

## ДО ПИТАННЯ РАНЖИРУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЇХ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

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

Викладені підходи до ранжирування параметрів залізобетонних конструкцій, що згинаються. Показано, що вплив окремих параметрів залежить від величини армування перерізу. Ранжирування параметрів спрощує процес оцінювання та прогнозування технічного стану конструкцій.

### *Вступ*

Будівлі та споруди під час їх експлуатації повинні піддаватися безперервному моніторингу, метою якого є оцінювання технічного стану окремих будівельних конструкцій та об'єктів в цілому. З 1997 року в Україні діють „Нормативні документи...” [1], які регламентують цю роботу. Проведення навіть вибіркової паспортизації (основною задачею якої є визначення технічного стану будівлі) показало, що станом на 1 січня 2003 року в Україні за даними НДІБК та НДІБВ зафіксовано понад 8000 аварійно небезпечних об'єктів. З них до реконструкції рекомендовано 5600, а 2400 – до ліквідації. Тільки на об'єктах базових галузей народного господарства експлуатується понад 250 млн. м<sup>3</sup> залізобетонних конструкцій, ресурс яких вичерпаний більш, ніж на 50%. Виходячи з цього питання визначення технічного стану залізобетонних конструкцій, що експлуатуються є актуальним.

### *Основна частина*

Під час експлуатації будь-якої складної системи має місце її фізичний знос, який викликаний зносом окремих елементів. Якщо говорити конкретно про залізобетонні конструкції, то її роботоспроможність визначається роботоспроможністю арматури та бетону. Не дивлячись на те, що ці матеріали з часом змінюють свої характеристики, вплив цих змін на роботу конструкцій різний. Проаналізуємо основні фактори, що впливають на технічний стан конструкцій, а саме: на прикладі залізобетонної балки прямокутного перерізу з розмірами  $h \times b$

0,5×0,2 м ( $h_0=0,45$  м), виготовлену з бетону класу В20 (коефіцієнт умов роботи бетону  $\gamma_{b2}=0,9$ ) та заармовану одиночною поздовжньою арматурою класу АІІ. В ході експлуатації може мати місце корозія бетону та, внаслідок цього, зменшення поперечного перерізу конструкції. Як показують дослідження [4] зменшення поперечного перерізу

