



СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION
ТОМ 1, НОМЕР 1, 2005, 33-41
УДК 624.012.45

ОЦІНКА ВПЛИВУ МІНЛИВОСТІ КРОКІВ АРМАТУРИ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ МОНОЛІТНОЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ НАДСИЛОСНОГО ПЕРЕКРИТТЯ

Г.М. Гладішев, Д.Г. Гладішев

*Національний університет "Львівська політехніка", науково-проектна фірма "Реконстрпроект"
вул. К. Левицького, 87/36, 79017, м. Львів, Україна*

Отримана 26 листопада 2005, прийнята 2 грудня 2005

Анотація. Розглядаються питання можливого зниження експлуатаційної надійності монолітних залізобетонних плитних конструкцій по відношенню до їх проектного рішення за рахунок мінливості віддалей між осями стрижнів (кроків) робочої та конструктивної арматури.

Ключові слова: невраховані фактори при проектуванні, силосний корпус, плита надсилосного перекриття, інструментальне натурне дослідження, характерна ділянка контролю, дефект-мінливість кроків арматури, оцінка мінливості кроків арматури.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ ШАГА АРМАТУРЫ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ МОНОЛИТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ НАДСИЛОСНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ

Г.Н. Гладышев, Д.Г. Гладышев,

*Национальный университет "Львовская политехника", научно-проектная фирма "Реконстрпроект"
ул. К. Левицкого, 87/36, 79017, г. Львов, Украина*

Получена 26 ноября 2005, принята 2 декабря 2005

Аннотация. Рассматриваются вопросы возможного снижения эксплуатационной надёжности монолитных железобетонных плитных конструкций по отношению к их проектному решению за счёт колебания расстояний между осями стержней (шагов) рабочей и конструктивной арматуры.

Ключевые слова: неучтённые факторы при проектировании, силосный корпус, плита надсилосного перекрытия, инструментальное натурное исследование, характерный участок контроля, дефект - колебание шагов арматуры, оценка колебания шагов арматуры.

ESTIMATION OF INFLUENCE OF VARIABILITY OF A STEP OF ARMATURE ON BEARING ABILITY OF A MONOLITHIC REINFORCED PLATE OF SILAGE OVERLAPPING

G.N. Gladyshev, D.G. Gladyshev,

National University "Lviv polytechnics", scientific-engineering firm "Rekonstrproekt",
K. Levytskyi st., 87/36, 79017, Lviv, Ukraine

Received 26 November 2005; accepted 02 December 2005

Abstract. Questions of possible decrease of operational reliability of monolithic reinforced concrete designs of plates in relation to the project at the expense of fluctuation of distances between cores (steps) of the working and constructive fixture are considered.

Key words: not taken into account factors at designing, silos case, plate of overlapping above silos, tool natural research, characteristic site of the control, defect - fluctuation of steps of the fixture, estimation of fluctuation of steps of the fixture.

Актуальність врахування мінливості кроків арматури

Порівняльний аналіз проектних рішень з якістю виконання будівельно-монтажних робіт дав можливість виявляти вплив факторів, не врахованих при проектуванні монолітних залізобетонних плитних конструкцій перекриттів, які в деяких випадках призводять до зниження їх експлуатаційної надійності [5].

Як виявилось з результатів аналізу обстежень, характеру армування плитних конструкцій, або наближених до них елементів висотних споруд [12], до основних дефектів, які занижують їх фактичну несучу здатність, необхідно віднести і відхилення кроків робочої та конструктивної арматури від проектних значень. Ці відхилення істотні не тільки від проектних кроків, а й від середніх їх значень, як за окремими ділянками, так і по усій контрольованій плитній конструкції загалом.

Відхилення кроків робочої арматури в існуючих монолітних плитних конструкціях від вимог проектної документації слід розглядати як дефекти, що виникають на стадії монтажу армування монолітних плитних конструкцій за відсутності поопераційного контролю точності геометричних параметрів - кроків армування.

Під час контролю точності геометричних параметрів за ГОСТ 23616-79* [4] на кожному об'єкті контролю (одиниці продукції на заводі

залізобетонних виробів), як правило, приймають вибіркового виду контролю. Застосування ефективного вибіркового контролю приймають на основі результатів статистичного аналізу точності за ГОСТ 23615-79 [3], який при аналізі точності процесів виробництва елементів масового виготовлення враховує вибірки, відібрані через рівні проміжки часу залежно від об'єму виробництва та особливостей технологічного процесу. Для контролю точності геометричних параметрів армування у фіксований час проведення робіт при обстеженні монолітних залізобетонних плитних конструкцій у діючих спорудах методику [3] неможливо використати.

Порушення технологій контролю якості [9] та здачі готової продукції не дає можливості вчасно виявити вплив не проконтрольованого людського фактора на якість виконання будівельно-монтажних робіт. Тому, при перевірочних розрахунках за двома групами граничних станів згідно з діючими нормами [8] існуючих плитних конструкцій традиційно виникає питання, який крок робочої арматури з великої кількості заміряних кроків на досліджених ділянках конструкцій вибрати — середній чи максимальний з запасом?

