

**РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ НЕРОЗРІЗНИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ЗА ДІЇ МАЛОЦИКЛОВИХ ПОВТОРНИХ І
ЗНАКОЗМІННИХ НАВАНТАЖЕНЬ РІЗНИХ РІВНІВ**

**DESIGN ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF CONTINUOUS
REINFORCED CONCRETE BEAMS UNDER LOW-CYCLE REPEATED
AND ALTERNATING LOADS OF DIFFERENT LEVELS**

Масюк Г.Х., к.т.н., проф., ORCID ID: 0000-0001-5207-3111, (Національний університет водного господарства та природокористування), **Ющук О.В. к.т.н., викладач,** ORCID ID: 0000-0001-6266-3445, (ВСП «Рівненський фаховий коледж НУБіП України»), **Мельничук С.М., аспірант,** ORCID ID: 0009-0005-6631-3936, **Сірочук В.І., аспірант,** ORCID ID: 0000-0007-8590-949X, **Музичук М.І., магістр,** (Національний університет водного господарства та природокористування)

Masyuk G.H., PhD in Engineering, Professor, ORCID ID: 0000-0001-5207-3111 (National University of Water and Environmental Engineering), **Yushchuk O.V., PhD in Engineering, Lecturer,** ORCID ID: 0000-0001-6266-3445, (Separate structural subdivision "Rivne Professional College" of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine), **Melnychuk S. M. Postgraduate student,** ORCID ID: 0009-0005-6631-3936, **Sirochuk V.I., Postgraduate student,** ORCID ID: 0000-0007-8590-949X, **Muzychuk M.I. student**(National University of Water and Environmental Engineering)

На основі проведених експериментальних досліджень авторів і інших дослідників в статті, використовуючи існуючу методику розрахунку надійності будівельних конструкцій за дії одноразових статичних навантажень, основу на імовірнісних методах, виконано розрахунки оцінки надійності нерозрізних залізобетонних балок, що випробовують дію малоциклових повторних і знакозмінних навантажень.

Based on the conducted experimental studies of the authors and other researchers in the article, using the existing methodology for calculating the reliability of building structures under the action of single static loads, based on probabilistic methods plus calculations of the reliability assessment of non-split concrete beams, testing the of low-cycle repeated and alternating loads, were performed.

The limit state method, laid down in the current standards, allows you to ensure the necessary bearing capacity of the specified structures by using various coefficients of reliability and responsibility of the structure. However, sufficient bearing capacity of the element does not guarantee its sufficient reliability, the

quantitative assessment of which at the stage of project development is unknown. Moreover, with a change in the initial constructive factors adopted in the calculation (classes of concrete, reinforcement), the directions of change of these characteristics and their physical and mechanical, strength and deformation properties, during the operation of structures, may generally be different, since the value of reliability is of a random nature.

As a result of the research, numerical examples of reliability calculations of non-split two-span beams under the action of low-cycle repeated and alternating loads are presented.

Ключові слова: нерозрізні залізобетонні балки, малоциклові повторні і знакозмінні навантаження, випадкові величини, надійність.

continuous reinforced concrete beams, low-cycle repeated and alternating loads, random variables, reliability.

Вступ. Залізобетон справедливо вважається найбільш ефективним композитним матеріалом для зведення прогінних згинальних елементів будівель та споруд по всьому світу. На сьогодні розвиток будівельного виробництва вимагає постійного вдосконалення методів розрахунку і проектування залізобетонних конструкцій, спрямованого на забезпечення їх надійності в експлуатації при одночасному зниженні матеріалоємності та інших витрат.

Метод граничних станів, дозволяє забезпечувати необхідну несучу здатність зазначених конструкцій за дії статичних навантажень за рахунок використання різноманітних коефіцієнтів надійності та відповідальності споруди. Проте достатня несуча здатність елементів не гарантує їх достатню надійність, кількісна оцінка яких на стадії розробки проекту залишається невідомою. Більше того, зі зміною вихідних конструктивних чинників, прийнятих при розрахунку (класів бетону, арматури, коефіцієнту армування, величини і дії навантажень) напрямки зміни цих характеристик і параметрів взагалі можуть виявитись різними, оскільки величина надійності має випадкову природу.

