

Б. Д. Бачишин канд. техн. наук, доцент кафедри геодезії та картографії,
Національний університет водного господарства
та природокористування, м. Рівне

ПОБУДОВА ЕМПІРИЧНОЇ ФОРМУЛИ ГРАНИЧНОГО ВІДХИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН ВІД ВЕРТИКАЛІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЇХ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ

Побудовано спрощену емпіричну формулу для практичного визначення граничного відхилення залізобетонних колон від вертикалі на основі методу, який враховує напружено-деформований стан конструкції, виходячи з Гаусового показника надійності колони. Формула отримана на основі обробки статистичних даних різних колон на різних поверхнях різноманітних об'єктів. Досліджено лінійну та степеневу функції для апроксимуючої кривої. Для зручності практичного застосування рекомендовано найпростіший варіант кривої тренду – лінійну. В якості аргументу кривої використано площу поперечного перерізу бетону, віднесено до довжини (висоти) колони. В цій площі враховано площу арматури. Лінійна емпірична залежність з таким аргументом дала високе значення показника надійності тренду.

Ключові слова: емпірична формула, граничне відхилення, напружено-деформований стан, залізобетонна колона.

Вступ. Врахування впливу похибок геодезичного забезпечення на зміну зусиль в конструкції та встановлення точності такого забезпечення на основі аналізу змін цих зусиль залишається актуальною задачею в інженерній геодезії. Дослідження проводяться для різноманітних типів конструкцій. Такий підхід видається найбільш природнім адже похибки геодезичних робіт розглядаються не самі по собі, а як один із факторів, які погіршують функціонування конструкції. В цій статті будуть розглянуті питання отримання формули для практичного визначення граничного відхилення залізобетонних колон від вертикалі.

Аналіз досліджень та публікацій. Обґрунтуванню точності геодезичних робіт виходячи із аналізу напружено-деформованого стану унікальних будівельних споруд (будівельних оболонки, вантових покриттів, баштових споруд, мостових переходів, фундаментів газокompресорних станцій) присвячені роботи [2, 4, 5]. В нормативних будівельних документах регламентуються допустимі відхилення при спорудженні (монтажі) залізобетонних колон [3] в залежності від висоти колони. Спробу визначити ці ж відхилення на основі врахування впливу похибок всіх технологічних етапів спорудження колони на зміну зусиль та опору останньої реалізовано в публікації [1], автори якої отримали формули для граничного відхилення колони від вертикалі та порівняли вираховані значення з тими, що приведені в [3]. Результати виявилися співрозмірними, близькими. Як і очікувалося, автори [1] отримали диференційовані значення граничних відхилень для колон однакової довжини,

тому, що цей метод враховує опір та зусилля конструкції а також їх варіації та варіації аргументів опору та зусилля. Безумовно, що цей метод є більш повним і універсальним, адже враховує, крім того, імовірнісний показник надійності всієї конструкції. Але формула граничного відхилення колони від вертикалі, приведена в [1] є дуже громіздкою, вимагає знання багатьох параметрів (зусилля, ексцентриситету прикладання зусилля, нормативних призмових міцностей бетону та арматури, ширини перерізу колони, висота стисненої зони бетону, робочої висота перерізу, номінальної висоти перерізу, товщини захисного шару бетону та багато інших – загалом 20 параметрів), і зрозуміло, що для повсякденного використання є малоприматною.

Тому є потреба в отриманні простої, зручної формули з мінімальною кількістю аргументів, яку можна було б легко застосовувати практично.

Постановка завдання. Необхідно отримати просту, зручну формулу з мінімальною кількістю аргументів для визначення граничного відхилення залізобетонних колон від вертикалі, спираючись на аналіз напружено-деформованого стану конструкцій, виходячи з Гаусового показника надійності колони.

