

ОЦІНКА МІНЛИВОСТІ КРОКІВ АРМАТУРИ У МОНОЛІТНІЙ ЗАЛІЗОБЕТОННІЙ ОБОЛОНЦІ БАШТОВОЇ ПРОМИСЛОВОЇ СПОРУДИ

Геннадій ГЛАДИШЕВ¹, Дмитро ГЛАДИШЕВ², Роман ЖУРАВЛЬОВ³

^{1, 2} Національний університет „Львівська політехніка”

С. Бандери, 12, Львів, Україна, 79013

³ Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

¹hennadii.m.hladyshev@lpnu.ua, <http://orcid.org/0000-0002-2671-5579>;

²dmytro.h.hladyshev@lpnu.ua, <http://orcid.org/0000-0003-3978-8600>;

³zhuravlovra@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-8259-4831>

DOI: 10.32347/2522-4182.9.2021.45-53

Анотація. У роботі розглянута одна з можливих причин зниження експлуатаційної надійності монолітних тонкостінних несучих залізобетонних конструкцій існуючих промислових споруд по відношенню до їх проектного рішення. У якості цієї причини розглянута мінливість віддалей між осями стрижнів робочої арматури, яка при обстеженні таких конструкцій зустрічається досить часто.

Порівняння проектних рішень із якістю виконаних будівельно-монтажних робіт дають можливість виявити вплив неврахованих факторів при проектуванні монолітних тонкостінних залізобетонних конструкцій, які призводять до зниження їх експлуатаційної придатності за рахунок мінливості характеристик міцності бетону та фактичного поздовжнього і поперечного їх армування за рахунок мінливості кроків робочої арматури на ділянках обстежених елементів. В процесі обробки результатів обстеження монолітних залізобетонних тонкостінних конструкцій, які сприймають зусилля різного рівня, виникає питання: який крок робочої арматури, з великої кількості фактично замірених кроків, вибрати при перевірних розрахунках – середній чи максимальний, з запасом.

В діючих нормах, такий показник, як середнє значення міцності бетону, для розрахунку залізобетонних монолітних плитних конструкцій не фігурує, а використовується статистично обґрунтоване значення міцності бетону, яке враховує нормовану його мінливість з 95% забезпеченням.



Геннадій ГЛАДИШЕВ

доцент кафедри будівельних конструкцій та мостів, к.т.н., доцент



Дмитро ГЛАДИШЕВ

доцент кафедри архітектурного проектування та інженерії, к.т.н., доцент



Роман ЖУРАВЛЬОВ

бакалавр кафедри залізобетонних та кам'яних конструкцій

Нормативні документи статистично оцінують мінливість міцності арматури. При цьому, в них не враховується мінливість фактичного армування монолітних залізобетонних конструкцій, які підлягають реконструкції на додаткові навантаження, але які виконані без дотримання проектних віддалей між арматурою в цих конструкціях.

При виконанні перевірних розрахунків таких конструкцій на різні розрахункові ситуації, для розробки робочих проектів для капітального ремонту, підсилення, реконструкції або демонтажу, слід визначитися, який фактично крок робочої арматури слід прийняти при вже інших визначених розрахункових параметрах розглянутої конструкції.

Авторами інструментально досліджені та статистично проаналізовані дані армування монолітної залізобетонної оболонки баштової споруди, що дало можливість обґрунтовано прийняти значення кроків арматури при перевірних розрахунках.

Ключові слова. Баштова промислова споруда; мінливість кроків арматури; монолітна залізобетонна оболонка.

ВСТУП

Характерні розрахункові ситуації (усталені чи перехідні [1]), особливо існуючих тонкостінних монолітних плитних конструкцій, прогнозувати важко, якщо в нормах проектування врахована мінливість не усіх необхідних розрахункових параметрів, що не гарантує забезпечення необхідного рівня надійності самих конструкцій.

Порівняльний аналіз проектних рішень із фактично виконаними роботами не завжди дає можливість виявляти вплив виявлених розбіжностей на рівень фактичного зниження експлуатаційної надійності монолітних залізобетонних тонкостінних конструкцій споруд.

