



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

2013, ТОМ 19, НОМЕР 3, 183–189

УДК 624.016:69.059

(13)-0296-0

КОМПЛЕКСНІ МЕТОДИ КЕРУВАННЯ РИЗИКАМИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

О. П. Воскобійник

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,

Першотравневий пр., 24, м. Полтава, Україна, 36011.

E-mail: loosko@mail.ru

Отримана 19 вересня 2013; прийнята 27 вересня 2013.

Анотація. Стаття присвячена розробленню комплексних методів керування ризиками під час експлуатації будівель та споруд. Розглянуто соціальні, економічні та технічні аспекти проблеми керування ризиками, наведено загальну структуру технічних ризиків об'єктів будівництва з урахуванням виду можливих соціальних та економічних збитків внаслідок відмови (аварії). Запропоновані математичні моделі та критерії розмежування технічних станів з урахуванням ризику помилкової діагностики під час обстеження та технічного діагностування будівельних конструкцій, будівель та споруд. Розглянуті оптимізаційні підходи щодо мінімізації функції середнього ризику помилкової діагностики. Запропонований апарат може бути використаний інженерами-проектувальниками, спеціалізованими організаціями, що займаються обстеженням конструкцій, а також спеціалістами-актуаріями для розрахунку актуарного страхового ризику при страхуванні об'єктів нерухомості з урахуванням їх фактичного технічного стану.

Ключові слова: експлуатація, технічний стан, безвідмовність, технічне діагностування, керування технічними ризиками, ризик помилкової діагностики.

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Е. П. Воскобойник

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка,

Первомайский пр., 24, г. Полтава, Украина, 36011.

E-mail: loosko@mail.ru

Получена 19 сентября 2013; принята 27 сентября 2013.

Аннотация. Статья посвящена разработке комплексных методов управления рисками при эксплуатации зданий и сооружений. Рассмотрены социальные, экономические и технические аспекты проблемы управления рисками, приведена общая структура технических рисков объектов строительства с учетом вида возможных социальных и экономических убытков вследствие отказа (аварии). Предложены математические модели и критерии разграничения технических состояний с учетом риска ошибочной диагностики при обследовании и техническом диагностировании строительных конструкций, зданий и сооружений. Рассмотрены оптимизационные подходы относительно минимизации функции среднего риска ошибочной диагностики. Предложенный аппарат может быть использован инженерами-проектировщиками, специализированными организациями, занимающимися обследованием конструкций, а также специалистами-актуариями для расчета актуарного страхового риска при страховании объектов недвижимости с учетом их фактического технического состояния.

Ключевые слова: эксплуатация, техническое состояние, безотказность, техническое диагностирование, управление техническими рисками, риск ошибочной диагностики.

COMPREHENSIVE METHODS OF RISKS MANAGEMENT DURING EXPLOITATION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Olena Voskobiinyk

Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk,

24, Pershotravnevyi Av., Poltava, Ukraine, 36011.

E-mail: lvosko@mail.ru

Received 19 September 2013; accepted 27 September 2013.

Abstract. The article is devoted to development of comprehensive methods of risk management during exploitation of buildings and structures. The social, economic and technical aspects of risks management were considered, the overall structure of the technical risks of construction projects for the type of potential social and economic losses due to failure (failure) were done. Mathematical models and criteria of differentiation of the technical states offer taking into account the risk of incorrect diagnostics at an inspection and technical diagnostics of building constructions, building and structures are proposed. Optimization approaches are considered in relation to minimization of function of middle risk of incorrect diagnostics. The proposed device can be used by engineers, designers and specialized organizations which are dealing with the technical diagnostics of constructions, and also specialists-actuaries for the actuarial calculation of insurance risk when insuring real estate objects taking into account their actual technical condition.

Keywords: exploitation, technical condition, reliability, technical diagnostics, technical risks management, risk of incorrect diagnostics.

