

МЕТОДИКА ПРОНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Клименко Є.В. (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса, Україна)

Викладена методика прогнозування окремих показників експлуатаційної придатності та технічного стану залізобетонних конструкцій. Показано, що чинні норми не дають можливості зробити такий прогноз. Наведені рекомендації, що дозволяють виконувати цю процедуру.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.

Будівельні конструкції та будівлі і споруди в цілому, як складні системи, під час експлуатації зазнають зносу. При цьому погіршуються показники експлуатаційної придатності, що врешті-решт, призводить до відмови системи. Прогнозування такого погіршення є важливим питанням, оскільки воно може передбачити роботу (чи відмову) системи в майбутньому. Однак, чинні норми [1] не дають методики прогнозування технічного стану. Виходячи з цього розробка в даному напрямку є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Нормативні документи [1], як відомо, зобов'язують спеціалізовану організацію, що проводить обстеження для паспортизації, встановлювати термін наступного обстеження. Цей процес ніяким чином не формалізований та не пов'язаний з показниками експлуатаційної придатності (ПЕП) та фактичним технічним станом залізобетонних конструкцій. Розроблена математична модель експлуатації будівель та споруд [2] дає можливість подолати вказані недоліки. Методика опису процесу експлуатації враховує фактичний стан конструкцій та його зміну в часі, можливість перевищення окремими ПЕП своїх граничних значень, а також витрати на усі види втручань (обстеження, поточний та капітальний ремонт).

Пропозиції щодо прогнозування зміни окремих ПЕП, а значить, і технічного стану конструкцій і будівель та споруд в цілому наведені в статті [3].

Виділення невирішених раніше проблем

На даний час не розроблена та не апробована зручна для користування методика прогнозування зміни ПЕП в часі.

Формулювання цілей статті

Метою даної статті є розроблення методики прогнозування технічного стану залізобетонних конструкцій та її апробація і визначення надійності пропозицій.

Основна частина

Прийнята модель опису процесу експлуатації базується на даних отриманих в процесі спостереження [2]. Зміна окремих (виділених та призначених спеціалізованою організацією під час чергового обстеження для паспортизації) показників експлуатаційної придатності апроксимується кривою, що описується поліномом [3]. Алгоритм прогнозування зміни ПЕП наведений на рис. 1.

Послідовність даного процесу полягає в наступному:

- о визначається показник експлуатаційної придатності в момент часу t_0 (P_0) (блок 1 на рис. 1);
- о в момент часу t_1 знаходиться величина цього ж показника (P_1) (блок 3);
- о за отриманими даними моделюється процес експлуатації поліномом першого ступеня (блок 4);
- о проводиться екстраполяція та визначається значення ПЕП в наперед заданий момент часу;
- о якщо показник експлуатаційної придатності не перевищує свого граничного значення (блок 7), то в момент часу t_2 вимірюється значення ПЕП (P_2);
- о моделюється процес експлуатації тепер уже поліномами першого та другого ступенів (блок 4), визначається прогнозоване значення ПЕП в заданий момент часу (блок 5) та обчислюється середнє значення прогнозованого показника експлуатаційної придатності (блок 6).