Основна частина. Середня квадратична похибка неvertикальності колони визначається в [2] за формулою

$$m_m = \sqrt{\frac{m_R^2 - b^2 x^2 (h_0 - 0.5x)^2 m_{R_b}^2 - (A'_S (h_0 - a'))^2 m_{R_s}^2 - (R_S (h_0 - a'))^2 m_{A'_S}^2 - (R_S A_S)^2 m_{a'}^2}{R_b^2 x^2 (h_0 - 0.5x)^2 + R_b^2 b^2 (h_0 - x)^2 + (R_b \cdot b \cdot x + R_S \cdot A'_S)^2}}, \quad (1)$$

де R_b, R_S – нормативна призмova міцність бетону та арматури відповідно, b – номінальна ширина перерізу колони, x – висота стисненої зони бетону, h_0 – робоча висота перерізу, h – номінальна висота перерізу, a' – захисний шар бетону для стиснутої арматури, A'_S – номінальна площа перерізу арматури в стисненій зоні, m_{R_b} – середня квадратична похибка визначення призмової міцності бетону, m_{R_S} – середня квадратична похибка опору сталі, $m_{A'_S}$ – середня квадратична похибка площі перерізу арматури в стисненій зоні, $m_{a'}$ – середня квадратична похибка товщини захисного шару бетону.

Середня квадратична похибка опору знаходять з формули:

$$m_R = \frac{m_S - \sqrt{m_S^2 - 4 \left(\frac{R - S}{\beta_g} \right)^2}}{2}, \quad (2)$$

де R – опір, S – зусилля, β_g – Гаусовий показник надійності, що відповідає імовірнісному показнику $H(0)$, m_R, m_S – відповідно середні квадратичні похибки опору та зусилля [2]. Опір R , зусилля S та середню квадратичну похибку зусилля визначають відповідно за формулами (2) і (3) в [2].

Перехід до граничного відхилення колони від вертикалі, викликаного похибками геодезичних розмічувальних, монтажних робіт та похибками виготовлення і деформації колони здійснюють за формулою:

$$\delta_{\Gamma} = \frac{2.5m_m}{\sqrt{10}} \quad (3)$$

За формулами (1) – (3) приведеними тут були розраховані граничні відхилення від вертикалі для 32 різних колон на різних поверхах різних об'єктів на Рівненщині, які споруджувалися в 2010 – 2017 рр. Вихідні дані для розрахунків та результати розрахунків приведені відповідно в таблицях 1 і 2.

Наступний етап - на основі аналізу статистичних даних табл.1 і табл.2 отримати просту та зручну емпіричну формулу для обчислення граничного відхилення колони від вертикалі.

Таблиця 1

Вихідні дані для розрахунків

Об'єкт	b , м	h , м	$a = a'$, см	S_{cm} , Н	A_S , кв.см.	L , м
Нетішин 9	0,4	0,4	4,75	589379,7	8,04	3,5
Молокозавод 1	0,4	0,4	4,75	1057157	8,04	5,0
Молокозавод 2	0,4	0,4	4,75	1775984	8,04	5,0
Сковороди 1	0,4	0,4	5,5	681562	25,12	4,8
Сковороди 3	0,4	0,4	5,5	777667	25,12	4,8
Сковороди 5	0,4	0,4	5,5	640374	25,12	4,8
Сковороди 6	0,5	0,5	5,5	2126082	25,12	4,8
Сковороди 8	0,5	0,5	5,5	2184922	25,12	4,8
Сковороди 9	0,5	0,5	5,5	1906413	25,12	4,8
Сковороди 10	0,5	0,5	5,5	2486966	25,12	4,8
Сковороди 11	0,5	0,5	5,5	1890722	25,12	4,8
Сковороди 12	0,5	0,5	5,5	2404591	25,12	4,8
Сковороди 13	0,5	0,5	5,5	1884838	25,12	4,8
Сковороди 14	0,5	0,5	5,5	1394506	25,12	3,0
Київська 1	0,4	0,4	5,5	1713222	50,02	3,1
Київська 2	0,4	0,4	5,5	1666150	50,02	3,1
Київська 3	0,4	0,4	5,5	1981924	50,02	3,1
Київська 4	0,4	0,4	5,5	1875031	50,02	3,1
Київська 5	0,4	0,4	5,5	1752448	50,02	3,1
Кубанська 1	0,4	0,4	5,5	507004	35,54	3,4
Кубанська 2	0,4	0,4	5,5	778648	35,54	3,4
Моріон 2	0,4	0,4	5,5	1897587	27,66	3,75
Моріон 3	0,4	0,4	5,5	137293	27,66	3,7
Моріон 1	0,4	0,4	5,5	182404	27,66	3,75