Тому в методах оцінки надійності необхідна інформація про змінність параметрів навантажень, міцність будівельних матеріалів, як випадкових величин, відхилень від розрахункових моделей і т.п. Із указаних факторів навантаження і його дії являють собою найбільш невизначені величини, що мають великі статистичні розкиди. У питаннях надійності будівельних конструкцій значення мінливості режимів навантажень відіграє при цьому головну роль.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Увагу проблемі надійності будівельних конструкцій приділяли ще в 40-50 ті роки минулого століття ряд зарубіжних і вітчизняних вчених. Авторами робіт у ті часи з цих проблем були М.С. Стрілецький, В. Ворожбицький, М. Плот, О.Р. Ржаніцин та ін.

В 50-і роки минулого століття була введена методика проектування конструкцій за граничними станами. Ця методика дала потужний імпульс імовірнісним дослідженням в області теорії розрахунку споруд, сформувала концепцію відмови будівель як переходу в граничний стан, з усією очевидністю показала імовірнісний характер як методики в цілому так і її основних параметрів (розрахункових навантажень, опорів матеріалів, коефіцієнтів перевантаження, однорідності, сполучення навантажень та ін.). ця методика отримала визнання і була прийнята у ряді зарубіжних країн. В системі європейських будівельних норм Єврокод ця методика має назву «Метод часткових коефіцієнтів надійності».

Дещо пізніше з проблеми надійності будівельних конструкцій проводили фундаментальні дослідження такі вчені як В.В. Болотін, О.С. Лигов, С.А. Тімашов і багато інших.

Також фундаментальні дослідження проблеми надійності залізобетонних і металевих конструкцій були висвітлені в роботах А.Я. Барашикова і М.Д. Сироти [1], М.М. Застави [2], М.В. Савицького [3], В.П. Чирков [4].

Значний внесок у вирішенні проблеми надійності будівельних конструкцій, будівель і споруд зробив А.В. Перельмутер [5, 6]. Він практично є організатором і неформальним лідером в дослідженні надійності в будівництві в Україні, починаючи з 70-х років минулого століття. Під загальною редакцією його витримала чотири видання перша колективна монографія [7], в якій (разом із іншими питаннями) дається імовірнісний опис широкого кола навантажень і впливів.

На сьогоднішній день активно працює школа по проблемах надійності в Національному університеті «Полтавська політехніка» під керівництвом С.Ф. Пічугіна, про що висвітлено в роботах [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]. Також ведуться дослідження надійності будівельних конструкцій такими вченими як Р.І. Кінаш [15], С.Б. Усаковський [16].

Мета і задачі досліджень. Визначити оцінку надійності нерозрізних залізобетонних балок за дії малоциклових повторних і знакозмінних навантажень з урахуванням мінливості фізико-механічних властивостей бетону і арматури, використовуючи існуючі методики визначення параметрів надійності.

Результати досліджень. При визначенні оцінки надійності вище вказаних балок використовувалась методика, розроблена на основі силової і деформаційної розрахункових моделей нормального перерізу балок (при розрахунку їх несучої здатності), а також методу стохастичної лінеаризації, в якій використано загальновідомі положення теорії ймовірностей і математичної статистики та рекомендації їх застосування до будівельних конструкцій.

В процесі експлуатації ряд залізобетонних конструкцій зазнають дії малоциклових повторних і знакозмінних навантажень. Але діючі нормативні документи ДБН [17] і ДСТУ [18] у розрахунках залізобетонних конструкцій не

враховують їх передісторію навантажень. Напружено-деформований стан конструкцій за дії вище вказаних навантажень суттєво відрізняється від н.д.с. конструкцій, що зазнають дії постійних статичних навантажень.