Фактична мінливість армування монолітних залізобетонних плитних конструкцій перекриттів, за рахунок недотримання проект-

них кроків робочої арматури, в деяких випадках призводить до істотного зниження несучої здатності конструкції та відповідно і її надійності на проектні навантаження. Тому, оцінка мінливості кроків арматури для визначення коефіцієнта надійності за кроком армування плитних конструкцій є актуальною, поки що не вирішеною на рівні нормативної бази задачею.

Стан питання

У діючих нормах [8] України не фігурує такий показник, як середнє значення міцності бетону. Для розрахунків залізобетонних монолітних плитних конструкцій використовують статистичну величину міцності бетону — клас бетону [1, 8]. Норми [8] враховують мінливість нормативної міцності бетону $R_{b,ser}$ через фіксований коефіцієнт варіації $U=13,5\%$ з 95% забезпеченням його міцності. При цьому норми [8] оцінюють статистично, з 99,97% забезпеченням, і розрахункове значення міцності бетону на стиск $R_b = R_{b,ser} / \gamma_b$ через фіксований коефіцієнт надійності по бетону $\gamma_b = 1,3$.

Нормативні документи оцінюють статистично нормативні $R_{s,ser}$ та розрахункові R_s міцнісні характеристики арматури. Враховуючи коефіцієнти надійності по арматурі γ_s , $R_s = R_{s,ser} / \gamma_s$.

Діючі норми не враховують мінливість кроків арматури під час армування монолітних залізобетонних плитних конструкцій, які виконані з порушенням допустимих відхилень між осями окремих арматурних стрижнів [9, 11]. Ці нормативні документи розповсюджуються на виробництво та приймання робіт, які виконуються під час будівництва та реконструкції підприємств, будинків і споруд, в усіх галузях народного господарства при зведенні моно-

літних залізобетонних конструкцій. Під час укладання арматурних виробів у залізобетонні конструкції згідно з проектним рішенням, слід дотримуватись вимог табл. 1 [9, 11].

Згідно з [10] допустимі відхилення при установці арматури не нормуються. Звертається увага на застосування різних фіксаторів для забезпечення проектних віддалей між арматурними стрижнями та товщини захисних шарів бетону.

Для розрахунків фактичної несучої здатності та жорсткості існуючих залізобетонних монолітних плитних конструкцій, 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 [8, тощо] не розроблена методика оцінки мінливості армування за кроком арматури при обробці результатів інструментального контролю армування монолітних плитних конструкцій на діючих спорудах.

Інструментальне дослідження кроків арматури

Під час інструментального дослідження характеру армування надсилових перекриттів силосного корпусу №6 на заводі "Миколаївцемент" застосовували магнітний метод, який нормований за [2, 7]. Цим методом визначали: розташування арматури з замірами кроків між її осями, товщину захисного шару бетону, діаметри робочої та конструктивної арматури. Магнітний метод, який має стабільні параметри вимірювання, використовується при прийманні, інспекції та контролі якості залізобетонних конструкцій під час їх експлуатації. Він ґрунтується на принципі зміни магнітних

Таблиця 1. Допустимі відхилення при установці арматури

| Параметр | Величина параметра, мм | Контроль (метод, об'єм, вид реєстрації) |
|---|------------------------|--|
| 1. Відхилення у віддалі між окремо встановленими робочими стрижнями арматури для: | | |
| - колон, балок і арок | ± 10 | Технічний огляд усіх елементів, журнал робіт |
| - плит, стін і фундаментів під каркасні конструкції | ± 20 | |
| - масивних конструкцій | ± 30 | |

характеристик магнітного (електромагнітного) поля, викликаних внесенням в нього сталевих арматурних стрижнів.

Під час дослідження характеру армування плитних конструкцій використано прилад ИЗС-10Н №456, який протирований в Українському державному науково-виробничому центрі стандартизації, метрології і сертифікації УкрЦСМ.

Ділянки зон контролю розташування арматури, товщини захисного шару бетону та діаметрів арматури визначили з урахуванням: технології виготовлення конструкцій; випадковості зміщення арматури з проектного положення; умов роботи конструкцій; кількості та розташування характерних ділянок контролю, в яких необхідно визначити параметри армування. Результати інструментальних вимірювань фактичних кроків арматури, порівняння їх з проектним армуванням та результати їх статистичної обробки за нормальним законом розподілу, наведені в табл. 2.

Метод оцінки мінливості кроків арматури

На кожній монолітній конструкції балкової плити, для визначення мінливості кроків арматури неруйнівними методами, вибирають **фіксовані характерні ділянки контролю** (ФХДК): **фіксовані** — ділянки в прольотах або на проміжних опорах; **характерні** — ділянки з однаковими діаметрами та класами арматури, проектними або близькими між собою середніми кроками арматури, які визначені в процесі обробки даних інструментальних обстежень на **ділянках контролю**. За ФХДК призначають зони плити з постійними проектними кроками арматури та іншими параметрами армування, якщо ці умови не виконуються, то вказану нижче кількість ФХДК необхідно пропорційно збільшувати на кількість проектних варіантів армування в прольотах або на проміжних опорах. Попередньо призначають таку кількість ФХДК "р" завширшки L_j залежно від розрахункових схем балкових плит при дії на них рівномірно-розподіленого навантаження: одну — при однопрольотній розрахунковій схемі балкової плити; 2+1 — при двопрототній схемі (два прольоти та опора); 2+1+2 — при трьохпрольотній схемі (два крайніх і середній прольоти та дві

проміжні опори); 2+2+2 — при чотирьохпрольотній схемі (два крайніх і два середніх прольоти та дві проміжні опори).