Закінчення табл. 1

Небесної сотні 1	0,3	0,3	5,5	46778	12,56	3,0
Небесної сотні 2	0,3	0,3	5,5	59526	12,56	3,0
Небесної сотні 3	0,3	0,3	4,6	90123	12,56	3,0
Небесної сотні 4	0,3	0,3	5,5	69529	12,56	3,0
Небесної сотні 5	0,3	0,3	5,5	46876	12,56	3,0
Небесної сотні 6	0,3	0,3	4,5	104931	12,56	3,0
Небесної сотні 7	0,3	0,3	5,5	131409	12,56	3,0
Небесної сотні 8	0,3	0,3	5,5	116699	12,56	3,0

Таблиця 2

Результати розрахунків

Об'єкт	R, Нм	S, Нм	Приведена площа бетону, кв.м/1м	$\delta_r = 2.5m_r$ мм	$\delta_r = 2m_r$, мм	δ_r , мм з ДБН
Нетішин 9	556410	26674	0,051	34,0	27,2	20
Молокозавод 1	556410	14095	0,035	29,6	23,7	23
Молокозавод 2	556410	23680	0,035	21,4	17,1	23
Сковороди 1	729087	135332	0,045	30,8	24,6	23
Сковороди 3	729087	167694	0,045	29,2	23,4	23
Сковороди 5	729087	130428	0,045	31,4	25,1	23
Сковороди 6	1305888	35435	0,063	38,8	31,0	23
Сковороди 8	1305888	49426	0,063	37,9	30,3	23
Сковороди 9	1305888	31774	0,063	40,7	32,6	23
Сковороди 10	1305888	41449	0,063	35,6	28,5	23
Сковороди 11	1305888	31512	0,063	40,8	32,6	23
Сковороди 12	1305888	40077	0,063	36,4	29,1	23
Сковороди 13	1305888	36481	0,063	40,7	32,6	23
Сковороди 14	1305888	54329	0,101	43,5	34,8	23
Київська 1	530959	22843	0,087	36,6	29,3	23
Київська 2	530959	22215	0,087	37,1	29,7	23
Київська 3	530959	26426	0,087	34,1	27,3	23
Київська 4	530959	25000	0,087	34,8	27,8	23
Київська 5	530959	23366	0,087	35,5	28,4	20
Кубанська 1	850015	19507	0,070	41,8	33,4	20
Кубанська 2	850015	30695	0,070	39,4	31,5	20
Моріон 2	758591	25301	0,059	28,0	22,4	20
Моріон 3	758591	82866	0,059	38,1	30,4	20

Закінчення табл. 2

Моріон 1	758591	81787	0,059	37,8	30,2	20
Небесної сотні 1	258817	23340	0,039	24,9	19,9	20
Небесної сотні 2	258817	13337	0,039	26,1	20,9	20
Небесної сотні 3	281797	52269	0,039	23,4	18,7	20
Небесної сотні 4	258817	30106	0,039	23,9	19,1	20
Небесної сотні 5	258817	22163	0,039	25,1	20,1	20
Небесної сотні 6	284350	25693	0,039	26,9	21,5	20
Небесної сотні 7	258817	26772	0,039	24,0	19,2	20
Небесної сотні 8	258817	21378	0,039	24,7	19,8	20

При апроксимації статистичних даних та визначенні емпіричної формули слід керуватися такими вимогами: кількість характеристик колони, включених до аргументу чи використаних в якості аргументу функції повинна бути мінімальною і ці характеристики повинні бути такими, щоб їх можна було легко отримати, а вид апроксимуючої кривої повинен бути якомога простішим із забезпеченням відповідного рівня надійності вибраного тренду.

В якості аргументу апроксимуючої функції були спроби використати такі характеристики:

- площа поперечного перерізу колони $b \cdot h$;
- площа перерізу арматури стисненій зоні A'_s ;
- сума двох попередніх площ $b \cdot h + A'_s$;
- сума цих площ, віднесена до довжини колони $(b \cdot h + A'_s) / L$;
- різниця між опором та зусиллям, поділена на Гаусовий показник надійності;

При побудові тренду на основі 4-х перших характеристик було отримано слабку чи середню градацію зв'язку вибраного тренду та статистичного ряду, іншими словами зв'язок між обраною характеристикою та граничною похибкою виявився слабким. Кращий результат було отримано для 5-го показника – різниці між опором та зусиллям, але для практичного використання такого тренду кожен раз геодезистові необхідно буде вирахувати опір та зусилля в колоні, які залежать загалом від 20 характеристик.