Для вирішення поставлених задач було виготовлено дев'ять нерозрізних двохпролітних залізобетонних балок таких типів:

балки БОС – три штуки, які завантажувались одноразовим ступінчатим навантаженням до руйнування, щоб визначити рівні навантажень;

балки БМЦП – три штуки, які завантажувались малоцикловим ступінчатим навантаженням до рівня $\eta = 0,6$ від руйнівного балок БОС (експлуатаційне), потім розвантажувались до рівня $\eta = 0,3$ (постійне) і так десять циклів;

балки БМЦЗН – три штуки, які завантажувались до рівня $\eta = 0,6$, потім розвантажувались повністю - $\eta = 0$ і завантажувались до рівня $\eta = 0,6$, але з зворотнім знаком і так десять циклів. Після десяти циклів малоциклових навантажень балки БМЦП і БМЦЗН доводились до руйнування. Всі типи балок завантажувались двома зосередженими силами в кожному прольоті (проліт ділився на три рівні частини). Всі балки зруйнувались по похилим тріщинам від зосередженої сили до середньої опори, де діяв максимальний згинальний момент і максимальна поперечна сила. Над середньою опорою спостерігалася текучість арматури і виколи бетону в стиснутій зоні, тобто руйнування балок відбулося від сумісної дії згинального моменту і поперечної сили. Результати експериментальних досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Середні значення зусиль випробовуваних балок

№ п/п	Шифр балок	Величина сили при якій відбулось руйнування	Значення згинальних моментів при руйнуванні		Режим завантажень	Значення максимального згинального моменту на опорі кНм
			M_l – в середині прольоту (кНм)	M_{sus} – на середній опорі (кНм)		
1	БОС	32,5	10,4	14,4	Одноразове статичне до руйнування	8,64
2	БМЦ П	30,0	9,64	13,3	Малоциклове повторне, руйнування після 10 циклів	7,78
3	БМЦ ЗН	27,5	8,84	12,2	Малоциклове знакозмінне, руйнування після 10 циклів	7,32

Я видно із таблиці що несуча здатність при малоциклових повторних навантаженнях зменшується в межах 10%, а при малоциклових знакозмінних – в межах 16%.

Вірогідно основною причиною зниження несучої здатності при малоциклових повторних, і особливо, при малоциклових знакозмінних навантаженнях, є порушення структури бетону, тобто порушення його ізотропних якостей в повздовжньому і поперечному напрямках, що призводить до зменшення зчеплення арматури з бетоном, внаслідок чого збільшуються деформації і напруження в арматурі.

На основі вище викладеного визначимо оцінку надійності у всіх типах блоку, порівняємо і проаналізуємо, як впливають малоциклові повторні і знакозмінні навантаження на надійність нерозрізних залізобетонних балок. В якості нормативного показника надійності згідно з чинним ДБН [19] прийнято значення $[\beta] = 4,75$ при розрахунку конструкцій за першою групою граничних станів. Оцінку надійності балок визначимо за числовим прикладом.

Числовий приклад. Вихідні дані: балки мають переріз $b \times h = 10 \times 16 \text{ см}$, $a = a' = 1,5 \text{ см}$, армування подвійне, робоча повздовжня арматура класу А400С Ø12мм по два стержня ($A_s = 2,26 \text{ см}^2$, $f_{yd} = 365 \text{ МПа}$), бетон класу С25/30 ($f_{cd} = 17 \text{ МПа}$).

Оцінюємо надійність балок за методикою, викладеною в [11] з дотриманням ДБН [19].

Балки БОС: $M_{\eta=0,6} = 8,64 \text{ кНм}$ - момент від граничного розрахункового навантаження. Статистичні характеристики матеріалів:

- Бетон С25/30, $f_{cd} = 17 \text{ МПа}$;
 - математичне сподівання
 $\overline{\sigma_c} = 1,282 f_{cd} = 1,282 \times 17 = 21,79 \text{ МПа} = 2,18 \text{ кН / см}^2$;
 - стандарт (коефіцієнт варіації $\nu_c = 0,135$)
 $\hat{\sigma}_c = 0,135 \times \overline{\sigma_c} = 0,135 \times 21,79 = 2,94 \text{ МПа} = 0,29 \text{ кН / см}^2$;
- Арматура А400С, $f_{yk} = 400 \text{ МПа}$;
 - математичне сподівання
 $\overline{\sigma_s} = 400 \text{ МПа} = 40 \text{ кН / см}^2$;
 - стандарт (коефіцієнт варіації $\nu_s = 0,0436$)
 $\hat{\sigma}_s = 0,0436 \times \overline{\sigma_s} = 0,0436 \times 400 = 17,44 \text{ МПа} = 1,74 \text{ кН / см}^2$.