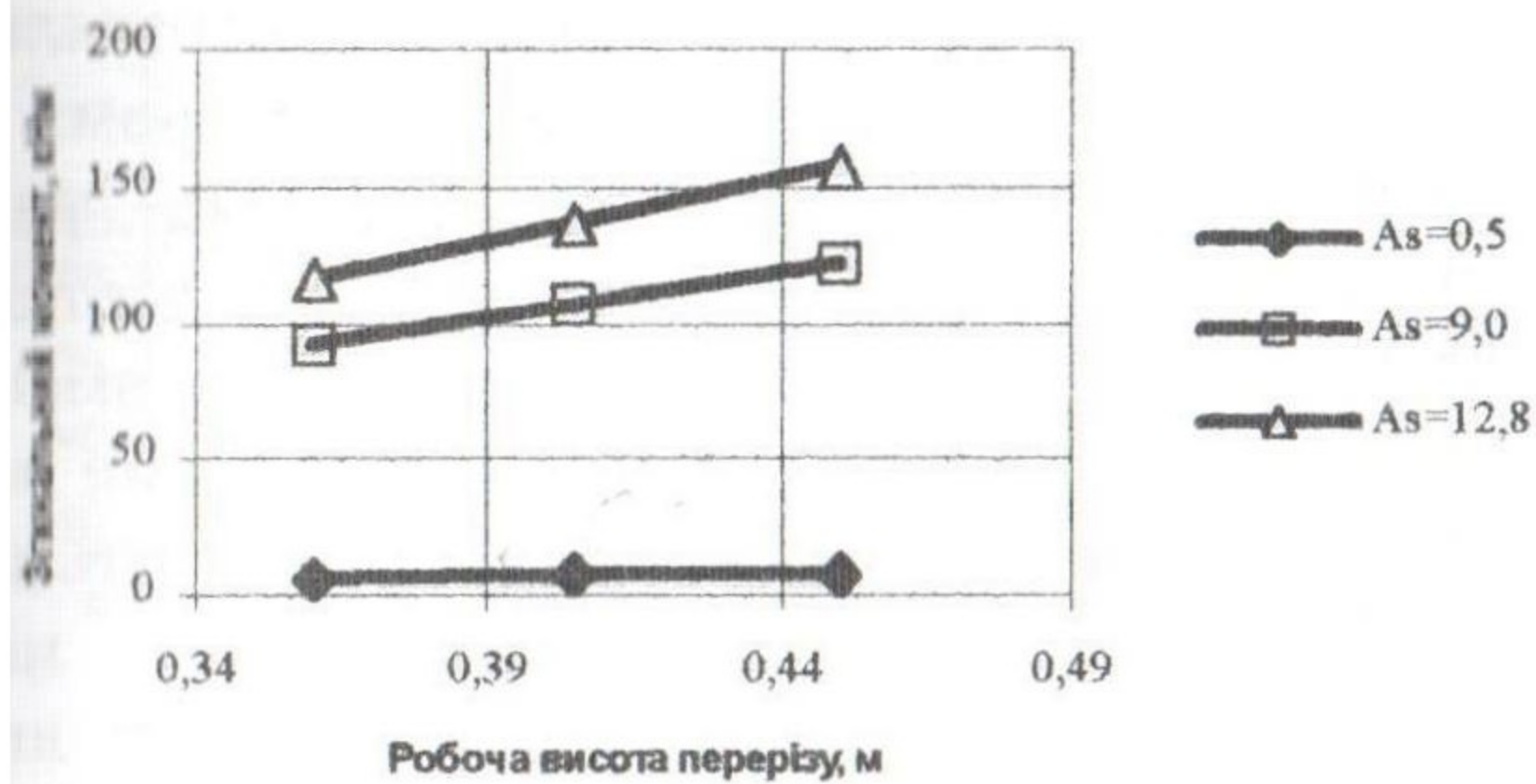


Рис. 1. Залежність несучої здатності від робочої висоти перерізу

іде на всю глибину корозії бетону, тобто можна розглядати рівномірне зменшення перерізу з повним виключенням з роботи прокородованого бетону. Розглянемо випадок, коли рівномірно (по всій ширину перерізу) зменшується висота балки (робоча висота  $h_0$ ). На рисунку 1 показана залежність несучої здатності нормального перерізу від цього параметру. Графіки наведені для різних значень відносної висоти стисненої зони (початкове значення при  $h_0=0,45$  м):  $\xi=0,0195$  ( $\mu=0,05\%$  – мінімальний відсоток армування, що відповідає  $A_s=0,5$  см<sup>2</sup>);  $\xi=0,351$  ( $\mu=1,0\%$  – оптимальне армування,  $A_s=9,0$  см<sup>2</sup>);  $\xi=0,499$  ( $\mu=1,42\%$  – максимальне армування (межа переармування для  $h_0=0,36$  м),  $A_s=12,8$  см<sup>2</sup>). Як видно з графіка, кількість арматури в поперечному перерізі не суттєво впливає на відносне зменшення несучої здатності при зменшенні висоти перерізу. Так при мінімальному відсотку армування зменшення робочої висоти на 20% призводить до зменшення максимального згинального моменту, який може сприйняти переріз, також на 20%. При найбільшому значенні відсотка армування зменшення робочої висоти на таку ж величину тягне за собою зменшення несучої здатності на 26,6%. Причому ця залежність носить практично лінійний характер.

В процесі експлуатації, частіше за все, в балках зменшується не висота, а ширина поперечного перерізу. Розглянемо вплив такого зменшення на величину максимального згинального моменту. Причому в даній роботі розглядається лише рівномірне пошкодження (зменшення розмірів) з обох сторін. В іншому випадку має місце косий згин. З аналізу графіка, який наведений на рисунку 2, можна зробити висновок, що зменшення ширини поперечного перерізу в значно меншій мірі

