якості прикладів можна вказати на перевірку міцності і стійкості стержнів, поперечний переріз котрих відрізняється від звичного за рахунок геометричної форми, чи тому, що в ньому присутні непередбачені нормами комбінації матеріалів наприклад бетон двох марок (старий і у підсиленні). Можна також вказати на перевірку міцності конструкції, матеріал котрої завдяки впливу пожегу має непередбачені нормами властивості, та багато іншого.

Враховуючи, що при відновленні пошкоджених конструкцій можуть трапитись ситуації не передбачені чинними нормами та стандартами, котрі орієнтовані на нове будівництво, слід

надати проектувальнику право приймати власні рішення, поклавши на нього обов'язок доказу їхньої відповідності вимогам безпеки результатами спеціальних досліджень, розрахунків та (або) випробувань. Звісно, що відповідні процедури потребують нормативного влаштування.

Треба також прокоментувати випадок використання з обмеженнями. На відміну від нового проектування, коли конструкція створюється придатною для запланованих умов експлуатації, для існуючої конструкції вводять нове поняття про часткову (з обмеженнями) придатність до експлуатації і для пошуку тих обмежень, що можуть бути прийнятими, може вирішуватися відповідна *зворотна задача надійності*.

При цьому важливо запропонувати засоби, що гарантують виконання таких обмежень. Характерним прикладом може бути полегшення роботи підкранової конструкції шляхом обмеження зближення мостових кранів, а нарощування буферів гарантує виконання такого обмеження. Але у більшості випадків догляд за встановленими умовами використання об'єкта, наприклад, такими як обмеження вантажопідйомності моста чи необхідність чистки снігу з покрівлі покладається на експлуатуючий персонал. І відсутність у складі проектного документу такого документу як «Інструкція щодо експлуатації» тут ставить досі гостру проблему.

Якщо йдеться про обмеження у часі, то, крім визначення періоду дозволу, треба точно визначити які саме дії повинні бути виконані щоб у подальшому виникла можливість використання об'єкта без обмежень.

Висновки

1. Вітчизняна нормативна база з питань оцінки технічного стану конструкцій потребує суттєвого удосконалення. Її науково технічний рівень відстає від міжнародного головним чином тому, що при визначенні опору конструкції зовнішнім впливам ігнорується різниця між новим проектуванням і аналізом існуючих конструкцій.

2. За основу підходу до розробки норм нового покоління доцільно прийняти міжнародний стандарт ISO 13822:2010, використовуючи для визначення цільових рівнів надійності індекс якості життя LQI.

3. Зазначено існування таких нових наукових проблем як вплив рівня інформаційної невизначеності на коефіцієнти надійності методу граничних станів та зворотна задача надійності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Aktan A.E. et al: Condition Assessment for Bridge Management // Journal of Infrastructure Systems, 1996, Vol. 2 – pp. 108-117.
2. Allen D.E. Limit states criteria for structural evaluation of existing buildings // Canadian Journal of Civil Engineering, 1911, 18(6): 995–1004.
3. DiPascale E., Cakmak A.S, Detection of Seismic Structural Damage using Parameter-Based Global Damage Indices // Probabilistic Engineering Mechanics, 1990, Vol. 5, pp. 60-65;
4. Ellingwood B.R. Reliability-based condition assessment and LRFD for existing structures // Structural Safety, 1996, 18(2–3): 67–80
5. Holický M. Assessment of existing structures // Chapter 9 in Structural Safety and its Quality Assurance. Edited by Bruce R. Ellingwood and Jun Kanda, ASCE, 2005 – pp. 129-145
6. Holický M (Ed). Basics for assessment of existing structures – Prague: Klokner Institute, 2013, 109 p.
7. Holický M. Operational approach to assessment of existing structures // Proceedings, 12th International Conference on Structural Safety & Reliability (ICOSSAR), 6–10 August 2017, Vienna, Austria.
8. Lüchinger P., Fischer J., Chrysostomou C. et al . New European technical rules for the assessment and retrofitting of existing structures. JRC Science and Policy Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015.
9. Retief J.V., Viljoen C., Holický M. Standardized basis for assessment of existing structures. // Zingoni, A (Ed) Advances Engineering Materials, Structures and Systems: Innovations, Mechanics and Applications — Abingdon, UK: Taylor & Francis, 2019 — pp 2120–2125
10. Steenbergen R., Sýkora M., Diamantidis D., Holický M., Vrouwenvelder T. Economic and human safety reliability levels for existing structures // Structural Concrete, 2015, 16(3): 323–332
11. Sýkora M., Diamantidis D., Holický M., Jung K. Target reliability for existing structures considering economic and societal aspects // Structure and Infrastructure Engineering, 2017, 13(1): 181–194.
12. Tanner P., Lara C., Prieto M. Semi-probabilistic models for the assessment of existing concrete structures // Proceedings, 11th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, 1–4 August 2011, Zurich, Switzerland.
13. Tur V.V., Yalavaya Y.S. Assessment of existing reinforced concrete structures with usage of the fuzzy logic – based expert system // Building and reconstruction. – 2019. – № 5 (85). – P. 74–84.
14. Tur V.V., Yalavaya Y.S. Expert system for assessment of existing concrete structures // Modern Engineering, 2019, Vol. 2. – P. 61–70.