За ФХДК у монолітній залізобетонній плиті потрібно приймати розмір L_j , спрямований перпендикулярно до осей арматурних стрижнів, крок яких контролюємо. Приймається: $L_j \geq 1$ м і не менше $L_j \geq s_i \times n_i = s_i \times (6 \div 8)$, де s_i — одиничне значення кроку арматури на ФХДК плити, мм; n_i — загальне число одиночних значень кроків арматури на одній і-тій ФХДК плити ($\geq 6 \div 8$ шт.).

Якщо загальна ширина монолітної плити H перевищує L_j більше ніж у два рази, необхідно приймати кількість однотипних ФХДК, збільшену в два рази. Практично, для контролю мінливості кроку арматури по всій плитній конструкції можна обмежитись чотирма ФХДК ($p \geq 4$). При цьому сумарна кількість одиночних значень кроків арматури $\sum_{i=1}^n n_i$ по всіх

ФХДК плити не повинна бути меншою за 30 шт. Наприклад, при $H/L_j = 3$ кількість ФХДК "р" завширшки L_j дорівнює: $2 \times (2+2+2) = 4+4+4$ при чотирьохпрольотній схемі (по чотири: на двох крайніх і двох середніх прольотах та на двох проміжних опорах).

Середній крок арматури ($s_{m.i}$ в мм), на одній ФХДК вираховуємо за формулою (1)

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

Для кожної ділянки вираховують середнє квадратичне відхилення $\sigma_{m.i}$. За числа $n \geq 6 \div 8$ одиночних значень кроків s_i у ФХДК, середнє квадратичне відхилення ($\sigma_{m.i}$) кроків арматури на кожній ФХДК плитної конструкції, мм, вираховуємо за формулою (2)

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

Коефіцієнт варіації кроків U_i , визначених окремо по всіх ФХДК у плиті, вираховуємо за формулою (3)

$$U_i = \frac{\sigma_{m.i}}{s_{m.i}} \quad (3)$$

Таблиця 2. Статистична обробка інструментальних досліджень кроків між осями робочої та конструктивної арматури в монолітній залізобетонній плиті надсереднього перекриття