Коефіцієнти варіації ν_c і ν_s взяті із таблиці 2.31 [11].

Числові характеристики граничного моменту:

- математичне сподівання

$$\bullet \quad \overline{M_{ult}} = \overline{\sigma_s} A_s d - 0,5 \frac{(\overline{\sigma_s} A_s)^2}{\overline{\sigma_c} \cdot b} = 40 \cdot 2,26 \cdot 14,5 - 0,5 \frac{(40 \cdot 2,26)^2}{2,18 \cdot 10} =$$

$$= 1123,37 \text{ кНсм} = 11,23 \text{ кНм}$$

де $d=16-1,5=14,5$ см – робоча висота перерізу, $b=10$ см – ширина перерізу.

Для обчислення стандарту граничного моменту визначаємо коефіцієнти:

$$D_s = \frac{A_s}{\overline{\sigma_s} b} (\overline{\sigma_c} d b - \overline{\sigma_s} A_s) = \frac{2,26}{2,18 \cdot 10} (2,18 \cdot 14,5 \cdot 10 - 40 \cdot 2,26) = 23,398 \text{ см}^3$$

$$D_c = \frac{0,5}{\overline{\sigma_c}^2 \cdot b} (\overline{\sigma_s} A_s)^2 = \frac{0,5}{2,18^2 \cdot 10} (40 \cdot 2,26)^2 = 85,98 \text{ см}^3$$

- стандарт граничного моменту

$$\hat{M}_{ult} = \sqrt{(D_c \cdot \hat{\sigma}_c)^2 + (D_s \cdot \hat{\sigma}_s)^2} = \sqrt{(85,98 \cdot 0,29)^2 + (23,398 \cdot 1,74)^2} =$$

$$= 41,74 \text{ кНсм}^2 = 0,42 \text{ кНм}$$

Обчислюємо характеристику безпеки і визначаємо ймовірність відмови балки БОС:

$$\beta = \frac{11,23 - 8,64}{0,42} = 6,17 \quad Q(\beta) = 2,82 \cdot 10^{-10}$$

Балки БМЦП. В результаті повторних малоциклових стискаючих напружень пройшли певні структурні зміни. В результаті міцнісні характеристики стиску бетону знизились. Це враховано введенням коефіцієнту умов роботи $\gamma_{mp} = 0,86$, тобто $f_{cd} = 17 \cdot 0,86 = 14,62 \text{ МПа}$. Даний коефіцієнт отриманий шляхом статистичної обробки експериментальних даних.

В даному випадку статистичні характеристики бетону також зміняться:

- математичне сподівання

$$\overline{\sigma_c} = 1,282 f_{cd} = 1,282 \times 14,62 = 18,74 \text{ МПа} = 1,87 \text{ кН / см}^2;$$

- стандарт (коефіцієнт варіації $\nu_c = 0,135$)

$$\hat{\sigma}_c = 0,135 \times \overline{\sigma_c} = 0,135 \times 18,74 = 2,53 \text{ МПа} = 0,25 \text{ кН / см}^2;$$

Статистичні характеристики арматури

- математичне сподівання

$$\overline{\sigma_s} = 400 \text{ МПа} = 40 \text{ кН / см}^2;$$

- стандарт (коефіцієнт варіації $\nu_s = 0,0436$)

$$\hat{\sigma}_s = 0,0436 \times \overline{\sigma_s} = 0,0436 \times 400 = 17,44 \text{ МПа} = 1,74 \text{ кН / см}^2.$$

Числові характеристики граничного моменту

$$\bullet \quad \overline{M}_{ult} = \overline{\sigma}_s A_s d - 0,5 \frac{(\overline{\sigma}_s A_s)^2}{\overline{\sigma}_c \cdot b} = 40 \cdot 2,26 \cdot 14,5 - 0,5 \frac{(40 \cdot 2,26)^2}{1,87 \cdot 10} =$$
$$= 1092,29 \text{ кНсм} = 10,92 \text{ кНм}$$