15. Vrouwenvelder T., Scholten N. Assessment criteria for existing structures // *Structural Engineering International*, 2010, 20(1): 62–65
16. Перельмутер А.В. Пичугін С.Ф. Деякі особливості розрахунку надійності пошкоджених сталевих конструкцій // *Наука та будівництво*, 2023, № 1(35) — С. 15-26.
17. Барашников О., Малишев О. Оцінювання технічного стану будівель та інженерних споруд – К.: Основа, 2008. – 320 с
18. Усаковский С.Б. Предварительная оценка надежности существующих конструкций по неполным данным // *Містобудування та територіальне планування*, 2015, Вип. 58. - С. 525-528.
19. Лантух-Лященко А.І. Марковська модель оцінки і прогнозу технічного стану будівельних конструкцій // *Дороги і мости*, 2019, Вип. 19-20. – С. 27-37.
20. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються
21. ДСТУ 9181:2022. Настава з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів
22. ISO 13822:2010. Basis for design of structures – Assessment of existing structures. – Geneva (Switzerland): ISO, 2010.
23. ISO 2394: 2015. General principles on reliability of structures – Geneva (Switzerland): ISO, 2015.
24. EN 1998-3. (2018). Design of structures for earthquake resistance. Part 3: Assessment and retrofitting of buildings. – Brussels (Belgium): CEN, 2018.
25. Статистичний щорічник України за 2020 рік. – Київ: Держстат України, 2021.
26. ISO 2394:2015. General principles on reliability of structures. – Geneva (Switzerland) : ISO, 2015.
27. EN 1991-1-7: Actions on structures. Part 1–7: General actions. Accidental actions. – Brussels (Belgium): CEN, 2006.