впливає на величину несучої здатності ніж висота і також суттєво за-

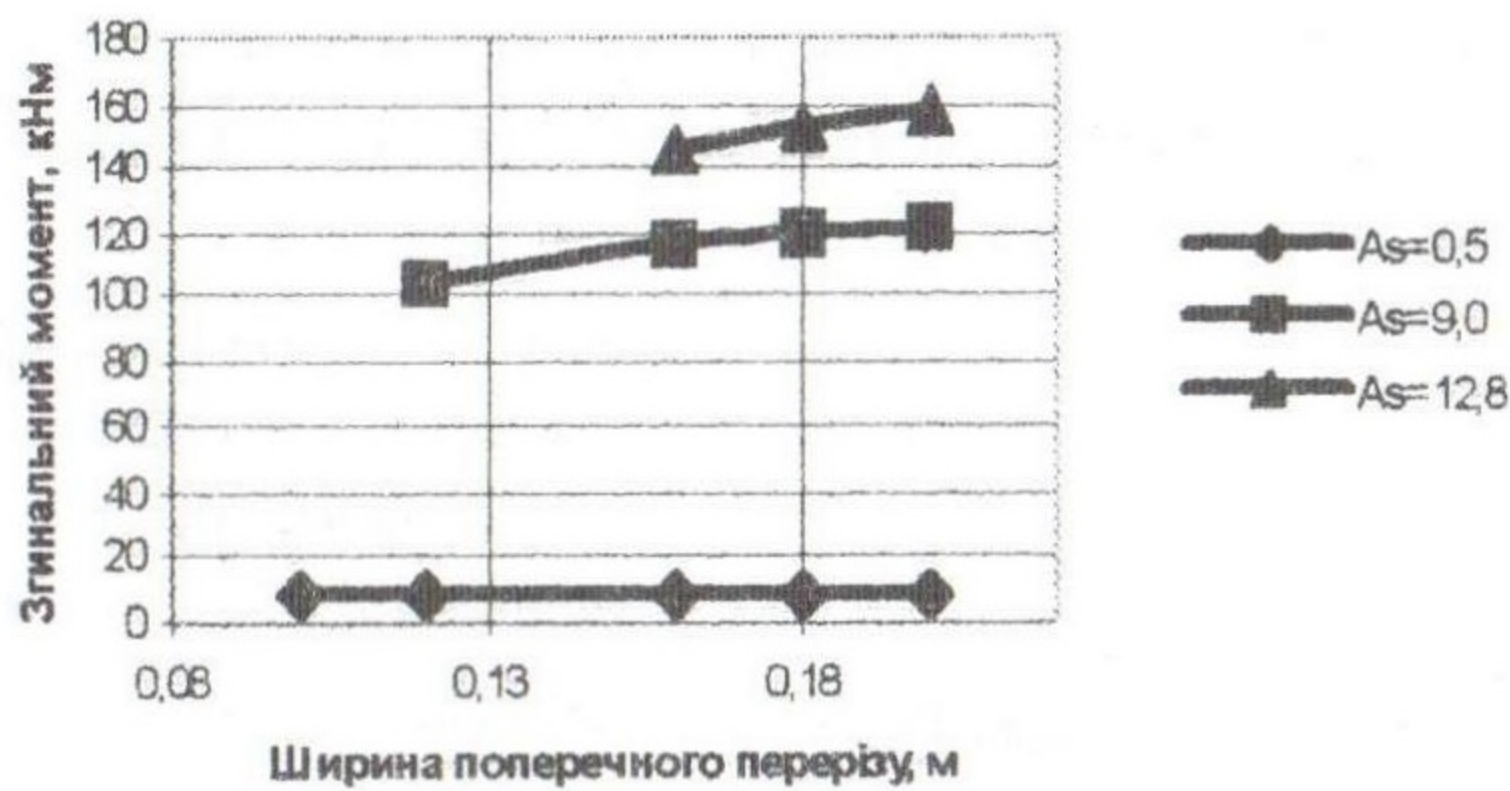


Рис. 2. Залежність несучої здатності від ширини перерізу

лежить від насиченості бетону робочою арматурою.

Так, у випадку, коли визначальним фактором є арматура (в разі малих відсотків армування), зменшення ширини на 50% призводить до зменшення несучої здатності ли-

ше на 1,1%. В іншому випадку (для максимального насичення арматурою) зменшення перерізу на 20% призводить до падіння міцності на 8,3%.

Третім вирішальним фактором, який впливає на несучу здатність нормальних перерізів залізо-бетонних елементів, що згинаються, є площа перерізу робочої арматури  $A_s$ . Під час експлуатації за рахунок корозії ця величина поступово та, як правило, рівномірно зменшується. Цілком очевидно, що таке зменшення тягне за собою падіння несучої