| № плити | Тип армування за проектом | Результати замірів | | Стат. обробка від середнього значення кроку, s_m | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------|--------------------|-----------------------|--|---------------------|-----------|--------|--------------------|---------------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|------|------|
| | | № п/п | Крок ар-ри s_i , мм | s_{np} , мм | $\pm \Delta s$, мм | S_i/S_m | U_i | $S_{s,ser,i}$, мм | $K_{s,i} = S_{s,ser,i}/S_{m,i}$ | $S_{s,i}$, мм | $K_{s,i} = S_{s,i}/S_{m,i}$ | $S_{s,i}/S_{s,ser,i}$ | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | | | | | | | | | |
| 19 | Надпорна, $s=125$ мм | 1 | 110 | 114.4 | -4.4 | 0.96 | 0.27 | 164.40 | 1.44 | 205.82 | 1.80 | 1.25 | | | | | | | | | |
| | | 2 | 170 | | 55.6 | 1.49 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | 150 | | 35.6 | 1.31 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | 120 | | 5.6 | 1.05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 5 | 100 | | -14.4 | 0.87 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 6 | 70 | | -44.4 | 0.61 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 7 | 90 | | -24.4 | 0.79 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8 | 120 | | 5.6 | 1.05 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 9 | 100 | | -14.4 | 0.87 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | У прольоті, $s=125$ мм | 1 | 125 | 125.0 | 0 | 1.00 | 0.06 | 136.60 | 1.09 | 146.21 | 1.17 | 1.07 | | | | | | | | | |
| | | 2 | 115 | | -10 | 0.92 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | 135 | | 10 | 1.08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | 130 | | 5 | 1.04 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 5 | 120 | | -5 | 0.96 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 6 | 125 | | 0 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Констр. $s=300$ мм | 1 | | 310 | 316.7 | | | | | | | -6.7 | 0.98 | 0.02 | 326.1 | 1.03 | 334.0 | 1.05 | 1.02 | |
| | | | 2 | | 320 | | | | | | | | 3.3 | 1.01 | | | | | | | |
| | | | 3 | | 320 | | | | | | | | 3.3 | 1.01 | | | | | | | |
| 20 | Надпорна, $s=125$ мм | | 1 | 160 | 136.0 | | 24 | 1.18 | 0.22 | 186.01 | 1.37 | 227.49 | 1.67 | 1.22 | | | | | | | |
| | | | 2 | 140 | | | 4 | 1.03 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 3 | 170 | | | 34 | 1.25 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 4 | 110 | | | -26 | 0.81 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 5 | 100 | | | -36 | 0.74 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 1 | 100 | | | -5 | 0.95 | | | | | | | | | | | | | 0.12 |
| | | 2 | 115 | 10 | | 1.10 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | 120 | 15 | | 1.14 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | 100 | -5 | | 0.95 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 90 | -15 | 0.86 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Констр. $s=300$ мм | 1 | 280 | 305.0 | -25 | 0.92 | 0.09 | 348.39 | 1.14 | 384.37 | 1.26 | 1.10 | | | | | | | | | |
| | | 2 | 290 | | -15 | 0.95 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | 340 | | 35 | 1.11 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | 310 | | 5 | 1.02 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 21 | Надпорна, $s=125$ мм | | 1 | 125 | | | | | | | 131.0 | -6 | 0.95 | 0.12 | 155.87 | 1.19 | 176.50 | 1.35 | 1.13 |
| | | | | | 2 | 150 | | | | | | | | 19 | 1.15 | | | | | | |
| | | | | | 3 | 110 | | | | | | | | -21 | 0.84 | | | | | | |
| | | | | | 4 | 130 | | | | | | | | -1 | 0.99 | | | | | | |
| 5 | | | | | 140 | 9 | | | | | | | | 1.07 | | | | | | | |
| У прольоті, $s=125$ мм | 1 | | 125 | 122.0 | 3 | 1.02 | 0.12 | 147.01 | 1.20 | 167.74 | 1.37 | 1.14 | | | | | | | | | |
| | 2 | | 140 | | 18 | 1.15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | 130 | | 8 | 1.07 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | 115 | | -7 | 0.94 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | 100 | | -22 | 0.82 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Констр. $s=300$ мм | 1 | | 320 | 308.0 | 12 | 1.04 | 0.05 | 334.95 | 1.09 | 357.30 | 1.16 | 1.07 | | | | | | | | | |
| | 2 | | 330 | | 22 | 1.07 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | 300 | | -8 | 0.97 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | 300 | | -8 | 0.97 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | 290 | | -18 | 0.94 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 22 | | Надпорна, $s=125$ мм | | 1 | 150 | | | | | | | 160.0 | -10 | 0.94 | 0.07 | 177.39 | 1.11 | 191.82 | 1.20 | 1.08 |
| | | | | | 2 | 165 | | | | | | | | 5 | 1.03 | | | | | | |
| | | | | | 3 | 175 | | | | | | | | 15 | 1.09 | | | | | | |
| 4 | | 160 | | 0 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | 150 | | -10 | 0.94 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 115 | | 116.0 | -1 | 0.99 | 0.10 | 135.58 | 1.17 | 151.81 | 1.31 | 1.12 | | | | | | | | | |
| 2 | | 125 | | | 9 | 1.08 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | 130 | | | 14 | 1.12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | 110 | | | -6 | 0.95 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | 100 | -16 | | 0.86 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Констр. $s=300$ мм | | 1 | 300 | | 320.0 | -20 | | | | | | | 0.94 | 0.08 | 360.17 | 1.13 | 393.48 | 1.23 | 1.09 | | |
| | | 2 | 330 | | | 10 | | | | | | | 1.03 | | | | | | | | |
| | | 3 | 350 | | | 30 | | | | | | | 1.09 | | | | | | | | |
| | | 4 | 300 | | | -20 | | | | | | | 0.94 | | | | | | | | |
| | | 1 | 135 | 145.0 | | -10 | 0.93 | 0.04 | 155.04 | 1.07 | 163.37 | 1.13 | 1.05 | | | | | | | | |
| | | 2 | 150 | | | 5 | 1.03 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | 145 | | | 0 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | 145 | | | 0 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 150 | 5 | | | 1.03 | | | | | | | | | | | | | | | |
| У прольоті, $s=125$ мм | 1 | 135 | 128.0 | | 7 | 1.05 | 0.12 | | | | | | | 153.01 | 1.20 | 173.74 | 1.36 | 1.14 | | | |
| | 2 | 150 | | | 22 | 1.17 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 120 | | | -8 | 0.94 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | 125 | | | -3 | 0.98 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 110 | | -18 | 0.86 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 330 | | 312.0 | 18 | 1.06 | | 0.04 | 333.38 | 1.07 | 351.12 | 1.13 | 1.05 | | | | | | | | |
| | 2 | 310 | | | -2 | 0.99 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 300 | | | -12 | 0.96 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | 300 | | | -12 | 0.96 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 320 | 8 | 1.03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Надпорна, $s=125$ мм | 1 | 100 | 103.3 | | -3.3 | 0.97 | 0.29 | | | | | | | 153.21 | 1.48 | 194.57 | 1.88 | 1.27 | | | |
| | 2 | 110 | | | 6.7 | 1.06 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 170 | | | 66.7 | 1.65 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | 90 | | | -13.3 | 0.87 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 70 | | -33.3 | 0.68 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | 90 | | -13.3 | 0.87 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | 70 | | -33.3 | 0.68 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | 120 | | 16.7 | 1.16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | 110 | | 6.7 | 1.06 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| У прольоті, $s=125$ мм | 1 | 100 | 120.0 | -20 | 0.83 | 0.11 | 141.38 | 1.18 | 159.12 | 1.33 | 1.13 | | | | | | | | | | |
| | 2 | 115 | | -5 | 0.96 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 140 | | 20 | 1.17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | 120 | | 0 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 120 | | 0 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | 125 | | 5 | 1.04 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 320 | | 316.7 | 3.3 | | | | | | | 1.01 | 0.02 | 326.1 | 1.03 | 334.0 | 1.05 | 1.02 | | | |
| | 2 | 310 | | | -6.7 | | | | | | | 0.98 | | | | | | | | | |
| | 3 | 320 | | | 3.3 | | | | | | | 1.01 | | | | | | | | | |
| По всіх ФХДК з надпорною арматурою, проектний крок $s=125$ мм | 312.5 | 126.8 | -56.8÷ +48.2 | | 1.00 | 0.05 | 0.11 | 0.24 | 176.6 | 1.39 | 217.9 | 1.72 | | | | | | | 1.23 | | |
| | 119.5 | 126.8 | -29.5÷ +30.4 | | 1.00 | 0.05 | 0.11 | 0.24 | 176.6 | 1.39 | 217.9 | 1.72 | | | | | | | 1.23 | | |
| | 312.5 | 126.8 | -32.5÷ +37.5 | | 1.00 | 0.05 | 0.11 | 0.24 | 176.6 | 1.39 | 217.9 | 1.72 | | | | | | | 1.23 | | |
| По всіх ФХДК з прольотною арматурою, проектний крок $s=125$ мм | 312.5 | 126.8 | -32.5÷ +37.5 | | 1.00 | 0.05 | 0.11 | 0.24 | 176.6 | 1.39 | 217.9 | 1.72 | | | | | | | 1.23 | | |
| | 119.5 | 126.8 | -29.5÷ +30.4 | | 1.00 | 0.05 | 0.11 | 0.24 | 176.6 | 1.39 | 217.9 | 1.72 | | | | | | | 1.23 | | |
| | 312.5 | 126.8 | -56.8÷ +48.2 | | 1.00 | 0.05 | 0.11 | 0.24 | 176.6 | 1.39 | 217.9 | 1.72 | | | | | | | 1.23 | | |
| По всіх ФХДК з конструктивною арматурою, проектний крок $s=300$ мм | 312.5 | 126.8 | -32.5÷ +37.5 | 1.00 | 0.05 | 0.11 | 0.24 | 176.6 | 1.39 | 217.9 | 1.72 | 1.23 | | | | | | | | | |
| | 119.5 | 126.8 | -29.5÷ +30.4 | 1.00 | 0.05 | 0.11 | 0.24 | 176.6 | 1.39 | 217.9 | 1.72 | 1.23 | | | | | | | | | |
| | 312.5 | 126.8 | -56.8÷ +48.2 | 1.00 | 0.05 | 0.11 | 0.24 | 176.6 | 1.39 | 217.9 | 1.72 | 1.23 | | | | | | | | | |