Вступ

Сучасний зарубіжний та вітчизняних досвід проектування й експлуатації об'єктів будівництва, а також аналіз причин їх аварій (відмов) [1] свідчить, що сьогодні найбільш гостро постає проблема забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівельних конструкцій, будівель та споруд на всіх етапах їх життєвого циклу. З іншої точки зору, заходи з підвищення надійності, як правило, завжди призводять до збільшення приведених витрат, пов'язаних зі зведенням та експлуатацією об'єктів будівництва. Цілком очевидно, що аварія (відмова, пов'язана з призупиненням експлуатації або порушенням цілісності – обваленням) окремих конструкцій або будівлі чи споруди в цілому може мати різні соціальні та економічні наслідки, що зумовлює потребу в їх аналізі та оптимізації. Проектування та експлуатація об'єктів будівництва ґрунтується на прийнятті рішень в умовах імовірнісної невизначеності – відсутності повної (вичерпної) інформації про об'єкт. Внаслідок цього проектувальник (експерт) не завжди має можливість однозначно оцінити наслідки, таким чином, при прийнятті технічного рішення виникає потреба оцінювання пов'язаних з цим ризиків. Чисельні дослід-

ження цього питання [2–4] свідчать, що існуюча на сьогодні в нашій країні система забезпечення надійності об'єктів будівництва потребує застосування нових методів і підходів, найбільш перспективними з яких на даний час є керування ризиками [5–10].

Соціальні, економічні та технічні аспекти проблеми керування ризиками під час експлуатації

Ризик як кількісна характеристика можливих втрат, спричинених випадковими непередбаченими подіями, що викликають часткове або повне руйнування будівельної конструкції, будівлі чи споруди в цілому або призупинення її експлуатації, може бути виражений наступним чином:

$$P = \text{Pr ob}(F) \cdot C, \quad (1)$$

де $P = \text{Prob}(F)$ – ймовірність відмови (аварії, руйнування) об'єкта;

C – кількісні наслідки відмови (економічні та/або соціальні).

При цьому слід зауважити, що коли при аналізі ризиків виникає необхідність урахування можливості людських жертв або заходів з їх виключення, кількісні задачі призводять до необ-

хідності в тій чи іншій мірі оцінювати безпеку людського життя у вартісному відображенні. Адже об'єкти будівництва, що мають суто економічну відповідальність (тобто при відмові яких цілком виключається можливість людських – соціальних втрат) є певною мірою абстракцією.

Введемо деякі позначення, що полегшать подальші розрахунки. Збитки (втрати) від відмови (аварії, руйнування) системи позначимо B_o , вони включають у себе такі складові:

$$B_o = B_k + B_{об} + B_n + B_l, \quad (2)$$

де B_k – вартість зруйнованої системи, її відновлення чи нового будівництва;

$B_{об}$ – вартість обладнання, що може постраждати при відмові;

B_n – вартість простою або збитки від невиробленої продукції;

B_l – неекономічні збитки:

$$B_l = P_l \cdot N_l \cdot C_l, \quad (3)$$

де P_l – ймовірність того, що може постраждати N_l людей у зоні відмови системи за весь період експлуатації;

C_l – страхові витрати на одну людину, що постраждала внаслідок відмови.

Складова B_l є найбільш вагомою в загальній структурі збитків. З іншого боку, ймовірнісна оцінка відмови конструкції, і як наслідок – загибелі при цьому людини, апіорі – величини різного порядку, хоча через недостатній статистичний матеріал з цього питання та доволі складну процедуру математичного моделювання ці поняття в сучасному розумінні з деякими запасами надійності зазвичай ототожнюються.