Досліджено на основі аналізу результатів різних досліджень [2, 3] характеру армування плитних конструкцій, щодо основних дефектів, які занижують їх фактичну несучу здатність і, відповідно, їх надійність, необхідно віднести і відхилення кроків окремих стрижнів робочої та конструктивної арматури (у випадку необхідності забезпечення стійкості робочої арматури) від проектних та нормативних значень. Ці відхилення деколи суттєво різняться не тільки від проектних кроків, а і від середніх їх значень [5], як на окремих ділянках, так і по усій контрольованій поверхні тонкостінної конструкції загалом.

Суттєві відхилення кроків осей стрижнів робочої арматури в існуючих монолітних залізобетонних конструкціях тонкостінних оболонок від вимог проектної документації слід розглядати як дефекти, що виникають на стадії виготовлення на будівельному майданчику арматурних каркасів та сіток з окремих стрижнів для монолітних констру-

кцій за відсутності поопераційного контролю точності геометричних параметрів відповідно до проектних рішень.

Порушення технологій контролю якості [5] при здачі готової продукції не дає можливості вчасно виявити вплив не проконтрольованого «людського фактора» на якість виконання будівельно-монтажних робіт. Тому, для визначення рівня надійності існуючих монолітних залізобетонних тонкостінних оболонок треба розглянути їх відповідні розрахункові ситуації [1]. Слід виконати перевіріні розрахунки за двома групами граничних станів за діючими нормами [6] для визначення резерву їх несучої здатності. Виникає питання, який за результатами обстеження, прийняти розрахунковий крок робочої арматури з великої кількості заміряних віддалей між осями фактично встановлених робочих арматурних стрижнів: середній, чи максимальний, із запасом?

Фактична мінливість армування монолітних залізобетонних плитних конструкцій, за рахунок недотримання проектних значень кроків арматури, в деяких випадках призводить до істотного зниження несучої здатності конструкції в цілому та, відповідно, і її надійності на проектні граничні навантаження. Тому оцінка мінливості кроків арматури для визначення коефіцієнта надійності за кроком армування плитних конструкцій є актуальною, та поки невирішеною на рівні нормативної бази задачею.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У діючих нормах [6], для розрахунків залізобетонних монолітних плитних конструкцій використовують статистичну величину міцності бетону – клас бетону «С». Ці норми враховують мінливість міцності бетону через характеристичне розрахункове значення міцності бетону на стиск $f_{ck, cube}$ з 95% забезпеченням його міцності при фіксованому коефіцієнті варіації $U=13,5\%$. Через фіксований коефіцієнт надійності по бетону $\gamma_c=1,3$, норми [6] на 99,97% забезпечують розрахункове значення міцності бетону на стиск $f_{cd} = f_{ck, cube} / \gamma_c$.

Мінливість характеристик міцності арматури норми [6] оцінюють статистично, через характеристичне значення міцності арматури на границі текучості f_{yk} та розрахункові значення f_{yd} опору арматури шляхом ділення характеристичних значень міцності арматури на фіксований коефіцієнт надійності на розтяг, $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$.

Діючі норми не враховують фактичну мінливість кроків арматури під час арму-

вання монолітних залізобетонних плитних конструкцій, які виконані з порушенням допустимих відхилень між осями окремих арматурних стрижнів і навіть з допустимими допусками [5] (табл. 1). Існуючий стандарт [5] направлений на контроль та приймання робіт при виконанні монолітних залізобетонних конструкцій під час будівництва і реконструкції будівель та споруд в усіх галузях народного господарства.

Табл. 1. Рекомендації щодо виконання арматурних робіт згідно норм [5]

Table 1. Recommendations for reinforcement works according to the norms [5]

Параметр	Величина параметра, мм	Контроль (метод, об'єм, вид реєстрації)
Відхилення у віддалі між осями окремо встановлених робочих стрижнів арматури для:		Тех. огляд усіх елементів, журнал робіт
- колон, балок і арок	±10	
- плит і стін фундаментів	±20	
масивних конструкцій	±30	

За п. 3.2.6.10 [6], розрахунок бетонних та залізобетонних конструкцій слід виконувати за граничними станами першої та другої груп. Для розрахунків з визначення фактичного резерву несучої здатності та жорсткості існуючих залізобетонних монолітних тонкостінних елементів споруд, поряд із впливом інших відомих чинників, важливою є статистична оцінка мінливості характеру армування за кроком арматури для двох рівнів забезпеченості: 95% та 99,97%.