Примітки

- виділені статистичні кроки арматури s_{ser} та s_s , які прийняті за розрахункові s_{theor}

Виразуємо середній коефіцієнт варіації кроку U_s для всієї обстеженої монолітної плити за коефіцієнтами варіації кроків U_i , які визначені окремо по усіх ФХДК у плиті:

$$U_s = \frac{\sum_{i=1}^n U_i n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (4)$$

Для прийняття потрібного розрахункового кроку s_{theor} , в якому враховано мінливість кроків арматури, визначаємо для двох рівнів забезпеченості 95% та 99,97% відповідні статистичні кроки $s_{s,ser,i}$ та $s_{s,i}$ для окремих ФХДК монолітної плити:

$$s_{s,ser,i} = s_{m,i} (1 + 1.64 U_s); \quad (5)$$

$$s_{s,i} = s_{m,i} (1 + 3 U_s), \quad (6)$$

та статистичні кроки $s_{s,ser}$ та s_s для всієї плити:

$$s_{s,ser} = s_m (1 + 1.64 U_s); \quad (7)$$

$$s_s = s_m (1 + 3 U_s). \quad (8)$$

Коефіцієнти забезпеченості за кроком арматури $K_{s,95,i}$ та $K_{s,99,i}$ для окремих ФХДК плити:

$$K_{s,95,i} = K_{s,n,i} = s_{s,ser,i} / s_{m,i}, \quad (9)$$

$$K_{s,99,i} = K_{s,i} = s_{s,i} / s_{m,i}, \quad (10)$$

та коефіцієнти забезпеченості за кроком арматури $K_{s,95}$ та $K_{s,99}$ для всієї плити:

$$K_{s,95} = K_{s,n} = s_{s,ser} / s_m, \quad (11)$$

$$K_{s,99} = K_s = s_s / s_m. \quad (12)$$

Значення коефіцієнтів $K_{s,95,i}$ (9), $K_{s,95}$ (11) та $K_{s,99}$ (12) показані на графіку (рис.1).

Для кінцевого перевірного розрахунку плити, по двох групах граничних станів при γ_s за п.6.18 [8], слід приймати крок s_{theor} рівний одному з кроків s_s або $s_{s,ser}$, при якому одне з зусиль $M_{s,I}$ або $M_{s,II}$ по арматурі плити матиме менше значення.