Найбільш надійним виявся зв'язок апроксимуючої кривої із статистичними даними (див рис.1, 2), коли в якості аргументу було використано площу поперечного перерізу бетону разом з площею арматури, віднесено до довжини (висоти) колони

$$A_B = (b \cdot h + A'_s \frac{R_s}{R_b}) / L. \quad (4)$$

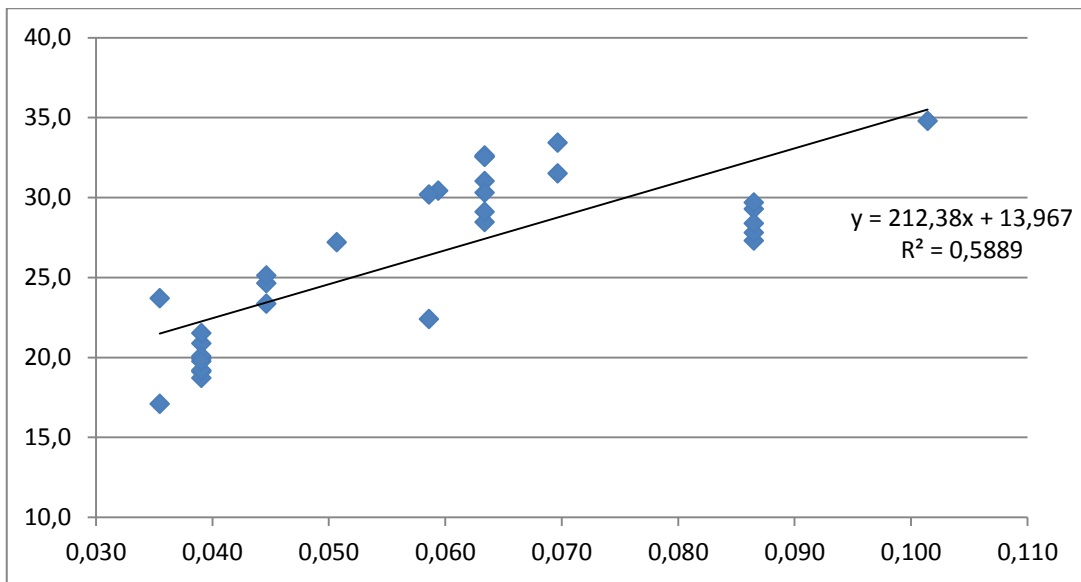


Рис.1 Статистичний ряд та крива апроксимації у вигляді лінійної функції. Вздовж вертикалі – граничне відхилення δ_r (в мм), вздовж горизонталі – приведена площа поперечного перерізу бетону колони (в кв.м./1м)