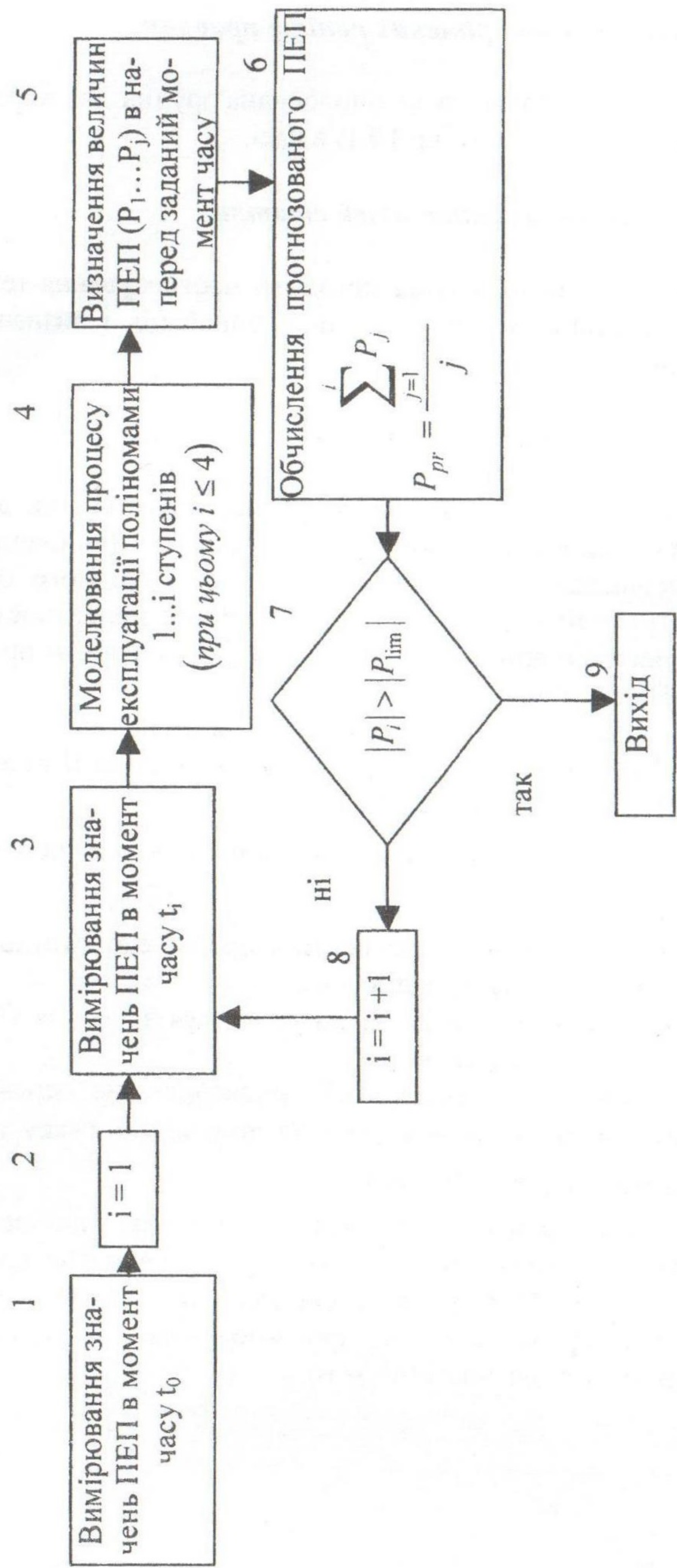


Рис. 1. Алгоритм визначення прогнозованого значення показника експлуатаційної придатності

Таким чином процес повторюється після кожного проведеного обстеження, тобто після отримання нових емпіричних даних щодо показників експлуатаційної придатності. При цьому ступінь поліному не перевищує чотирьох, оскільки наші дослідження показали, що таке підвищення не призводить до збільшення точності обчислень, а лише ускладнює їх.

Розглянемо використання методики, що рекомендується, на прикладі.