Аналіз ризику помилкової діагностики під час обстеження

Забезпечення необхідного рівня надійності та безпеки об'єктів будівництва, встановленого нормами [11, 12, 13], під час експлуатації здійснюється шляхом діагностування та контролю їх технічного стану. При цьому рішення щодо можливості використання об'єкта за призначенням у передбачених проектом умовах протягом певного терміну експлуатації, що прогнозується, приймається залежно від встановленої категорії технічного стану. Тобто з точки зору математичного опису процесу технічного

діагностування система (в даному випадку будівельна конструкція, будівля чи споруда в цілому) на момент обстеження залежно від здатності виконувати протягом прогнозованого терміну всі передбачені нормативними вимогами функції може знаходитись в одному з чотирьох технічних станів. Основною задачею технічного діагностування є розпізнавання станів технічної системи в умовах обмеженої інформації. Тоді при застосуванні диференціальних підходів задача технічного діагностування (у даній постановці – розмежування технічних станів) полягає у виборі значень $g_{o,i}$ контрольованих параметрів працездатності конструкції $g_{k,i}$ (статистичні розподіли щільності ймовірності якого для кожного з чотирьох можливих нормативних технічних станів – S_1, S_2, S_3, S_4):

$$g_{k,i}(R_1, \dots, R_n, F_1, \dots, F_m) \leq g_{o,i} \quad (4)$$

де R_i – параметри, що контролюються (міцність, деформативність, розміри дефектів чи пошкоджень тощо);

F_i – умовні контрольні значення характеристик зовнішнього середовища (навантаження та інші впливи);

$g_{o,i}$ – граничне значення $g_{k,i}$, що визначає технічний стан конструктивного елемента.

Тоді, з точки зору ймовірнісного розрахунку, критерієм розмежування технічних станів може слугувати виконання нерівності:

$$P_{f,i}(T_{ef}) = \text{Pr ob} \{g_i(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) < 0/T_f\} \leq P_i^{ex}, \quad (5)$$

де g_i – функція роботоспроможності відносно відмови i -го виду;

P_i^{ex} – «нормативна» ймовірність відмови i -го виду, значення якої для розмежування станів I та II пропонується встановлювати як для «усталеної», а станів III та IV – як для «аварійної» розрахункової ситуації [табл. В.1, 11].

Графічно для I-ої групи граничних станів це можна представити у вигляді нормованих поверхонь характеристики безпеки β_i^{ex} [11], (рис. 1).

Особливу практичну складність (виходячи з нормативних вимог щодо безвідмовності об'єктів будівництва [11]) під час їх технічного діагностування (експертизи) становить саме розмежування станів II («нормальний» – за [14] або «роботоспроможний» – за [15]) та III

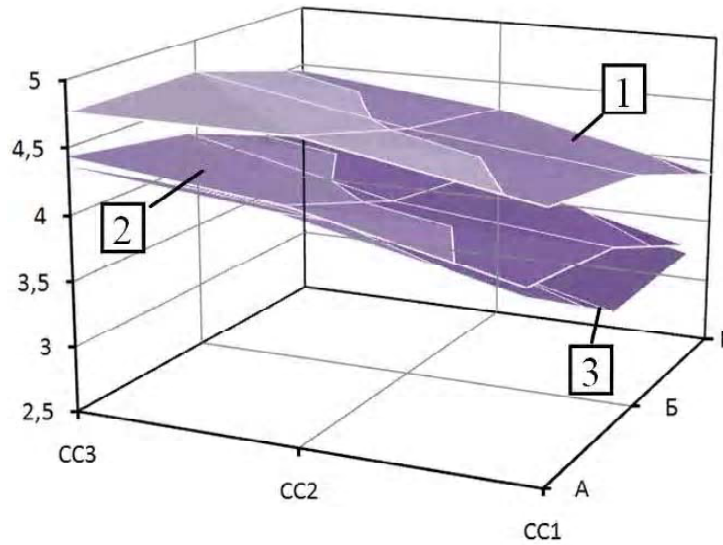


Рисунок 1. Нормовані поверхні характеристики безпеки об'єктів будівництва: CC1, CC2, CC3 – клас відповідальності будівлі чи споруди відповідно [11]; А, Б, В – категорії відповідальності конструкції відповідно [11]; 1, 2, 3 – усталена, перехідна та аварійна розрахункова ситуація.