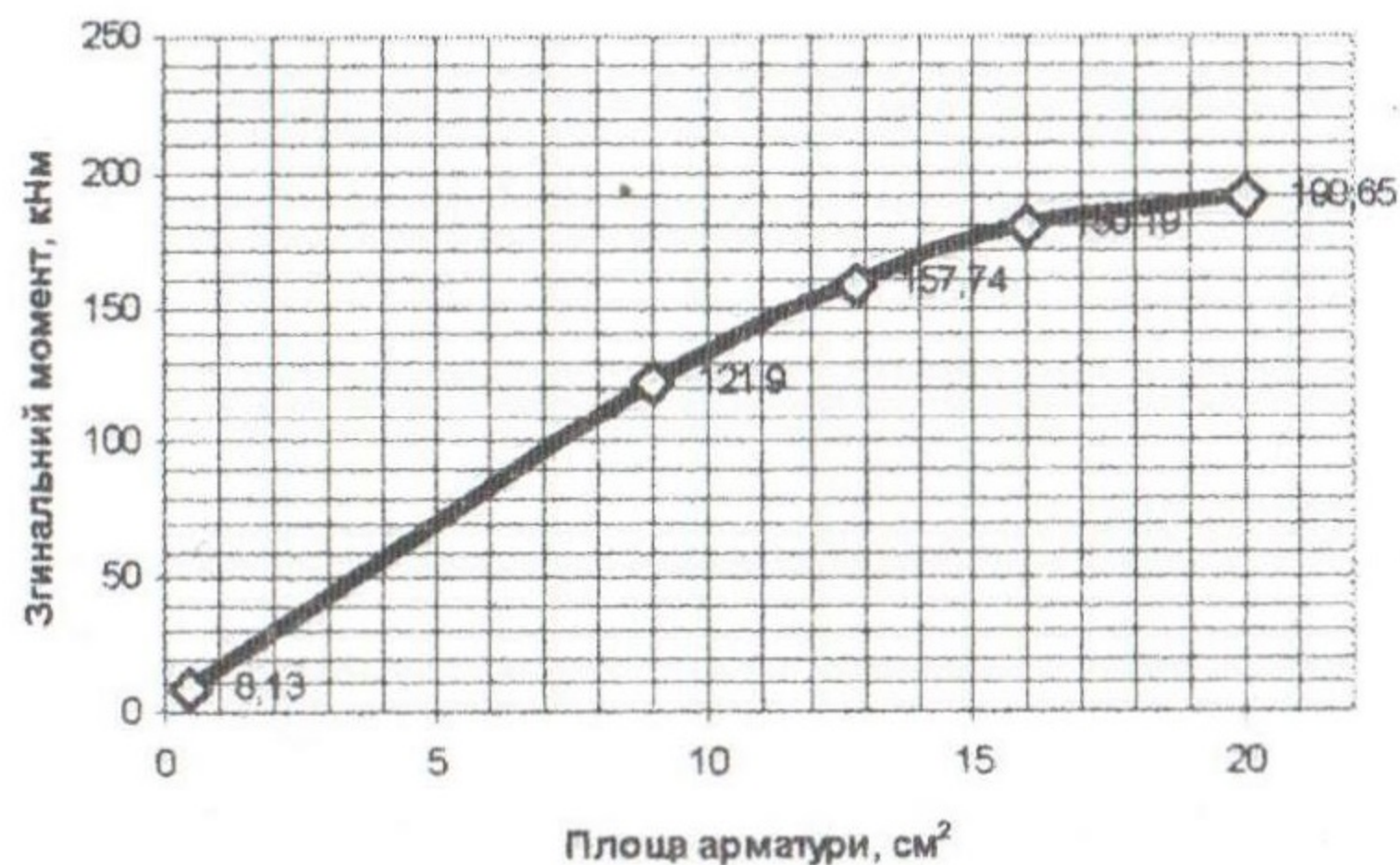


Рис. 3. Вплив кількості арматури в поперечному перерізі на несучу здатність

спроможності перерізу елемента (рис. 3). Швидкість падіння несучої здатності зі зменшенням площі робочої арматури залежить від коефіцієнта армування. При високих значеннях  $\mu$ , тобто на межі переармування, коли на момент початку руйнування (досягнення текучості в арматурі  $\sigma_s = \sigma_y$ ) напруження у бетоні значні ( $\sigma_b \rightarrow R_b$ ) або у випадку, коли  $\xi > \xi_R$ , зменшення величини  $A_s$  тягне за собою несуттєве падіння згинального моменту. Так для балки, що розглядається, у цьому діапазоні армування зменшення кількості армування на 20% призводить до втра-

ти несучої здатності на 5,5% (при  $\xi > \xi_R$ ); за умови  $\xi < \xi_R$  (при  $\mu \approx \mu_{opt}$ ) зменшення площі поперечного перерізу арматури на 30% призводить до зменшення несучої здатності уже на 22,7%. І, нарешті, при малій кількості арматури ( $\mu < \mu_{opt}$ ) маємо практично пропорційне падіння міцності зі зменшенням  $A_s$  (рис. 3).