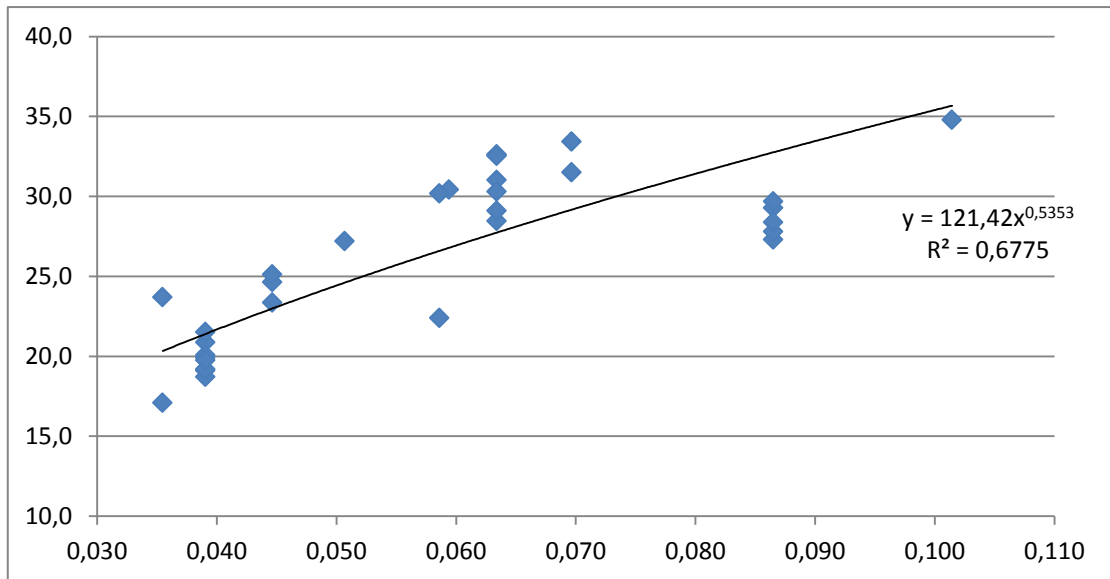


Рис.2 Статистичний ряд та крива апроксимації у вигляді степеневі функції. Вздовж вертикалі – граничне відхилення δ_r (в мм), вздовж горизонталі – приведена площа поперечного перерізу бетону колони (в кв.м./1м)

В якості апроксимуючої кривої вибрано найпростіші варіанти залежності – лінійну (див. рис.1)

$$\delta_r = 212,38 \cdot A_B + 13,967 \tag{5}$$

та степеневу (див. рис.2) функції

$$\delta_r = 121,42 \cdot A_B^{0,5353} \tag{6}$$

Трохи вищий показник детермінації R^2 (надійності встановленого тренду) виявився у степеневі функції ($R^2=0,6775$) у порівнянні з лінійною ($R^2=0,5889$).

Ще кращий результат показала крива апроксимації у вигляді поліному. Причому із зростанням ступеню поліному зв'язок виявлявся кращим. Але така крива вимагає значно більших обчислень для вирахування граничного відхилення, що незручно для практичного використання. До того ж такий поліном мав кращу надійність через обмежену кількість статистичних даних – на рис. 1, 2 добре видно «прогалини» для значень приведеної площі поперечного перерізу бетону від 0,07 до 0,87 та від 0,09 до 0,10 кв.м./1м.

Ще було апробовано в якості аргументу кривої тренду приведену площу бетону без врахування захисного шару бетону, але така характеристика показала гірший результат за показником надійності тренду.

Для подальшої оцінки точності апроксимації було вираховано середні квадратичні похибки апроксимації за формулою Беселя $m_{\delta_r} = 3.38$ мм для лінійної функції та $m_{\delta_r} = 1.13$ мм для степеневі функції, кореляційну матрицю для лінійної залежності

$$M = \begin{pmatrix} 1049.6735 & -61.0675 \\ -61.0675 & 3.9103 \end{pmatrix}$$

та для степеневі функції

$$M = \begin{pmatrix} 562.0535 & 2.3354 \\ 2.3354 & 0.0181 \end{pmatrix}.$$

За кореляційними матрицями вираховані похибки параметрів емпіричної формули (5) для лінійної функції $m_{C_1} = 32.4$ $m_{C_2} = 2.0$, та емпіричної формули (6) для степеневі функції $m_{C_1} = 23.7$ та $m_{C_2} = 0.13$. Тоді параметри емпіричних формул можна записати $C_1 = 212.38 \pm 32.4$, $C_2 = 13.967 \pm 2.0$ для (5) та $C_1 = 121.42 \pm 23.7$, $C_2 = 0.5353 \pm 0.13$ для (6). Наостанок вираховано коефіцієнт кореляції параметрів емпіричних формул $R_{C_1 C_2} = -0.95$ для (5), та $R_{C_1 C_2} = 0.99$ для степеневі функції. Оцінка точності показує дещо кращий результат для степеневі функції (6).

На останок були вираховані допустимі відхилення від вертикалі для всіх колон за формулами (5) і (6). В тому числі до аналізу були долучені 5 колон, дані яких не використовувалися для побудови емпіричних формул: адмін_центр, набережний квартал, Сквороди 14, Сквороди 4 та Сквороди 2. Максимальне розходження склало 1,17 мм, а середня квадратична похибка, вирахована за формулою Гауса за різницями з таблиці (2) як для подвійних рівноточних вимірів – $m_p = 0.58$ мм. Це дає підстави рекомендувати для практичних розрахунків лінійну емпіричну залежність (5).