REFERENCES

1. Aktan A.E. et al: Condition Assessment for Bridge Management // *Journal of Infrastructure Systems*, 1996, Vol. 2 – pp. 108-117.
2. Allen D.E. Limit states criteria for structural evaluation of existing buildings // *Canadian Journal of Civil Engineering*, 1911, 18(6): 995–1004.
3. DiPascale E., Cakmak A.S, Detection of Seismic Structural Damage using Parameter-Based Global Damage Indices // *Probabilistic Engineering Mechanics*, 1990, Vol. 5, pp. 60-65;
4. Ellingwood B.R. Reliability-based condition assessment and LRFD for existing structures // *Structural Safety*, 1996, 18(2–3): 67–80
5. Holický M. Assessment of existing structures // Chapter 9 in *Structural Safety and its Quality Assurance*. Edited by Bruce R. Ellingwood and Jun Kanda, ASCE, 2005 – pp. 129-145
6. Holický M (Ed). Basics for assessment of existing structures – Prague: Klokner Institute, 2013, 109 p.
7. Holický M. Operational approach to assessment of existing structures // *Proceedings, 12th International Conference on Structural Safety & Reliability (ICOSSAR)*, 6–10 August 2017, Vienna, Austria.
8. Lüchinger P., Fischer J., Chrysostomou C. et al . New European technical rules for the assessment and retrofitting of existing structures. JRC Science and Policy Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015.
9. Retief J.V., Viljoen C., Holický M. Standardized basis for assessment of existing structures. // Zingoni, A (Ed) *Advances Engineering Materials, Structures and Systems: Innovations, Mechanics and Applications* — Abingdon, UK: Taylor & Francis, 2019 — pp 2120–2125
10. Steenbergen R., Sýkora M., Diamantidis D., Holický M., Vrouwenvelder T. Economic and human safety reliability levels for existing structures // *Structural Concrete*, 2015, 16(3): 323–332
11. Sýkora M., Diamantidis D., Holický M., Jung K. Target reliability for existing structures considering economic and societal aspects // *Structure and Infrastructure Engineering*, 2017, 13(1): 181–194.
12. Tanner P., Lara C., Prieto M. Semi-probabilistic models for the assessment of existing concrete structures // *Proceedings, 11th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering*, 1–4 August 2011, Zurich, Switzerland.
13. Tur V.V., Yalavaya Y.S. Assessment of existing reinforced concrete structures with usage of the fuzzy logic – based expert system // *Building and reconstruction*. – 2019. – № 5 (85). – P. 74–84.
14. Tur V.V., Yalavaya Y.S. Expert system for assessment of existing concrete structures // *Modern Engineering*, 2019, Vol. 2. – P. 61–70.
15. Vrouwenvelder T., Scholten N. Assessment criteria for existing structures // *Structural Engineering International*, 2010, 20(1): 62–65
16. Perelmuter A.V. Pichugin S.F. Some features of calculating the reliability of damaged steel structures // *Science and construction*, 2023, No. 1(35) □ С. 15-26.
17. Barashnikov O., Malyshev O. Assessment of the technical condition of buildings and engineering structures - K.: Osnova, 2008. - 320 p.
18. Usakovsky S.B. Preliminary assessment of the reliability of existing structures based on incomplete data // *Urban planning and territorial planning*, 2015, Vol. 58. - pp. 525-528
19. Lantukh-Lyashchenko A.I. Markov model of assessment and forecast of the technical condition of building structures // *Roads and Bridges*, 2019, Vol. 19-20. - P. 27-37.
20. DSTU B V.2.6-210:2016 Assessment of the technical condition of steel building structures in use
21. DSTU 9181:2022. Guidelines for assessing and predicting the technical condition of road bridges
28. ISO 13822:2010. Basis for design of structures – Assessment of existing structures. – Geneva (Switzerland): ISO, 2010.
29. ISO 2394: 2015. General principles on reliability of structures – Geneva (Switzerland): ISO, 2015.
30. EN 1998-3. (2018). Design of structures for earthquake resistance. Part 3: Assessment and retrofitting of buildings. – Brussels (Belgium): CEN, 2018.
31. Statistical Yearbook of Ukraine for 2020. – Kyiv: State Statistics Service of Ukraine, 2021.
32. ISO 2394:2015. General principles on reliability of structures. – Geneva (Switzerland) : ISO, 2015.
33. EN 1991-1-7: Actions on structures. Part 1–7: General actions. Accidental actions. – Brussels (Belgium): CEN, 2006.

Перельмутер А.В.

ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ОЦІНОК ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Аналізуються головні відмінності між нормами оцінки технічного стану будівель і споруд та нормами їх проектування, які обумовлені різним рівнем інформованості і ступенем невизначеності параметрів споруди. Вказується, що поточних стандартів проектування конструкцій недостатньо для оцінки надійності існуючих конструкцій, для проектування їх ремонту чи модернізації. Існуючі норми проектування не передбачають процедуру оцінки поточного стану існуючих конструкцій і опору матеріалів. Крім того, вони не мають справу з невизначеністю ситуації, котра принципово відрізняється від умов проектування коли справа йде про існуючу конструкцію. Під час проектування нової конструкції невизначеність параметрів приймається за усередненими для всієї країни даними. Але реалізована конструкція не є середньою по країні, а є конкретною унікальною структурою з характеристиками, що уточнюються, і, отже, невизначеності зменшуються. Пропонується враховувати рівень знань про об'єкт оцінки технічного стану шляхом використання спеціальних коефіцієнтів невизначеності.