Коефіцієнти для обчислення стандарту.

$$D_s = \frac{A_s}{\overline{\sigma}_s b} (\overline{\sigma}_c d b - \overline{\sigma}_s A_s) = \frac{2,26}{1,87 \cdot 10} (1,87 \cdot 14,5 \cdot 10 - 40 \cdot 2,26) = 21,84 \text{ см}^3$$

$$D_c = \frac{0,5}{\overline{\sigma}_c^2 \cdot b} (\overline{\sigma}_s A_s)^2 = \frac{0,5}{1,87^2 \cdot 10} (40 \cdot 2,26)^2 = 116,85 \text{ см}^3$$

$$\hat{M}_{ult} = \sqrt{(D_c \cdot \hat{\sigma}_c)^2 + (D_s \cdot \hat{\sigma}_s)^2} = \sqrt{(116,85 \cdot 0,25)^2 + (21,84 \cdot 1,74)^2} =$$
$$= 47,93 \text{ кНсм}^2 = 0,48 \text{ кНм}$$

Характеристика безпеки

$$\beta = \frac{10,92 - 7,78}{0,48} = 5,6 \quad Q(\beta) = 1,07 \cdot 10^{-10}$$

Балки БМЦЗН. За дії знакозмінних малоциклових навантажень зниження міцнісних характеристик відбувалось ще більше в результаті виникнення наскрізних тріщин в перерізах балки. Коефіцієнт умов роботи $\gamma_{мзн} = 0,71$
 $f_{cd} = 17 \cdot 0,71 = 12,07 \text{ МПа}$.

Статистичні характеристики бетону також зміняться.

- математичне сподівання

$$\overline{\sigma}_c = 1,282 f_{cd} = 1,282 \times 12,07 = 15,47 \text{ МПа} = 1,55 \text{ кН / см}^2;$$

- стандарт (коефіцієнт варіації $\nu_c = 0,135$)

$$\hat{\sigma}_c = 0,135 \times \overline{\sigma}_c = 0,135 \times 15,47 = 2,09 \text{ МПа} = 0,21 \text{ кН / см}^2;$$

Статистичні характеристики арматури

- математичне сподівання

$$\overline{\sigma}_s = 400 \text{ МПа} = 40 \text{ кН / см}^2;$$

- стандарт (коефіцієнт варіації $\nu_s = 0,0436$)

$$\hat{\sigma}_s = 0,0436 \times \overline{\sigma}_s = 0,0436 \times 400 = 17,44 \text{ МПа} = 1,74 \text{ кН / см}^2.$$

Числові характеристики граничного моменту

$$\bullet \quad \overline{M}_{ult} = \overline{\sigma}_s A_s d - 0,5 \frac{(\overline{\sigma}_s A_s)^2}{\overline{\sigma}_c \cdot b} = 40 \cdot 2,26 \cdot 14,5 - 0,5 \frac{(40 \cdot 2,26)^2}{1,55 \cdot 10} =$$

$$= 1047,18 \text{ кНсм} = 10,47 \text{ кНм}$$

Коефіцієнти для обчислення стандарту.

$$D_s = \frac{A_s}{\overline{\sigma}_s b} (\overline{\sigma}_c db - \overline{\sigma}_s A_s) = \frac{2,26}{1,55 \cdot 10} (1,55 \cdot 14,5 \cdot 10 - 40 \cdot 2,26) = 19,58 \text{ см}^3$$

$$D_c = \frac{0,5}{\overline{\sigma}_c^2 \cdot b} (\overline{\sigma}_s A_s)^2 = \frac{0,5}{1,55^2 \cdot 10} (40 \cdot 2,26)^2 = 170,08 \text{ см}^3$$

$$\hat{M}_{ult} = \sqrt{(D_c \cdot \hat{\sigma}_c)^2 + (D_s \cdot \hat{\sigma}_s)^2} = \sqrt{(170,08 \cdot 0,21)^2 + (19,58 \cdot 1,74)^2} =$$

$$= 49,36 \text{ кНсм}^2 = 0,49 \text{ кНм}$$

Характеристика безпеки

$$\beta = \frac{10,47 - 7,32}{0,49} = 6,45 \quad Q(\beta) = 1,9 \cdot 10^{-11}$$

Висновки. На основі аналізу виконаних розрахунків слід зазначити, що малоциклові повторні і знакозмінні навантаження, що діють на нерозрізні залізобетонні конструкції знижують не тільки несучу здатність, а й впливають на надійність, знижуючи її.