У діючих нормативних документах не розроблена методика оцінки мінливості армування за кроком арматури при обробці результатів інструментального контролю армування монолітних плитних конструкцій на існуючих спорудах.

Але, у п. 3.2.6.10 [6] пропонується вплив характеру навантаження, навколишнього середовища, напруженого стану арматури, технологічних факторів та інших умов роботи, які не враховані безпосередньо у розрахунках, слід врахувати коефіцієнтом умов роботи арматури $\gamma_{s,i}$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

Нами виконане інструментальне дослідження фактичних віддалей між осями окремо встановлених робочих стрижнів арматури (кроків арматури) у монолітній залізобетонній оболонці стовбура башти к. 631Г на ПрАТ „АЗОТ” під час її капітального ремонту.

Під час дослідження характеру армування стовбура башти на значній кількості її поверхневих ділянок (рис.1, рис. 2), особливо на внутрішній її поверхні після демонтажу футерування, був відсутній захисний шар бетону за рахунок його відшарування від дії агресивного середовища. Це спростило процес замірів кроків між осями вертикальної та горизонтальної арматури внутрішніх та зовнішніх сіток стовбура башти, їх діаметрів та класу арматури, без використання додаткових інструментальних методів [7, 8, 9, 10], які, як правило, використовують при обстеженнях для визначення кроків арматури та товщини захисних шарів бетону.

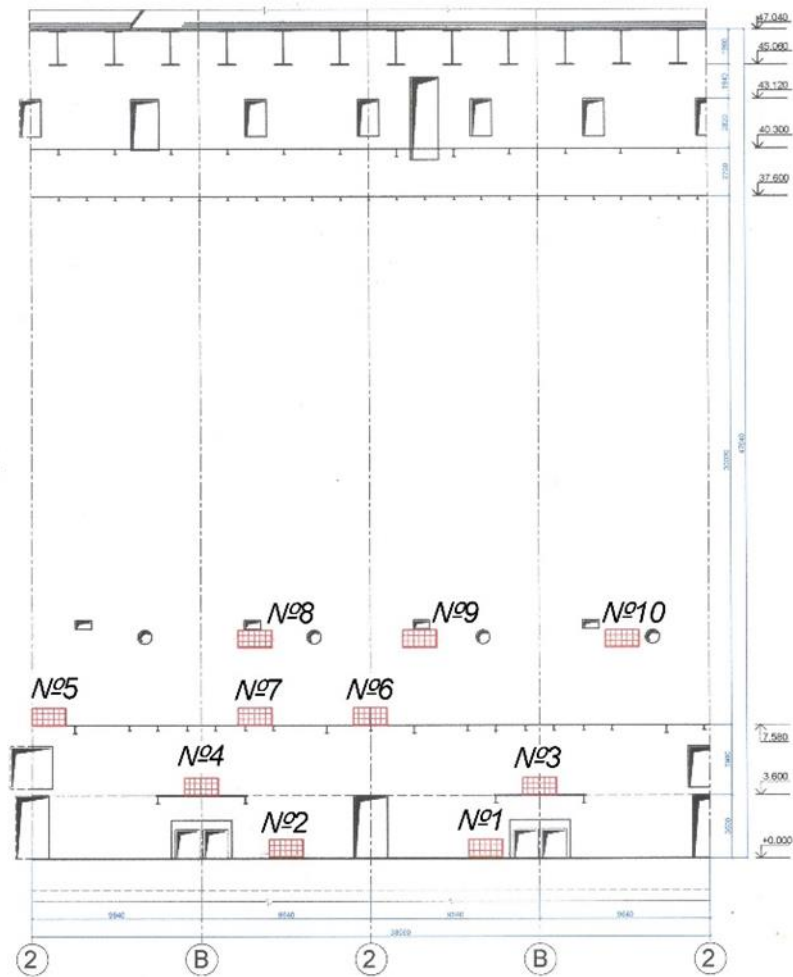


Рис. 1. Позначення ділянок замірів на розгортці внутрішньої поверхні стовбура башти
Fig. 1. Designation of the measurement sites on the scan of the inner surface of the tower trunk

Ділянки зон контролю розташування арматури, діаметри арматури визначили з урахуванням технології виготовлення конструкцій; випадковості зміщення арматури з проектного положення; умов роботи конструкцій; кількості та розташування харак-

терних ділянок контролю, в яких необхідно визначити параметри армування.