(«непридатний до експлуатації» – за [14] чи «обмежено працездатний» – за [15]). Тоді замість диференціальної класифікації чотирьох технічних станів слід розглядати дихотомічну задачу розмежування станів II та III (рис. 2), що є принциповим для вибору рішення стосовно подальшої експлуатації, а саме необхідності капітального ремонту, підсилення чи повної заміни конструкції.

У цьому випадку доцільно розглядати одномірний простір ознак технічного стану (коли за контрольований параметр обирається один з контрольованих параметрів, наприклад несуча здатність конструктивного елемента). Тоді задача розмежування II-ої та III-ої категорій технічного стану зводиться до вибору оптимального (з точки зору аналізу можливих ризиків внаслідок відмови) значення контрольованого параметра $g_{o,i}$, наприклад несучої здатності будівельної конструкції. Для згинальних елементів (балок) це насамперед значення згинального моменту, що сприймається конструктивним елементом ($M_{R,o}$). В цьому випадку конструкція знаходиться в задовільному стані S_{II} (стані II, $M_R \in S_{II}$), якщо виконується умова (рис. 2):

$$M_R \geq M_{R,o} \quad (6)$$

та навпаки, при

$$M_R < M_{R,o}, \quad M_R \in S_{III} \quad (7)$$

Таким чином, невиконання граничної умови (6) передбачає необхідність втручання в процес експлуатації конструкції шляхом її капітального ремонту, підсилення чи заміни.

Слід зауважити, що будь-який з обраних під час технічного діагностування контрольованих параметрів ($g_{o,i}$) має стохастичну природу, внаслідок чого зони технічних станів, відображені таким чином, перетинаються (рис. 2). Тому принципово неможливим є детермінований вибір значення $g_{o,i}$, при якому встановлені умови (6) та (7) не давали б помилкових рішень. В зв'язку з цим пропонується ввести поняття ймовірності помилкової діагностики елемента чи об'єкта в цілому, що полягає як у віднесенні аварійної або непрацездатної конструкції (елемента) до категорії працездатних (тобто виникає неврахований ризик відмови), так і навпаки – віднесенні працездатного елемента до категорії непрацездатних (ризик надлишкового запасу – збитків зайвого підсилення). Таким чином, випадок, коли об'єкту замість стану S_2 помилково присвоюється стан S_3 , є хибною тривою, тобто «ризиком постачальника», і навпаки, прийняття помилкового рішення про справний стан, коли внаслідок діагностування замість стану S_3 приймається стан S_2 , – пропуск дефекту, або «ризик замовника». Пов'язані з цим можливі рішення експерта щодо розмежування категорій технічного стану відповідно

умовам (6), (7) позначимо $S_{i,j}$ ($i, j = 2, 3$): перший індекс відповідає прийнятому, а другий – дійсному діагнозу (технічному стану) об'єкта. Розглянемо ймовірність хибної тривоги $P(S_{3,2})$, коли об'єкт при $M_R < M_{R,o}$ є справним, а за (6) розглядається як дефектний. Умовна ймовірність ситуації $M_R < M_{R,o}$ для справних об'єктів представляє площу під кривою стану S_2 (рис. 2):

$$P(M < M_{R,o} / S_2) = \int_{M_{R,o}}^{\infty} f(M_R / S_2) dM_R \quad (8)$$

Ймовірність хибної тривоги дорівнює ймовірності добутку двох подій: наявності справного стану та значення $M_R < M_{R,o}$, тоді

$$\begin{aligned} P(S_{3,2}) &= P(S_2)P(M < M_{R,o} / S_2) = \\ &= P_2 \int_{M_{R,o}}^{\infty} f(M_R / S_2) dM_R, \end{aligned} \quad (9)$$

де $P_2 = P(S_2)$ – апіорна ймовірність знаходження об'єкта в стані S_2 .