1. Барашиков А.Я., Сирота М.Д. Надійність будівель і споруд: навч. посібник. – К. ІСДО, 1993. – 204с.

Barashykov A.Ya., Syrota M.D. Nadiinist budivel i sporud: navch. posibnyk. – K. ISDO, 1993. – 204s.

2. Застава М.М., Агаев А.А., Роботнов Ю.А. Регулирование расчетной надежности железобетонных конструкций. – Киев-Одесса, 1996 – 194с.

Zastava M.M., Ahaev A.A., Robotnov Yu.A. Rehulyrovanye raschetnoi nadezhnosti zhelezobetonnykh konstruktsyi. – Kyev-Odessa, 1996 – 194s.

3. Савицкий Н.В. Основы расчета надежности железобетонных конструкций в агрессивных средах: Автореф. диссертации доктора техн. наук. ДИСИ, НИИЖБ. – Дн-ск, 1994. – 34с.

Savytskyi N.V. Osnovy rascheta nadezhnosti zhelezobetonnykh konstruktsyi v ahressyvnykh sredakh: Avtoref. dyssertatsyy doktora tekhn. nauk. DYSY, NYYZhB. – Dn-sk, 1994. – 34s.

4. Чирков В.П. Прикладные методы теории надежности в расчетах строительных конструкций. М.: Маршрут, 2006. – 620с.

Chyrkov V.P. Prykladnye metody teoryy nadezhnosti v raschetakh stroytelnykh konstruktsyi. M.: Marshrut, 2006. – 620s.

5. Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф. Новые направления в анализе надежности строительных конструкций. – Саарбрюккен, Германия: Изд-во LAP Lampert Academic Rublishing, 2014. – 112с.

Perelmuter A.V., Pychuhyn S.F. *Новые napravleniya v analize nadezhnosti stroitelnykh konstruktsiy*. – Saarbrücken, Germany: Yzd-vo LAP Lampert Academic Publishing, 2014. – 112s.

6. Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф. Расчётные сочетания нагрузок для проверки надёжности конструкций. Зб. наук. пр. Укр. ін-ту стал. констр. ім. В.М. Шимановського. Вип. 15. – К.: Вид-во «Сталь», 2015. – с.4-47.

Perelmuter A.V., Pychuhyn S.F. *Raschëtnye sochetaniya zahruzok dlia proverky nadezhnosti konstruktsiy*. Zb. nauk. pr. Ukr. in-tu stal. konstr. im. V.M. Shymanovskoho. Vyp. 15. – K.: Vyd-vo «Stal», 2015. – s.4-47.

7. Перельмутер А.В., Гордеев В.Н., Лантух-Лященко А. Н., Махинько А.В., Пашинський В.А., Пичугин С.Ф. Под общей редак. Перельмутера А.В. – 4-е изд. перераб. – М.: Изд-во СКАД СОФТ, изд-во АСВ, изд-во ДМК Прес. 2014. – 596с.

Perelmuter A.V., Hordeev V.N., Lantukh-Liashchenko A. N., Makhynko A.V., Pashynskiy V.A., Pychuhyn S.F. *Pod obshchei redak. Perelmutera A.V.* – 4-e yzd. pererab. – M.: Yzd-vo SKAD SOFT, yzd-vo ASV, yzd-vo DMK Pres. 2014. – 596s.

8. Пичугин С.Ф., Гнітько О.В. Імовірнісний метод графічної рівноваги у статистичній постановці. Зб. наук. пр. «Акт. пробл. вод. госп-ва. – Том 3. – Нові матеріали, будівлі та споруди. Рівне: Вид. УДАВГ, 1997, - с.91-94.