Результати інструментальних вимірювань фактичних кроків арматури із статистичною обробкою за нормальним законом розподілу, наведені у табл. 2.



Рис. 2. Вид на деякі доступні ділянки внутрішньої поверхні стовбура башти
Fig. 2. View of some accessible areas of the inner surface of the tower trunk

Табл. 2. Результати інструментальних замірів кроків робочої арматури із їх статистичною обробкою у монолітній тонкостінній залізобетонній циліндричній оболонці стовбура башти

Table 2. The results of instrumental measurements of the steps of the working reinforcement with their statistical processing in a monolithic thin-walled reinforced concrete cylindrical shell of the tower trunk

№ ділянки замірів	Відмітка розташування ділянки замірів	Кроки та діаметри вертикальної арматури класу А-III (заміри горизонтальні)				Кроки та діаметри горизонтальної арматури класу А-III (заміри вертикальні)			
		S_g , мм	$S_{g,m}$, мм	L_g , мм	\varnothing , мм	S_v , мм	$S_{v,m}$, мм	L_v , мм	\varnothing , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,500	270	238	950	20	170	204	730	12; 16
		215				190			
		240				210			
		225				160			
		240				290			
2	0,500	190	211	1055	20	150	213	1065	12; 20
		215				230			
		230				245			
		250				230			
		170				210			
3	3,600	200	243	970	20	150	205	800	12
		215				200			
		255				220			
		300				230			
		245				225			
4	3,600	230	231	1155	20	190	173	865	12
		190				215			
		220				120			
		215				140			
		300				200			
5	7,600	240	231	1155	20	225	204	1020	12; 20
		175				160			
		195				185			
		260				210			
		285				240			
6	7,600	190	218	1090	20	210	168	840	12; 20
		105				115			
		200				135			
		235				160			
		360				220			
7	7,600	215	231	1155	20	140	183	915	12; 16; 20
		170				170			
		220				190			
		330				200			
		220				215			

Продовження Табл.2
Continuation of Table 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	12,100	230	221	1105	20	220	212	1060	12
		200				120			
		210				190			
		245				250			
		220				280			
9	12,100	200	229	1145	20	120	208	1040	12; 20
		210				170			
		235				200			
		280				250			
		220				300			
10	12,100	210	247	1480	20	240	207	1240	12
		250				230			
		270				220			
		210				160			
		320				190			
		220				200			
Середні значення:		223,2	230,0	Проектна вертикальна арматура до відм. 19 м 5Ø20А-III/1п.м, крок 200 мм	192,6	197,7	Проектна горизонтальна арматура 5Ø12А-III/1п.м, крок 200 мм		
Стандартне відхилення:		54,5	11,1		52,6	16,6			
Коефіцієнт варіації, U :		0,24	0,05		0,27	0,08			
Нормативні значення 95%:		312,5	248,1		278,8	224,8			
Граничні значення 99,97%:		386,6	263,1		350,3	247,3			
$\gamma_{s,i}$ – коефіцієнт надійності за кроком арматури		1,24	1,06		1,26	1,10			
Максимальне значення:		360	243		300	213			
Коеф. $\gamma_{s,99}$ збільшення проектного кроку до граничного кроку $S_{s,l}$		1,93	1,32		1,75	1,24			
Пропонується прийняти для розрахунків граничні значення $s_{s,l}$, отримані за статистичною обробкою середніх даних по ділянках зондування		250				250			
			4Ø20А-III/1п.м			4Ø12А-III/1п.м			

Метод оцінки мінливості кроків арматури. На поверхні монолітної залізобетонної оболонки вибирали характерні ділянки контролю (ХДК), вільні від захисних шарів бетону і на які мали доступ з рихтувань.

За ХДК приймали розмір L_f , направлений перпендикулярно до осей арматурних стрижнів, крок яких контролюється: не менше $L_f \geq 1$ м і не менше $L_f \geq s_i \times n_i = s_i \times 6$, де s_i – одиничне значення кроку арматури; n_i – загальне число одиночних значень кроків арматури на одній i -й ХДК.