Граничні відхилення колон від вертикалі, обчислені за емпіричними формулами (5) та (6)

Об'єкт	δ_G , мм з формули		різниця	Об'єкт	δ_G , мм з формули		різниця
	(5)	(6)			(5)	(6)	
Нетішин 9	24,73	24,60	0,13	Кубанська 1	28,76	29,17	-0,41
Молокозавод 1	21,50	20,33	1,17	Кубанська 2	28,76	29,17	-0,41
Молокозавод 2	21,50	20,33	1,17	Моріон 2	26,42	26,60	-0,18
Сковороди 1	23,45	22,99	0,46	Моріон 3	26,58	26,79	-0,20
Сковороди 3	23,45	22,99	0,46	Моріон 1	26,42	26,60	-0,18
Сковороди 5	23,45	22,99	0,46	Небесної сотні 1	22,26	21,40	0,86
Сковороди 6	27,43	27,74	-0,30	Небесної сотні 2	22,26	21,40	0,86
Сковороди 8	27,43	27,74	-0,30	Небесної сотні 3	22,26	21,40	0,86
Сковороди 9	27,43	27,74	-0,30	Небесної сотні 4	22,26	21,40	0,86
Сковороди 10	27,43	27,74	-0,30	Небесної сотні 5	22,26	21,40	0,86
Сковороди 11	27,43	27,74	-0,30	Небесної сотні 6	22,26	21,40	0,86
Сковороди 12	27,43	27,74	-0,30	Небесної сотні 7	22,26	21,40	0,86
Сковороди 13	27,43	27,74	-0,30	Небесної сотні 8	22,26	21,40	0,86
Сковороди 14	35,51	35,67	-0,16	Адмін центр	34,80	35,04	-0,24
Київська 1	32,34	32,75	-0,42	Набережний квартал	22,19	21,30	0,89
Київська 2	32,34	32,75	-0,42	Сковороди 14	35,51	35,67	-0,16
Київська 3	32,34	32,75	-0,42	Сковороди 4	23,45	22,99	0,46
Київська 4	32,34	32,75	-0,42	Сковороди 2	23,45	22,99	0,46
Київська 5	32,34	32,75	-0,42				

Висновок. Отримані результати свідчать про таке:

1. Побудовано емпіричну формулу для визначення граничного відхилення колон від вертикалі, яка дає високе значення показника надійності тренду. Вибрано найпростіший варіант формули – пряму лінію, що дозволить досить швидко та просто обчислити граничну похибку.

2. Вдалося підібрати простий аргумент апроксимуючої функції – площу поперечного перерізу бетону з врахуванням площі арматури, віднесену до висоти колони.

3. Емпірична формула побудована за статистичними даними, отриманими на основі методу, що враховує вплив похибок технологічного ланцюжка монтажу на зміну зусиль та опору колони з врахуванням імовірного показника надійності конструкції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бачишин Б. Д. Обґрунтування граничного відхилення залізобетонних колон від вертикалі на основі аналізу їх напружено-деформованого стану / Б. Д. Бачишин, Д. В. Ярмолін // Інженерна геодезія. – К. –2018.– Вип.65. – С. 9–16.
2. Егоров А. И. Расчет допустимой технологической погрешности возведения сооружений башенного типа / А. И. Егоров, А. П. Исаев // Інженерна геодезія. – К. – 2002. – Вип.48. – С. 94–99.
3. Несущие и ограждающие конструкции: СНиП 3.03.01-87 – М.: Стройиздат, 1991. – 192 с.
4. Староверов В. С. Методика визначення точності геодезичних робіт при будівництві мостових переходів шляхом моделювання напружено-деформованого стану конструкцій / В. С. Староверов, О. В. Адаменко // Вісник геодезії та картографії. – К. –2009.– №5. – С. 7–12.
5. Чібіряков В. К. Визначення точності геодезичних робіт при будівництві аркових мостових опор / В. К. Чібіряков, В. С. Староверов, О. В. Адаменко // Інженерна геодезія. – К. – 2010. – Вип.55. – С. 195–203.