Приклад оцінки мінливості кроків арматури

Проектний крок восьми стрижнів робочої арматури $\varnothing 8A-I$ на ширині 1 м становить $s=125$ мм ($\Sigma A_s = 8 \times A_s = 8 \times 50 \times 10^{-6} \text{ м}^2$). За постійного значення відхилення [9, 11] $\Delta s = \pm 20$ мм від $s=125$ мм, на ширині 1 м фактична кількість

стрижнів $n=8$ шт. зберігається, тоді: $4 \times (125-20) + 4 \times (125+20) = 4 \times 105 + 4 \times 145 = 1000$ мм. Середнє значення кроку $s_m = s$, коефіцієнт варіації $U_i = 17,1\%$. Для двох рівнів забезпеченості 95% та 99,97% — статистичні кроки $s_{s,ser} = 0,16$ м та $s_s = 0,189$ м. Для кінцевого перевірного розрахунку плити, по двох групах граничних станів при γ_s за п.6.18 [8] слід приймати крок s_{theor} , що дорівнює одному з кроків s_s або $s_{s,ser}$, за яких одне з зусиль $N_{s,I}$ або $N_{s,II}$ розтягу арматури матимуть менше значення:

$$N_{s,I} = A_s \times 1/s \times R_{s,ser}/\gamma_s = 50 \times 10^{-6} \times 1/0,189 \times 235/1,15 = 0,05406 \text{ МН}; \quad (13)$$

$$N_{s,II} = A_s \times 1/s_{s,ser} \times R_{s,ser}/1 = 50 \times 10^{-6} \times 1/0,16 \times 235/1 = 0,07344 \text{ МН}, \quad (14)$$

де $\gamma_s = 1,15$ — коефіцієнт надійності по арматурі, прийнятий за п.6.18 [8] для арматури $\varnothing 8A-I$.

За проектом зусилля розтягу в арматурі відповідно за двома групами граничних станів:

$$N_s = A_s \times 1/s \times R_{s,ser}/\gamma_s = 50 \times 10^{-6} \times 1/0,125 \times 235/1,05 = 0,08952 \text{ МН}; \quad (15)$$

$$N_{s,n} = A_s \times 1/s \times R_{s,ser}/1 = 50 \times 10^{-6} \times 1/0,125 \times 235/1 = 0,094 \text{ МН}, \quad (16)$$

де $\gamma_s = (1,05 \text{ та } 1)$ коефіцієнти надійності по арматурі, прийняті за табл. 21* [8].

Тоді, відповідно до s_s та $s_{s,ser}$ при перевірочних розрахунках плити за двома групами граничних станів, по відношенню до проектного, відповідно можна втратити зусилля на ширині плити 1 м: 39,61% та 22% на зусиллях розтягу в арматурі плити — $(N_s - N_{s,I})/N_s \times 100\% = (0,08952 - 0,05406)/0,08952 \times 100\% = 39,61\%$ та $(N_{s,n} - N_{s,II})/N_{s,n} \times 100\% = (0,094 - 0,07344)/0,094 \times 100\% = 22\%$.

Розширений аналіз цього прикладу дав змогу визначити, що: при коефіцієнтах варіації $U_i > 13,465\%$ або при $s/s_{s,ser} > 1,15$ завжди $s_{theor} = s_s$, а мінімальне значення має зусилля $N_{s,I}$ (13), тоді відповідне відхилення при середньому кроці $s_m = 125$ мм становить $\Delta s > 15,74$ мм; при коефіцієнтах варіації $U_i \leq 13,465\%$ або при $s/s_{s,ser} \leq 1,15$ завжди $s_{theor} = s_{s,ser}$, а мінімальне значення має зусилля $N_{s,II}$ (14), тоді відхилення при кроці $s_m = 125$ мм становить $\Delta s \leq \pm 15,74$ мм.

У цьому прикладі: $U_i = 17,1\% \geq 13,465\%$, $s_{theor} = s_s = 0,189$ м. Під час розрахунку плити за першою групою граничних станів, відповідно до ss , за рахунок мінливості кроку арматури на ширині плити 1 м, по відношенню до проектного кроку s , втрачається 39,61% зусиль в ній. Необхідне підсилення монолітної залізобетон-

ної плити надсилосного перекриття. Перерізі ФХДК варто підсилювати за рахунок збільшення площі робочої арматури на ΔA_s , до сприйняття теоретичного проектного зусилля розтягу $N_{t,I} = \Delta N_s + N_{s,I}$ або $N_{t,II} = \Delta N_s + N_{s,II}$ в арматурі (ΔN_s — додаткове зусилля за рахунок збільшення робочої арматури на ΔA_s) за умови, що інші конструктивні параметри ФХДК монолітної плити відповідають проектним, інакше — підсилити до сприйняття проектних розрахункових або нормативних моментів M_p , M_{II} . Додаткову площу арматури ΔA_s розподіляти в межах зафіксованих максимальних віддалей між осями арматури.