Прийнято, що сумарна кількість одиноч-

них значень кроків арматури $\sum_{i=1}^n n_i$ по усіх ХДК не повинна бути меншою за 30 шт.

Середній крок арматури $s_{m,i}$ по ХДК визначали за формулою (1).

$$s_{m,i} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (1)$$

Для усіх ХДК вираховували середній

крок арматури, середнє квадратичне відхилення $\sigma_{m,i}$. За числа $n \geq 6 \div 8$ одиночних значень кроків s_i , середнє квадратичне відхилення $\sigma_{m,i}$ кроків арматури на кожній ХДК конструкції, визначали за формулою (2):

$$\sigma_{m,i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - s_{m,i})^2}{\sum_{i=1}^n n_i - 1}} \quad (2)$$

Коефіцієнт варіації кроків U_s визначали, по усіх обстежених ХДК на поверхні оболонки, за формулою (3):

$$U_s = \frac{\sigma_{m,i}}{s_{m,i}} \quad (3)$$

Для прийняття потрібного розрахункового кроку s_{theor} , у якому враховано мінливість кроків арматури, визначали для двох рівнів забезпеченості 95% та 99,97% та відповідні до них, статистичні кроки: нормативний розрахунковий $s_{s,II}$ і граничний розрахунковий $s_{s,I}$:

$$s_{s,II} = s_m \cdot (1 + 1,64 \cdot U_s) \quad (4)$$

$$s_{s,I} = s_m \cdot (1 + 3 \cdot U_s) \quad (5)$$

Коефіцієнти $\gamma_{s,95}$, $\gamma_{s,99}$ необхідного збільшення проектного кроку арматури s до відповідних значень $s_{s,II}$ та $s_{s,I}$ для усіх обстежених ХДК оболонки:

$$\gamma_{s,95} = s_{s,II} / s \quad (6)$$

$$\gamma_{s,99} = s_{s,I} / s \quad (7)$$

Для перевірного розрахунку тонкостінної плитної конструкції, за двома групами граничних станів слід коефіцієнт $\gamma_{s,i}$ за п. 3.2.6.10 [6] прирівняти до $\gamma_{s,II}$ або $\gamma_{s,I}$ за відповідними формулами (6) та (7) і прийняти відповідний один з кроків $s_{s,II}$ або $s_{s,I}$, при якому одне з можливих комбінацій зусиль (наприклад: N_I , N_{II} або M_I , M_{II}) по арматурі на ширині 1 м конструкції матиме менше

значення несучої здатності але більші деформації.

ВИСНОВКИ

Як показали натурні дослідження, армування монолітного стовбура башти виконане зі значними відхиленнями від проектного рішення - занижені площі робочої арматури за рахунок необґрунтованого збільшення кроків між осями арматурних стрижнів. Виявлено, що кроки робочої та конструктивної арматури мають значну мінливість.

Загальна мінливість ($U_i = 24\% \div 27\%$) кроків робочої арматури, виявлена по окремих ділянках монолітного стовбура башти, вказує на недостатню ретельність їх закріплення при монтажі в межах внутрішніх та зовнішніх сіток, що призводить до істотного перерозподілу зусиль при умовно рівномірно-розподіленому навантаженні на стовбур башти та до зниження її експлуатаційної надійності по відношенню до проектного рішення.

У діючих нормах не розроблена методика врахування мінливості при значних відхиленнях укладання арматурних стрижнів з фактичними їх кроками на фіксованих характерних ділянках контролю у монолітних тонкостінних залізобетонних плитних конструкціях. Виконання кроків арматури, з порушенням допусків по відношенню до проектних рішень, може істотно вплинути на зниження експлуатаційної придатності тонкостінних залізобетонних конструкцій.

Під час аналізу мінливості армування плитних конструкцій виявлено, що недоліком є постійне допустиме значення відхилень ± 20 мм у віддалі між осями окремо встановлених робочих стрижнів арматури. За різних значень проектних кроків між осями арматури, наприклад, при малих значеннях кроків робочої арматури, може дати суттєве зменшення або збільшення фактичних зусиль в арматурі від проектних значень.