Pichuhin S.F., Hnitko O.V. *Imovirnisnyi metod hrafichnoi rivnovahy u statystychnii postanovtsi*. Zb. nauk. pr. «Akt. probl. vod. hosp-va. – Том 3. – Novi materialy, budivli ta sporudy. Rivne: Vyd. UDAVH, 1997, - s.91-94.

9. Пичугин С.Ф. Надійність технічних систем: навч. посібник, - Полтава: Полт.ДТУ, 2000. – 157с.

Pichuhin S.F. *Nadiinist tekhnichnykh system: navch. posibnyk*, - Poltava: Polt.DTU, 2000. – 157s.

10. Пичугин С.Ф. Оценка надёжности железобетонных балок с углепластиковым внешним армированием.: сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ГУВЗ «ПГАСА», 2014, - Вип. 77 – с.153-157.

Pychuhyn S.F. *Otsenka nadezhnosti zhelezobetonnykh balok s uhleplastykovym vneshnym armyrovanyem.*: sb. nuch. trudov. – Dnepropetrovsk: HUVZ «PHASA», 2014, - Vyp. 77 – s.153-157.

11. Пичугин С.Ф. Розрахунок надійності будівельних конструкцій. Монографія: Полтава, ТОВ «АСМГ», 2016. – 520с.

Pichuhin S.F. *Rozrakhunok nadiinosti budivelnnykh konstruktsii*. Monohrafiia: Poltava, TOV «ASMH», 2016. – 520s.

12. Пичугин С.Ф. Наукова школа «Надійність будівельних конструкцій». Зб. наук. пр. (галуз. машинобуд., буд-во). Вип. 1. – Полтава: Полт.НТУ ім. Ю. Кондратюка, 2015. – с.3-16.

Pichuhin S.F. *Naukova shkola «Nadiinist budivelnnykh konstruktsii*». Zb. nauk. pr. (haluz. mashynobud., bud-vo). Vyp. 1. – Poltava: Polt.NTU im. Yu. Kondratiuka, 2015. – s.3-16.

13. Пашинський В.А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції. – К.: Укр.НДІПСК, - 1999, - 185с.

Pashynskiy V.A. *Atmosferni navantazhennia na budivelni konstruktsii*. – K.: Ukr.NDIPSK, - 1999, - 185s.

14. Семко О.В., Воскобойнік О.П. Керування ризиками при проектуванні та експлуатації сталі залізобетонних конструкцій: - Полтава, Полт.НТУ, 2012. – 514с.

Semko O.V., Voskoboinik O.P. *Keruvannia ryzykamy pry proektuvanni ta ekspluatatsii stale zalizobetonnykh konstruktsii*: - Poltava, Polt.NTU, 2012. – 514s.

15. Кінаш Р.І. Методи нормування тимчасових навантажень та оцінювання надійності будівельних конструкцій за умов неповної інформації: автореф. дисертації д-ра техн. наук. – К.: КНУБА, 2000. – 32с.

Kinash R.I. Metody normuvannia tymchasovykh navantazhen ta otsiniuvannia nadiinosti budivelnykh konstruktsii za umov nepovnoi informatsii: avtoref. dysertatsii d-ra tekhn. nauk. – K.: KNUBA, 2000. – 32s.

16. Усаковский С.Б. С какой точностью вести расчёты прочности сооружений: - К. КНУСА, 2005. – 160с.

Usakovskiy S.B. S kakoi tochnostiuv vesty raschety prochnosti sooruzheniy: - K. KNUSA, 2005. – 160s.

17. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: [чинні від 01.06.2011]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011, - 71с.

DBN V.2.6-98:2009. Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia: [chynni vid 01.06.2011]. – K.: Minrehionbud Ukrainy, 2011, - 71s.

18. ДСТУ Б.В.2.6-156. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – К. Мінрегіонбуд України, 2010. – 123с.

DSTU B.V.2.6-156. Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii z vazhkoho betonu. Pravyla proektuvannia. – K. Minrehionbud Ukrainy, 2010. – 123s.

19. ДБН В.1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К. Мінрегіонбуд України, 2018, 30с.

DBN V.1.2-14-2018. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel, sporud, budivelnykh konstruktsii ta osnov. – K. Minrehionbud Ukrainy, 2018, 30s.