Висновки

1. Як виявили натурні дослідження, армування надсилосного монолітного перекриття виконане з 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.
2. Мінливість ($U_i = 4,2\% \div 29,4\%$) кроків робочої арматури в монолітних перекриттях вказує

на недостатню якість їх фіксації, що призводить до істотного перерозподілу зусиль при умовно рівномірно-розподіленому навантаженні на плиту та до зниження її експлуатаційної надійності [5] по відношенню до проектного рішення.

3. У діючих нормах [8, 9] не розроблена методика врахування мінливості укладання арматурних стрижнів з фактичним кроком на фіксованих характерних ділянках контролю в монолітних залізобетонних плитах. Виконання кроків арматури, з порушенням допусків [6] по відношенню до проектних рішень, може істотно вплинути на зниження експлуатаційної придатності плит. За характерну ділянку контролю в монолітній залізобетонній плиті слід приймати розмір L_f , спрямований перпендикулярно до осей стрижнів арматури, крок яких контролюємо. Значення L_f приймати $L_f \geq 1$ м і $L_f \geq 6s_r$.
4. Під час аналізу мінливості армування плитних конструкцій виявили, що недоліком [9] є незмінне значення відхилення ± 20 мм у віддалі між осями окремо встановлених робочих стрижнів арматури за різних проектних кроків між осями арматури, що за малих значень кроків може дати суттєве змен-

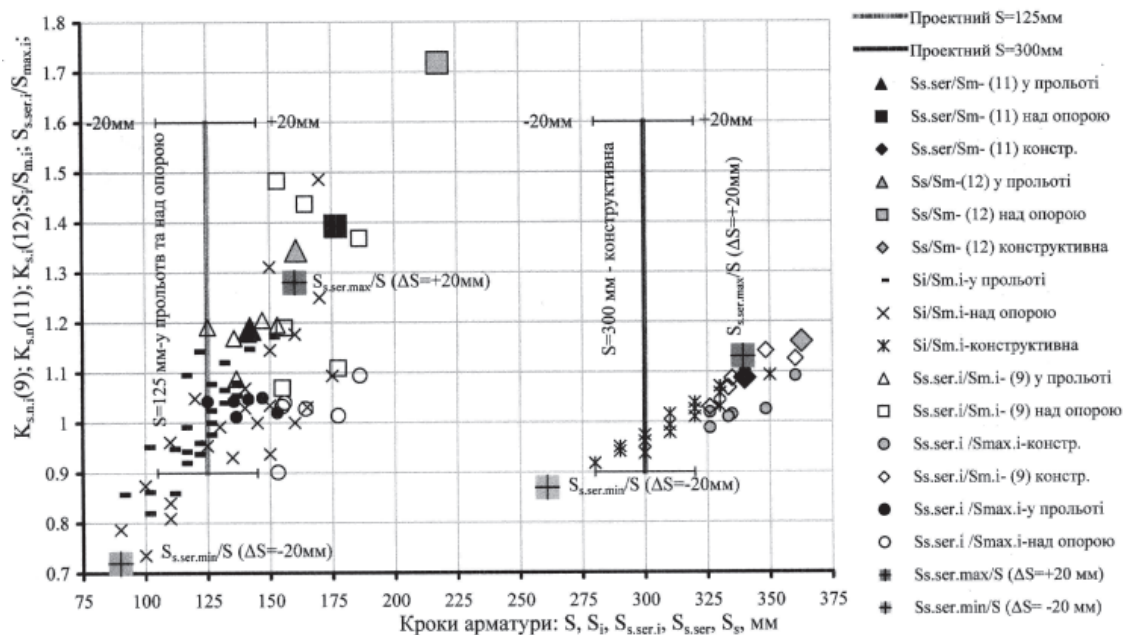


Рисунок 1. Коефіцієнти забезпеченості: $K_{s,i}(9)$; $K_{s,i}(11)$ — на 95% та $K_s(12)$ — на 99.97% за кроком арматури порівняно з проектними (S), фактичними (Si) та статистичними ($S_{ser,i}$, S_{ser} , S_s) кроками арматури

шення фактичних зусиль в арматурі від проектних значень. У нашому прикладі при $s_m = 125$ мм це зменшення сягає 39,61%.

5. Отримані дослідні дані кроків сі армування монолітної залізобетонної плити надсилоного перекриття та їх статистична обробка по окремих ділянках та загалом по перекриттю дали можливість оцінити їх мінливість та знайти значення кроків ss , ss_{ser} для виконання відповідних перевірочних розрахунків з визначення: фактичної несучої здатності і тріщиностійкості плити. За необхідності, можна запроектувати конструктивні заходи для забезпечення необхідної несучої здатності та необхідного рівня тріщиностійкості залізобетонної плитної конструкції на технологічні навантаження, температурні впливи від гарячого цементу і тим самим ліквідувати недоліки якості виконання будівельних робіт у таких конструкціях, включаючи і дефект мінливості кроків арматури.
6. Аналіз дослідних даних по заміряних кроках арматури надсилоного перекриття та їх статистична обробка показали, що: при $U_i > 13,465\%$ завжди $s_{theor} = s_s$, а при $U_i \leq 13,465\%$ завжди $s_{theor} = s_{s,ser}$. Це відноситься і до армування циліндричних оболонок висотних споруд [12].
7. На будівельних майданчиках перед укладанням бетонної суміші в монолітні плити перекриттів необхідно вчасно привести у відповідність фактичні кроки арматури до проектної документації, а також перевірити допуски що до їх відхилення від стандарту. За невідповідності до наведених вище вимог слід перевірити фактичні кроки арматури з урахуванням їх мінливості, тобто виконати статистичний контроль відповідно до запропонованої методики. Приймання порушених кроків арматури шляхом порівняння їх з проектним та нормованим допуском [9,11], без урахування характеристик мінливості кроків, не допускається. На цьому етапі виконання робіт можна виконати необхідне, додаткове армування конструкції для забезпечення її проектної несучої здатності та тріщиностійкості.
8. При обстеженні монолітних залізобетонних плит перекриттів повинен бути проведений