Аналогічно можна підрахувати й імовірність пропуску дефекту

$$\begin{aligned} P(S_{2,3}) &= P(S_3)P(M > M_{R,o} / S_3) = \\ &= P_3 \int_{M_{R,o}}^{\infty} f(M_R / S_3) dM_R. \end{aligned} \quad (10)$$

Аналізуючи можливі збитки при відмові об'єкту діагностування, ризик постачальника (хибної тривоги) та замовника (пропуску дефекту) може бути представлений як

$$R_{3,2} = B_{3,2} P_2 \int_{M_{R,o}}^{\infty} f(M_R / S_2) dM_R, \quad (11)$$

$$R_{2,3} = B_{2,3} P_3 \int_{M_{R,o}}^{\infty} f(M_R / S_3) dM_R, \quad (12)$$

де $B_{3,2}$ та $B_{2,3}$ – відповідно витрати, пов'язані з недоцільним підсиленням (B_{nidc}) та втрати, спричинені відмовою конструкції (B_{def}). Невід'ємною складовою цих витрат є вартість робіт з технічного обстеження об'єкта (B_{ob}), від глибини та обсягу якого безпосередньо залежить апіорна ймовірність ($P(S_i)$) рішення щодо віднесення об'єкта до одного з регламентованих технічних станів S_i .

З економічної точки зору очевидно, що вартість робіт з обстеження не може бути більшою за вартість робіт з підсилення, виконаного замовником без проведення діагностування технічного стану, тобто

$$B_{ob} \leq B_{nidc} \quad (13)$$

Ризик помилкової діагностики під час діагностування технічного стану є сумарним ризиком постачальника та замовника, тобто ризиком недоцільного підсилення (8) та можливих втрат при відмові (9):

$$R = R_{nidc} + R_{def} \quad (14)$$

Таким чином, граничне значення контрольованого параметра ($M_{R,o}$) під час технічного діагностування може бути встановлене шляхом мінімізації функції середнього ризику помилкової діагностики (10), застосовуючи

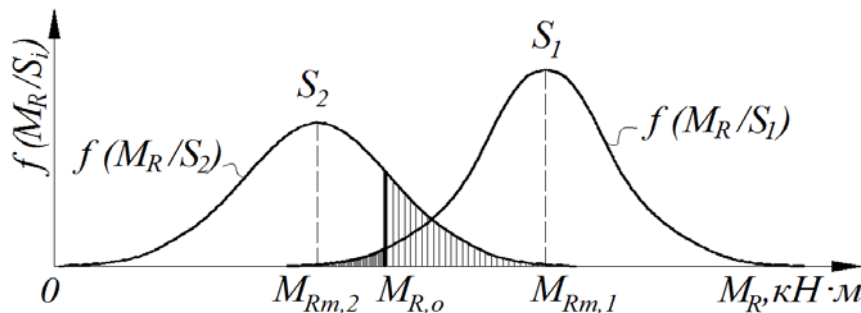


Рисунок 2. Статистичні розподіли щільності ймовірності контрольованого параметра (згинального моменту M_R) для II-ої та III-ої категорій технічного стану конструкцій.

(залежно від наявної вихідної інформації, отриманої за результатами обстеження) один із відомих математичних методів статистичних рішень: мінімального ризику, мінімальної кількості помилкових рішень, мінімаксу тощо [16].

Основні висновки

Запропоновані в статті підходи щодо керування технічними ризиками під час експлуатації дозволяють розв'язувати низку практичних задач, а саме:

1. Виходячи з аналізу ризику помилкової діагностики визначити обсяг «глибокої вибірки» обстежуваних конструкцій, а також оптимальну вартість робіт з обстеження.
2. Визначити вартість обстежувальних робіт та підсилення залежно від аналізу ризику можливих втрат при відмові (аварії) та невизначеності експертної оцінки технічного стану конструкцій.
3. Розв'язати задачу розмежування технічних станів будівельних конструкцій (особливо станів II та III) шляхом оптимізації середнього сумарного ризику помилкової діагностики.