В роботі прибалтійських учених [4] наведені дані щодо процесу зміни показників експлуатаційної придатності. Автори [4] провели обстеження 85 будівель тваринницького призначення (для утримання великої рогатої худоби та свиней) за внутрішніми показниками і 183 будівлі – за зовнішніми ознаками. Методика цих досліджень включала виміри основних параметрів мікроклімату та оцінювання залізобетонних конструкцій за зовнішнім оглядом та внутрішніми показниками. Під час зовнішнього огляду фіксувалися поздовжні (вздовж робочої арматури) тріщини і стан захисного шару бетону, а під час відкриття арматури – товщину захисного шару, глибину його карбонізації, а також ступінь пошкодження стержнів арматури. Для систематизації та обробітку отриманих результатів обстеження авторами [4] розроблені відповідні шкали оцінок. В кожній будівлі ділянки арматури довжиною до 20 см відкривали в 30 місцях з наступним ретельним відновленням захисного шару бетону. В ході замірів визначалася товщина захисного шару бетону та глибина його карбонізації. В даних експериментах карбонізація бетону (умови не створювалися штучно, а були реальними для даних будівель) обумовлювалася підвищеним рівнем (в 10 разів по відношенню до зовнішнього повітря) вуглекислого газу. Зменшення захисного шару бетону поздовжнього ребра плит покриття, балок та колон фіксувалося інструментально.

Після карбонізації захисного шару бетону пасивний стан арматури порушується то починається корозійний процес в ній. Стан арматури оцінювався за десятибальною шкалою: оцінці „10“ відповідає арматура без слідів корозії; оцінці „4“ – суцільна поверхнева корозія; оцінці „2“ – суцільна корозія, коли ущільнені продукти корозії проникли в бетон; оцінці „0“ – стан арматури, коли в результаті збільшення об'єму продуктів корозії відколюється захисний шар бетону.

В таблиці I наведені результати оцінювання стану арматури плит покриття за розробленою в [4] методикою.

В цій же таблиці на кожному етапі процесу експлуатації прогнозувався процес на майбутнє. Після перших двох обстежень (на

третьому році експлуатації) можна прогнозувати зміну показника експлуатаційної придатності поліномом першого ступеню, тобто в час t_2 (рис. 2).