REFERENCES

1. Bachyshyn, B. D., Yarmolin D. V. (2018). Obhruntuvannia hranychnoho vidhylennja zalizobetonnykh kolon vid vertykali na osnovi analizu jikh napruzhenodeformovanogo stanu [Justification of the boundary deviation of reinforced concrete columns from the vertical based on the analysis of their stress-strain state]. *Inzhenerna heodeziia – Engineering geodesy*, 65, 9–16 [in Ukrainian].
2. Jehorov, A. I. & Isajev, A. P. (2002). Raschet dopustimoj tehnologicheskoy pogreshnosti vozvedenija sooruzhenij bashennogo tipa [Calculation of allowable technological error the construction of tower type structures]. *Inzhenerna geodezija – Engineering geodesy*, 48, 94–99 [in Russian]
3. Nesushchie i ohrazhdaiushchie konstruksiji [Supporting and protecting structures]. (1987). SNIP 3.03.01-87 from 1st June 1987 - Moscow: TSTIP USSR State Construction Committee [in Russian].
4. Staroverov, V. S. & Adamenko, O.B. (2009). Metodyka vyznachennja tochnosti heodezychnyx robit pry budivnytsvi mostovykh perekhodiv shljakhom modeljuvannja napruzhenodeformovanoho stanu konstruksiy [Technique of determining the accuracy of geodetic work at the construction of highway stream crossings by modeling the stress-strain state of structures]. *Вісник геодезії та картографії. Visnyk heodeziji ta kartografiji – Bulletin of Surveying and Mapping*, 5, 7–12 [in Ukrainian].
5. Chibirjakov, V. K. & Staroverov, V. S. & Adamenko, O.B. (2010). Vyznachennja tochnosti heodezychnyx robit pry budivnytsvi arcovykh mostovykh opor [Determining the accuracy of geodetic work at the building of arch bridge constructions]. *Inzhenerna geodezija – Engineering geodesy*, 55, 195–203 [in Ukrainian].

Б. Д. Бачишин

**ПОСТРОЕНИЕ ЭМПИРИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЫ ПРЕДЕЛЬНОГО
ОТКЛОНЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ОТ ВЕРТИКАЛИ НА
ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИХ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ**

Построено упрощенную эмпирическую формулу для практического определения предельного отклонения железобетонных колонн от вертикали на основе метода, который учитывает напряженно-деформированное состояние конструкции, исходя из Гауссова показателя надежности колонны. Формула получена на основе обработки статистических данных различных колонн на разных этажах различных объектов. Исследована линейная и степенная функции для аппроксимирующей кривой. Для удобства практического применения рекомендуется самый простой вариант кривой тренда - линейная. В качестве аргумента кривой использовано площадь поперечного сечения бетона, отнесенную к длине (высоты) колонны. В этой площади учтено площадь арматуры. Линейная эмпирическая зависимость с таким аргументом дала высокое значение показателя надежности тренда.

Ключевые слова: эмпирическая формула, предельное отклонение, напряженно-деформированное состояние, железобетонная колонна.

B. D. Bachyshyn

**CONSTRUCTION OF AN EMPIRICAL FORMULA
FOR THE BOUNDARY DEVIATION OF REINFORCED CONCRETE
COLUMNS FROM THE VERTICAL BASED ON THE ANALYSIS
OF THEIR STRESS-STRAIN STATE**

A simplified empirical formula was constructed to the practical determination of the boundary deviation of reinforced concrete columns from the vertical is constructed based on a method that takes into account the stress-strain state of the structure based on the Gaussian reliability index of the column. The formula is derived from the processing of statistics from different columns on different floors of different objects. The linear and power functions for the approximation curve are investigated. For the convenience of practical application, the simplest version of the approximating curve is chosen, the linear one. The argument of the trend curve is the cross-sectional area, related to the length (height) of the column, which takes into account the area of reinforcement due to the ratio of the normative prism strength of the reinforcement to the normative prism strength of concrete. The linear empirical dependence on this argument gave a high value of the trend reliability indicator - the coefficient of determination of R^2 is 0.59.

Keywords: empirical formula, boundary deviations, the stress-strain state, reinforced concrete column.

Надійшла до редакції

01.07.2019