Література

1. Захаров, С. В. Аварии в строительстве – случайность или система? [Текст] / С. В. Захаров // Предотвращение аварий зданий и сооружений : сб. науч. тр. – Магнитогорск : ООО «МиниТип», 2007. – Вып. 7. – С. 11–22.
2. Перельмутер, А. В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций [Текст] / А. В. Перельмутер. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Изд-во УкрНИИпроектстальконструкция, 2000. – 216 с.
3. Райзер, В. Д. Некоторые аспекты неэкономического ущерба при оценке риска [Текст] / В. Д. Райзер // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений : науч.-техн. журнал. – М. : ОАО ВНИИИТПИ, 2008. – № 2. – С. 48–49.
4. Семко, О. В. Керування ризиками при проектуванні та експлуатації сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : монографія / О. В. Семко, О. П. Воскобийник. – Полтава : ПолтНТУ, 2012. – 514 с.
5. Hathwani, J. S. Affordable Safety by Choice: The Life Quality Method [Текст] / J. S. Hathwani, N. S. Lind, M. D. Pandey. – Waterloo : Graphic Services, University of Waterloo, 1997. – 25 p. – ISBN 0-9696747-9-1.
6. Otway, H. J. Criteria for Technological Choice [Текст] / H. J. Otway, D. L. Simms // Public Administration. – 1987. – Vol. 65. – P. 131–143.
7. Rackwitz, R. Optimization – the basis for code-making and reliability verification [Текст] / R. Rackwitz // Journal of Structural Safety, Elsevier Science. – 2000. – Vol. 22. – P. 27–60.
8. Risk Assessment of Decommissioning Options using Bayesian Networks [Текст] / M. H. Faber, I. B. Kroon, E. Kragh, D. Bayly, P. Decosemaeker // Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering. – 2002. – Vol. 124. – P. 231–238.
9. Melchers, R. E. On the ALARP approach to risk management [Текст] / R. E. Melchers // Reliability Engineering and System Safety. – 2000. – Vol. 71. – P. 201–208.

References

1. Zaharov, S. V. Is non-fatal accident in civil engineering random quality or system? In: *Exclusion of non-fatal accident of buildings and structures: Edited volume*. Magnitogorsk: ООО «MiniTip», 2007. Issue 7, p. 11–22. (in Russian)
2. Perelmuter, A. V. Chosen reliability and safety problems of building constructions. 2nd ed., revised and enlarged. Kyiv: Publisher UkrNIIProjektstalkonstruktsiia, 2000. 216 p. (in Russian)
3. Raizer, V. D. Some aspects of noneconomic loss in making an assessment of risk. In: *Antiseismic construction. Structure safety: scientific and technical journal*. Moscow: ОАО VNIINTPI, 2008, Number 2, p. 48–49. (in Russian)
4. Semko, O. V.; Voskobiinyk O. P. Risk control in the process of designing and operation of steel reinforced concrete constructions. Monograph. Poltava: PoltNTU, 2012. 514 p. (in Ukrainian)
5. Hathwani, J. S.; Lind, N. S.; Pandey, M. D. Affordable Safety by Choice: The Life Quality Method. Waterloo: Graphic Services, University of Waterloo, 1997. 25 p. ISBN 0-9696747-9-1.
6. Otway, H. J.; Simms, D. L. Criteria for Technological Choice. In: *Public Administration*, 1987, Vol. 65, p. 131–143.
7. Rackwitz, R. Optimization – the basis for code-making and reliability verification. In: *Journal of Structural Safety, Elsevier Science*, 2000, Vol. 22, p. 27–60.
8. Faber, M. H.; Kroon, I. B.; Kragh, E.; Bayly, D.; Decosemaeker, P. Risk Assessment of Decommissioning Options using Bayesian Networks. In: *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, 2002, Vol. 124, p. 231–238.
9. Melchers, R. E. On the ALARP approach to risk management. In: *Reliability Engineering and System Safety*, 2000, Vol. 71, p. 201–208.
10. Lind, N. C. Social and Economic Criteria of Acceptable Risk. In: *Reliability Engineering and Systems Safety*, 2002, Vol. 78, p. 21–25.