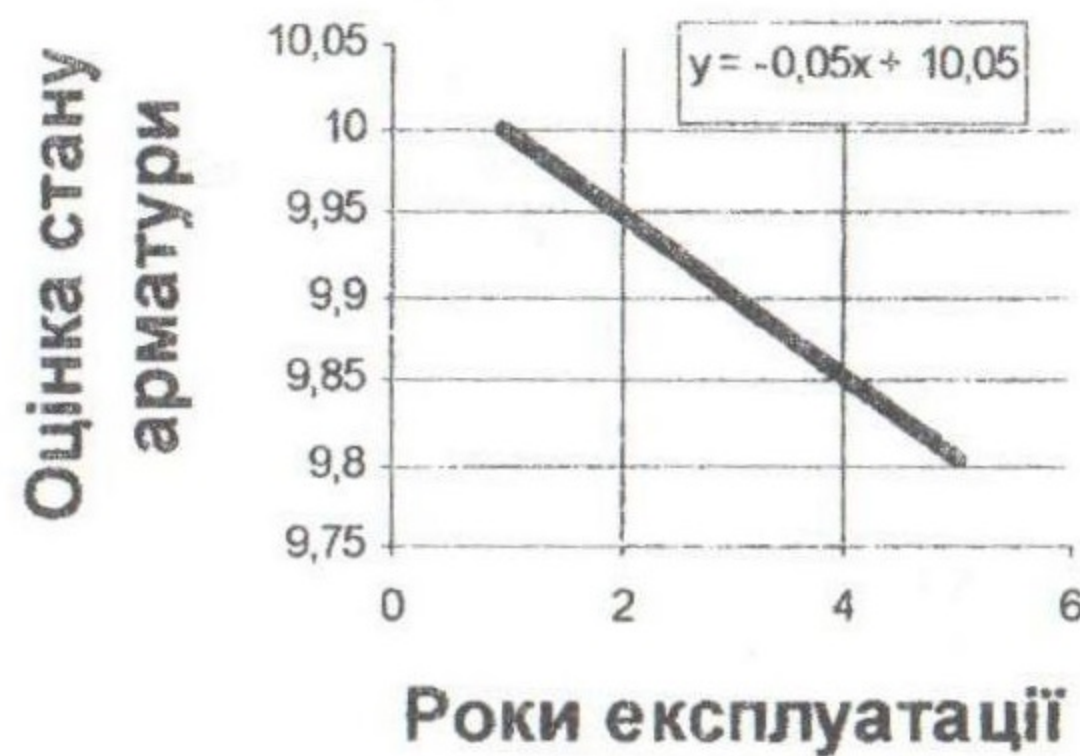


Рис. 2 Прогноз ПЕП в час t_2

та другого ступеню (таблиця 2), а прогнозоване значення ПЕП обчислюється як середнє арифметичне прогнозних оцінок за двома поліномами (блок 5 і 6 на рис. 1). Таким чином можна прогнозувати зміну показників експлуатаційної придатності в часу кожного разу вносячи поправки в опис процесу експлуатації на підставі результатів чергових обстежень.

Як показують наші дослідження [3], а також результати статистичної обробки, як власних експериментів, так і інших авторів [4, 5], підвищення показника ступеню поліному не призводить до підвищення точності прогнозування зміни показників експлуатаційної придатності в процесі експлуатації залізобетонних конструкцій.

Так в результаті обробки результатів випробувань отримані наступні статистичні характеристики відхилення теоретичних значень прогнозованих показників експлуатаційної придатності від їх фактичних значень (оброблено більше ніж 1500 дослідів) при використанні поліномів до четвертого ступеню (включно) – середнє арифметичне $\bar{X}=0,969$; середнє квадратичне – $\sigma=0,302$ і коефіцієнт варіації $V=31,2\%$. За умови використання поліномів включно і п'ятого ступеня, статистичні характеристики дещо погіршуються – середнє арифметичне складає $\bar{X}=1,076$; середнє квадратичне – $\sigma=0,4097$ і коефіцієнт варіації $V=38,1\%$. Це говорить про недоцільність під час прогнозування зміни показників експлуатаційної придатності використовувати поліноми ступеню більше ніж чотири.

На цьому рисунку показано і прогноз зміни показника експлуатаційної придатності (в даному випадку оцінка стану робочої арматури балки покриття) через два роки, тобто в час t_3 .

На наступному кроці процесу експлуатації (t_3), маючи три експериментальні точки, його описують поліномами першого