Отримані дані кроків армування s_i

монолітного залізобетонного стовбура башти та їх статистична обробка загалом по башті дали можливість оцінити їх мінливість та прийняти значення кроків $s_{s,II}$ та $s_{s,I}$ для виконання перевірних розрахунків стовбура башти та гарантований (усталений чи перехідний) резерв її несучої здатності відповідно до коефіцієнта надійності за відповідальністю γ_n .

За необхідності, можна застосувати конструктивні заходи [11] для забезпечення необхідної несучої здатності та необхідного рівня тріщиностійкості залізобетонної конструкції на технологічні навантаження, температурні впливи і тим самим ліквідувати недоліки якості виконання будівельних робіт у таких конструкціях, включаючи і дефект мінливості кроків арматури.

ЛІТЕРАТУРА

1. **ДБН В.1.2-14:2018.** Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – Київ: Мінбуд України, 2019.
2. **Гладишев Г.М.** Оцінка технічного стану залізобетонних конструкцій силосів корпусу №6 на заводі ВАТ „Миколаївцемент”. Захист від корозії і моніторинг залишкового ресурсу промислових будівель, споруд та інженерних мереж // *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції.* – Донецьк: САМК, 2003. – С. 386 – 394.
3. **Гладишев Г.М., Гладишев Д.Г.** Оцінка мінливості кроків арматури у монолітній залізобетонній плиті надсилосного перекриття // *Вісник ДонНАБА. Збірник наукових праць “Сучасне промислове та цивільне будівництво”.* Т. 1, №1. 2005р. С. 33 – 41.
4. **Гладишев Д.Г., Гладишев Г.М.** Дослідження технічного стану будівель, споруд та їх елементів: монографія. – Львів. Видавництво Львівської політехніки, 2012. 304 с.
5. **ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015.** Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій. – Київ, Мінрегіон України, 2015.
6. **ДБН Б.В.2.6-98:2009.** Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ, Мінрегіонбуд України, 2011.

7. **ДСТУ Б.В.2.6-4-95.** Конструкції будинків і споруд. Конструкції залізобетонні. Магнітний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури. – Київ, Держбуд України, 1995.
8. **Zatar, W.A., Nguyen, H.D. & Nghiem, H.M.** (2020). Ultrasonic pitch and catch technique for non-destructive testing of reinforced concrete slabs. *Journal of Infrastruct Preserv Resil* 1:12. doi: 10.1186/s43065-020-00012-z.
9. **Michitaka Hori, Ryouyusuke Sana & Mochimitsu Komori.** (2014). Estimation Method of the Positions of Reinforcing Steel Bars by using Pulsed Magnetization. *Journal of International Council on Electrical Engineering*, 4:4, 315-319. <http://doi: 10.1080/22348972.2014.1101188>.
10. **Utsi Vincent & Utsi Erica.** (2004). Measurement of reinforcement bar depths and diameters in concrete. *Tenth International Conference on Ground Penetrating Radar*, 659 – 662. doi: 10.1109/ICGPR.2004.179831.
11. **ДБН В.3.1-2:2016.** Ремонт і підсилення несучих і огорожуючих будівельних конструкцій та основ будівель і споруд. – Київ, ДП „УкрНДНЦ”, 2017.

REFERENCES

1. **DBN V.1.2-14:2018.** Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob'ektiv. Zahalni pryntsyipy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud. – Kyiv: Minbud Ukrainy, 2019. (in Ukrainian).
2. **Hladyshev H.M.** Otsinka tekhnichnoho stanu zalizobetonnykh konstrukttsii sylosiv korpusu №6 na zavodi VAT „Mykolaivtsement”. Zakhyst vid korozii i monitorynh zalyshkovoho resursu promyslovykh budivel, sporud ta inzhenernykh merezh // *Materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii.* – Donetsk: SAMK, 2003. – S. 386 – 394. (in Ukrainian).
3. **Hladyshev H.M., Hladyshev D.H.** Otsinka minlyvosti krokiv armatury u monolitnii zalizobetonnii plyti nadylosnoho perekryttia // *Visnyk DonNABA. Zbirnyk naukovykh prats “Suchasne promyslove ta tsyvilne budivnytstvo”.* Т. 1, №1. 2005r. S. 33 – 41. (in Ukrainian).
4. **Hladyshev D.H., Hladyshev H.M.** Doslidzhennia tekhnichnoho stanu budivel, sporud ta yikh elementiv: monohrafiia. – Lviv. Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 2012. 304 s. (in Ukrainian).