контроль відповідності кроків арматури до проектної документації та відповідності допусків на їх відхилення згідно зі стандартом та умови збереження проектної кількості стрижнів на одиницю довжини конструкції. При невідповідності до наведених вище вимог слід виконати статистичний контроль кроків арматури.

9. Не допускається, без урахування характеристик мінливості кроків арматури, виконувати перевірочні розрахунки плитної конструкції. На цьому етапі може виникнути необхідність додаткового армування конструкції для забезпечення її проектної несучої здатності та тріщиностійкості, які можна забезпечити конструктивними або розрахунковими методами підсилення згідно з [6] та іншими методами та технологіями.

Література

1. ГОСТ 18105-86. Бетоны. Правила контроля прочности. - М.: Госстандарт СРСР, 1986. -15 с.
2. ГОСТ 22904-93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры. - М.: Госстандарт СРСР, 1995. -11 с.
3. ГОСТ 23615-79. (СТ СЭВ 5061-85). Статистический анализ точности. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. - М.: Госстандарт СРСР, 1980. -16с.
4. ГОСТ 23616-79*. (СТ СЭВ 4234-83). Контроль точности. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. - М.: Госстандарт СРСР, 1980. -10с.
5. ГОСТ 27751-88. (СТ СЭВ 384-87). Надёжность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчёту. - М.: Госстандарт СРСР, 1988. -8 с.
6. ДБН В.3.1-1-2002. Ремонт і підсилення несучих і огорожуючих будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд / Держбуд України. - Київ, 2003. - 82 с.
7. ДСТУ Б.В.2.6-4-95. Конструкції будинків і споруд. Конструкції залізобетонні. Магніт-

- ний метод визначення товщини захисного шару бетону і розташування арматури / Держбуд України - Київ, 1995. - 12 с.
8. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. - М.: Госстрой СССР, 1989. - 80 с.
9. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции. - М.: Госстрой СССР, 1987. - 89 с.
10. ВСН-09-81. Технические правила контроля качества и приёмки строительных работ на объектах Министерства обороны. - М.: Минобороны СССР, 1982. - 552 с.
11. Контроль качества строительных изделий: Справочник / С.И. Мищенко, Г.В. Желудков, С.Я. Постернак и др. - К.: Будівельник, 1989. - 256 с.
12. Гладисhev 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.

Гладисhev Геннадій Миколайович працює доцентом кафедри "Архітектурні конструкції" Національного університету "Львівська політехніка", а також очолює науково-проектну фірму "Реконстрпроект" (м. Львів). Наукові інтереси: довговічність та надійність конструкцій промислових та цивільних будівель; реконструкція цивільних та промислових будівель, оцінка їх технічного стану.

Гладисhev Дмитро Геннадійович є аспірантом кафедри "Архітектурні конструкції" Національного університету "Львівська політехніка". Наукові інтереси: довговічність та надійність конструкцій промислових та цивільних будівель; реконструкція цивільних та промислових будівель, оцінка їх технічного стану.

Гладышев Геннадий Николаевич работает доцентом кафедры "Архитектурные конструкции" Национального университета "Львовская политехника", а также возглавляет научно-проектную фирму "Реконстрпроект" (г. Львов). Научные интересы: долговечность и надежность конструкций промышленных и гражданских зданий; реконструкция гражданских и промышленных зданий, оценка их технического состояния.

Гладышев Дмитрий Геннадьевич является аспирантом кафедры "Архитектурные конструкции" Национального университета "Львовская политехника". Научные интересы: долговечность и надежность конструкций промышленных и гражданских зданий; реконструкция гражданских и промышленных зданий, оценка их технического состояния.

Gladyshev Gennadiy Mykolayovych — candidate of engineering science works as the senior lecturer of department "Architectural constructions" of National University "Lviv polytechnics", and also heads scientific-engineering firm "Rekonstrproekt" (Lviv). Scientific interests: longevity and reliability of constructions of industrial and civil buildings; reconstruction of civil and industrial buildings, rating of their availability index of product.

Gladyshev Dmytro Gennadiyovych — post-graduate student of department "Architectural constructions" of National University "Lviv polytechnics". Scientific interests: longevity and reliability of constructions of industrial and civil buildings; reconstruction of civil and industrial buildings, rating of their availability index of product.