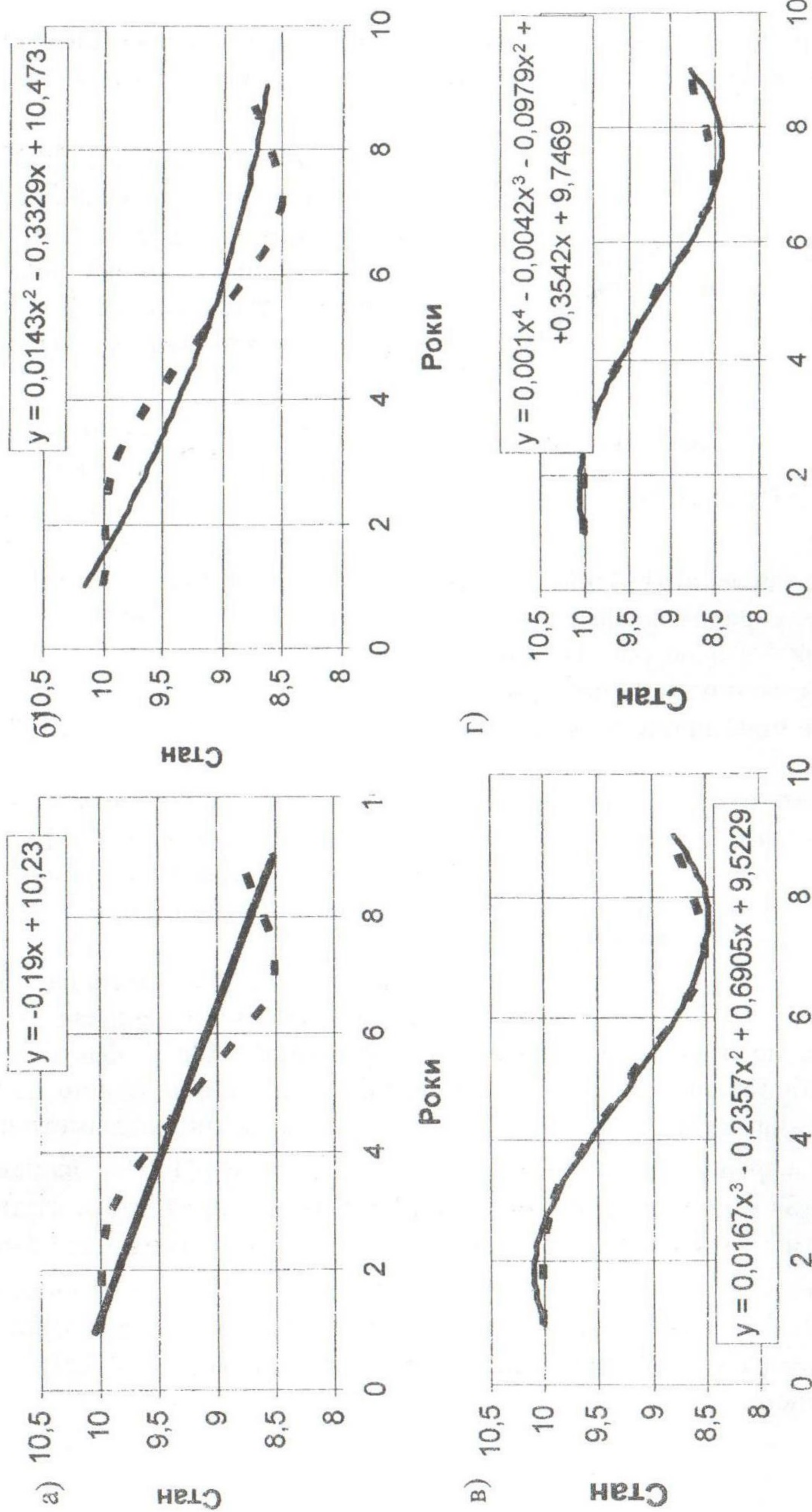


Рис. 3. Зміна стану арматури плит з роками експлуатації, апроксимована поліномом ступеню: а—першого; б—другого; в—третього; г—четвертого.

Висновки

Викладена методика прогнозування зміни окремих показників експлуатаційної придатності та технічного стану залізобетонної конструкції в цілому дає можливість формалізувати цей процес та є достовірною. Статистичні показники результатів співставлення теоретичних та експериментальних значень ПЕП показують про достатню точність та надійність запропонованої методики.

Література

1. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд / Держ. комітет буд-ва, архіт. та житлової політики України, Держнаглядохоронпраці України. — К., 1997. — 145 с. 2. Клименко Є.В., Дорофєєв В.С. Математична модель процесу експлуатації будівель та споруд / Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Зб. наук. праць / Нац. ун-т водного господарства та природокористування. — Рівне, 2006. — Вип.14. — С. 470-475. 3. Клименко Є.В., Дорофєєв В.С. До питання прогнозування технічного стану сталезалізобетонних конструкцій / Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник. — Київ: НДІБК, 2006. — Вип. 65. — С. 247-252. 4. Кесккюлла Т.Є., Мильян Я.А., Новгородский В.И. Коррозионное разрушение железобетонных конструкций животноводческих зданий. — Бетон и железобетон, 1980, № 9. — С. 43-44. 5. Бліхарський З.Я. Корозія бетонних і залізобетонних конструкцій при дії агресивного середовища та силового навантаження // Будівельні конструкції: Міжвід. наук.-техн. зб. — Вип. 54. Всеукраїнська наук.-практ. конф. „Реконструкція будівель та споруд. Досвід та проблеми“. — К., 2001. — С. 126-131.