10. Lind, N. C. Social and Economic Criteria of Acceptable Risk [Текст] / N. C. Lind // Reliability Engineering and Systems Safety. – 2002. – Vol. 78. – P. 21–25.
11. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ [Текст]. – На заміну ГОСТ 27751, СТСЭВ 3972-83, СТСЭВ 3973-83, СТСЭВ 4417-83, СТСЭВ 4868-84; чинний з 2009-12-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.
12. EN 1990:2002. Eurocode: Basis of structural design [Текст]. – Supersedes ENV 1991-1:1994 ; approved by CEN on 29 November 2001. – Brussels : CEN, 2005. – 116 p.
13. ISO 2394:1998. General principles on reliability for structures [Текст]. – Geneve : ISO, 1998. – 73 p.
14. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд [Текст]. – Уведено вперше зі скасуванням в Україні «Положення о проведении плано-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений»; чинні з 1997-12-01. – К. : Державний комітет будівництва архітектури та житлової політики України та Держнаглядохоронпраці Україна, 1997. – 145 с.
15. ДБН 362-92. Оценка технического состояния стальных конструкций производственных зданий и сооружений находящихся в эксплуатации [Текст]. – Введ. 1992-07-01. – К. : Укрархстройинформ, 1995. – 46 с.
16. Горелик, А. Л. Методы распознавания [Текст] : учеб. пособие / А. Л. Горелик, В. А. Скрипкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1984. – 208 с.
11. DBN V.1.2-14-2009. General principles of reliability control and constructional safety of buildings, constructions, engineering structures and supports. Kyiv: Minregionbud Ukraine, 2009. 37 p. (in Ukrainian)
12. EN 1990:2002. Eurocode: Basis of structural design. Supersedes ENV 1991-1:1994; approved by CEN on 29 November 2001. Brussels: CEN, 2005. 116 p.
13. ISO 2394:1998. General principles on reliability for structures. Geneve: ISO, 1998. 73 p.
14. Normative documents as to surveying certification, safety and dependable service of manufacturing buildings and constructions. Kyiv: National Committee of Civil Engineering and Architecture and Housing Policy of Ukraine and State Health and Safety Supervision Authority, 1997. 145 p. (in Ukrainian)
15. DBN 362-92. Technical evaluation of structural steel buildings and facilities are in operation. Kyiv: Ukrarhstroyinform, 1995. 46 p. (in Russian)
16. Gorelik, A. L.; Skripkin, V. A. Recognition method. Textbook. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow: High school, 1984. 208 p. (in Russian)

Воскобійник Олена Павлівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри конструкцій з металу, дерева та пластмас Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Наукові інтереси: проектування сталезалізобетонних конструкцій; розроблення комплексних методів оцінювання надійності та керування ризиками; діагностування та оцінювання технічних станів, обстеження та підсилення будівельних конструкцій, будівель та споруд.

Воскобойник Елена Павловна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник; доцент кафедры конструкций из металла, дерева и пластмасс Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка. Научные интересы: проектирование сталежелезобетонных конструкций; разработка комплексных методов оценивания надежности и управления рисками; диагностирование и оценивание технических состояний, обследование и усиление строительных конструкций, зданий и сооружений.

Voskobiinyk Olena – Ph.D., Senior Scientist; Associate professor, Metal, Wood and Plastics Constructions Department, Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk. Research interests: designing of steel-concrete composite structures; development of comprehensive methods of reliability evaluations and risks management; diagnostics and evaluation of technical states, investigation and strengthening of buildings and structures.