Наголошується можливість застосування знижених значень цільових рівнів надійності, значення котрих обґрунтовані розрахунками на базі індексу якості життя. Порівняно рекомендації міжнародного стандарту ISO 13822, щодо можливості зниження цільового індексу надійності, з розрахунками на базі індексу якості життя LQI, побудованими за даними української статистики.

Вважається доцільним використання нових ризик-орієнтованих підходів з метою вдосконалення системи прийняття рішень щодо планування життєвого циклу будівельних споруд та оцінки залишкового ресурсу. Надається перелік задач, що для цього потрібно вирішити.

Ключові слова: технічний стан, обстеження, інформаційна невизначеність, рівень надійності, ризик.

Perelmuter A.V.

WAYS OF DEVELOPING ASSESSMENTS OF THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

The main differences between the norms for assessing the technical condition of buildings and structures and the norms for their design are analyzed, which are due to different levels of awareness and the degree of uncertainty of the parameters of the structure. It is indicated that the current standards of structural design are not sufficient for assessing the reliability of existing structures, for designing their repair or modernization. Existing design standards do not provide for procedures for assessing the current state of existing structures and the resistance of materials. In addition, they do not deal with the uncertainty of the situation, which is fundamentally different from the design conditions when it comes to the existing structure. During the design of a new structure, the uncertainty of the parameters is taken according to the data averaged for the entire country. But the implemented design is not the average across the country, but is a specific unique structure with characteristics that are refined and, therefore, uncertainties are reduced. It is proposed to take into account the level of knowledge about the technical condition assessment object by using special uncertainty coefficients.

The possibility of applying reduced values of target levels of reliability, the values of which are substantiated by calculations based on the quality of life index, is emphasized. The recommendations of the international standard ISO 13822, regarding the possibility of reducing the target reliability index, were compared with calculations based on the quality of life index LQI, based on Ukrainian statistics.

It is considered appropriate to use new risk-oriented approaches in order to improve the decision-making system for planning the life cycle of construction structures and assessing the residual resource. A list of tasks that need to be solved for this is provided.

Keywords: technical condition, survey, information uncertainty, level of reliability, risk.

УДК 624.046.5

Перельмутер А.В. Шляхи розвитку оцінок технічного стану будівель і споруд // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірн. – К.: КНУБА, 2024. – Вип. 112. – С. 28-35.

The main differences between the norms for assessing the technical condition of buildings and structures and the norms for their design are analyzed, which are due to different levels of awareness and the degree of uncertainty of the parameters of the structure. It is proposed to take into account the level of knowledge about the technical condition assessment object by using special uncertainty coefficients. It is emphasized the possibility of applying reduced values of the target levels of reliability, the values of which are justified by calculations based on the quality of life index.

Табл. 3. Бібліог. 33 назв.

UDC 624.046.5

Perelmuter A.V. Ways of developing assessments of the technical conditions of building and structures // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles – Kyiv: KNUBA, 2024. – Issue 112. – P. 28-35.

The calculation of systems composed of thin-walled rods of open profile is considered, taking into account the inequality of deplanations that occur in the end sections of the rods adjacent to the node. The finite element method with a stiffness matrix of a thin-walled rod of the 14th order, built on the basis of the classical non-slip Vlasov theory for open-profile rods, is used, when the cross-section deplanation is taken into account. Nodes are considered as superelements composed of shell finite elements with m deplanation degrees of freedom by the number of rods that fit them.

Табл. 7. Refs. 33.

Автор: доктор технічних наук, головний науковий співробітник НВТ SCAD Soft Перельмутер Анатолій Вікторович

Адреса: 03037, Україна, м. Київ, вул Освіти, 3а, Науково-виробниче товариство з обмеженою відповідальністю SCAD Soft

Мобільний тел.: +38 (050) 382-16-25

E-mail: AnatolyPerelmuter@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9537-2728>