5. **DSTU-N B V.2.6-203:2015.** Nاستanova z vykonannya robot pry vyhotovlenni ta montazhi budivelnykh konstrukttsii. – Kyiv, *Minrehion Ukrainy*, 2015. (in Ukrainian).
6. **DBN B.V.2.6-98:2009.** Konstrukttsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstrukttsii. Osnovni polozhennia. – Kyiv, *Minrehionbud Ukrainy*, 2011. (in Ukrainian).
7. **DSTU B.V.2.6-4-95.** Konstrukttsii budynkiv i sporud. Konstrukttsii zalizobetonni. Mahnitnyi metod vyznachennia tovshchyny zakhysnoho sharu betonu i roztashuvannia armatury. – Kyiv, *Derzhbud Ukrainy*, 1995. (in Ukrainian).
8. **Zatar, W.A., Nguyen, H.D. & Nghiem, H.M.** (2020). Ultrasonic pitch and catch technique for non-destructive testing of reinforced concrete slabs. *Journal of Infrastruct Preserv Resil 1:12*. doi: 10.1186/s43065-020-00012-z.
9. **Michitaka Hori, Ryousuke Sana & Mochimitsu Komori.** (2014). Estimation Method of the Positions of Reinforcing Steel Bars by using PulsedMagnetization. *Journal of International Council on Electrical Engineering*, 4:4, 315-319. doi: 10.1080/22348972.2014.1101188.
10. **Utsi Vincent & Utsi Erica.** (2004). Measurement of reinforcement bar depths and diameters in concrete. *Tenth International Conference on Ground Penetrating Radar*, 659 - 662. doi: 10.1109/ICGPR.2004.179831.
11. **DBN V.3.1-2:2016.** Remont i pidsylennia nesuchykh i ohorodzhuiuchykh budivelnykh konstrukttsii ta osnov budivel i sporud. – Kyiv, *DP „UkrNDNTs”*, 2017. (in Ukrainian).

ESTIMATION OF VARIABILITY OF STEPS OF ARMATURE IN A MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE COVER OF A TOWER INDUSTRIAL CONSTRUCTION

*Hennadii HLADYSHEV,
Dmytro HLADYSHEV,
Roman ZHURAVLOV*

Summary. The work considers one of the possible reasons for reducing the operational reliability of monolithic thin-walled load-bearing reinforced concrete structures of existing industrial structures in relation to their design solution. As

this reason is considered the variability of distances between axes of cores of working inspected armature of such designs is quite common.

Comparison of design solutions with the quality of construction and installation work makes it possible to identify the influence of unaccounted factors in the design of monolithic thin-walled reinforced concrete structures, which reduce their serviceability due to variability of concrete strength characteristics and actual longitudinal and transverse reinforcement due to variability of working steps. While processing the results of the survey of monolithic reinforced concrete thin-walled structures, which perceive the efforts of different levels, the question arises: which step of the working reinforcement, from a large number of actually measured steps, to choose in verified calculations – average or maximum, with extras.

In the current norms, an indicator as the average value of concrete strength for the calculation of reinforced concrete monolithic slab structures does not appear, but is used as a statistically reasonable value of concrete strength, which takes into account its normalized variability with 95% security.

Regulatory documents statistically estimates the variability of reinforcement strength. At the same time, they do not take into account the variability of the actual reinforcement of monolithic reinforced concrete structures, which is the subject for reconstruction of additional loads, but they are made without observing the design distances between the reinforcement in these structures.

When performing verified calculations of such structures for different design situations, to develop working designs for overhaul, reinforcement, reconstruction or dismantling, it is necessary to determine which actual step of the working reinforcement should be taken with other defined design parameters of the structure.

The authors instrumentally investigated and statistically analyzed the data of reinforcement of the monolithic reinforced concrete shell of the tower structure, which made it possible to reasonably accept the values of the reinforcement steps in the test calculations.

Keywords. Tower industrial construction; variability of reinforcement steps; monolithic reinforced concrete shell.

Стаття надійшла до редакції 10.10.21