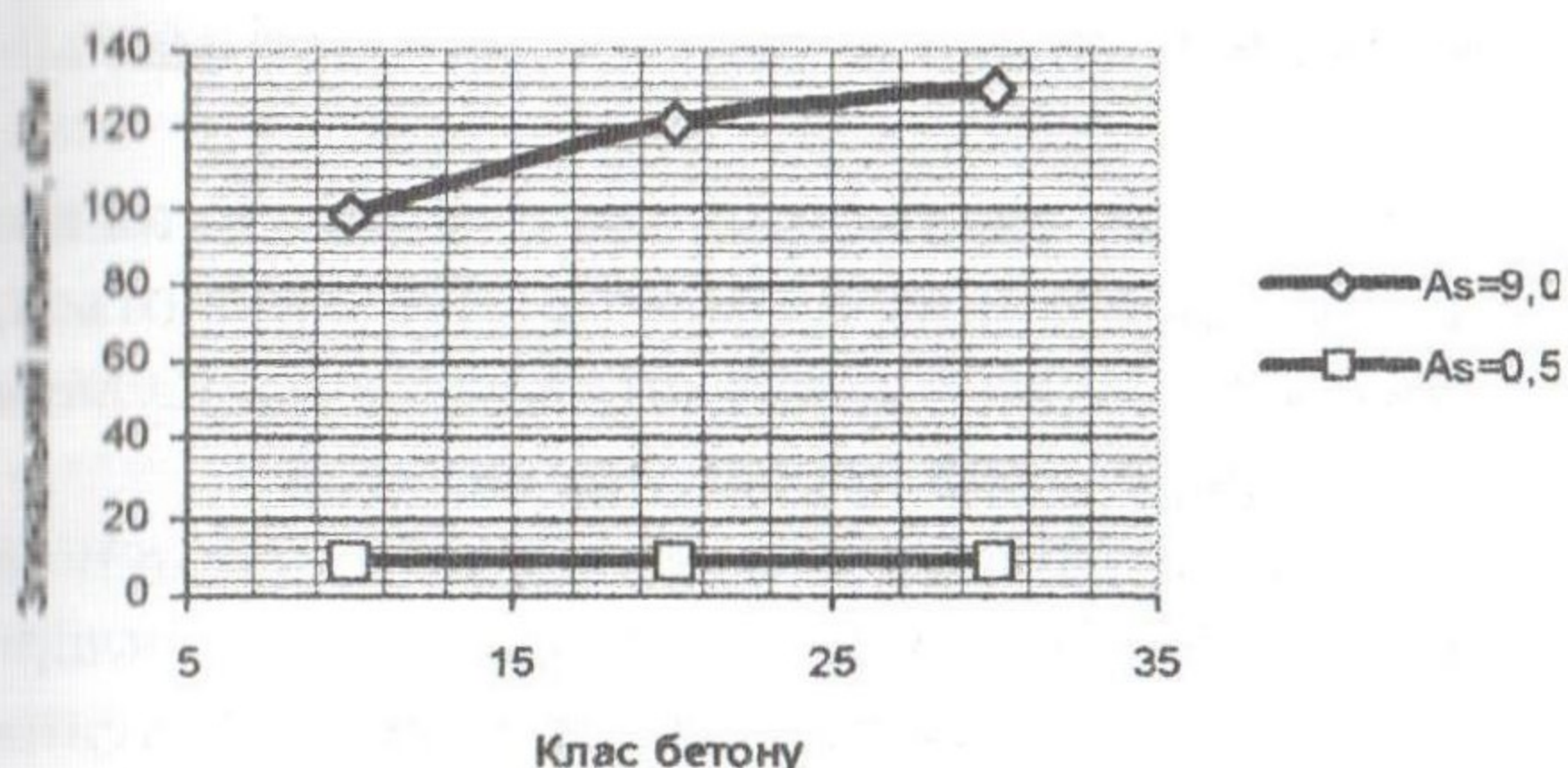


Рис. 4. Вплив класу бетону на несучу здатність

Зниження класу бетону в конструкціях, що експлуатуються (мається на увазі рівномірне зниження по усій висоті перерізу), частіше за все має місце при просоченні матеріалу нафтопродуктами. В 1988 р. було обстежено ділянку перекриття ампульного цеху Полтавського заводу медичного скла. Перекриття складалося з ребристої плити з товщиною плитної частини 100 мм та набетонки товщиною 80 мм. Проектний клас бетону плити був В25 (це підтвердилося неруйнівними випробуваннями матеріалу в місцях, що не зазнали впливу нафтопродуктів). В місцях, які піддавалися постійному впливу нафтопродуктів (проливання), були випилені зразки циліндрів Ø50 мм. Шляхом руйнуючих випробувань встановлено, що фактична міцність бетону відповідає класу В15. Причому, як було встановлено ультразвуковим дослідженням циліндричного зразка та вивченням його структури, зниження міцності відбулося рівномірно по усій висоті бетону полицки. Аналогічні пошкодження досліджувалися в 1990 р. на монолітному ребристому перекритті над складом готової продукції Білицького молочно-консервного комбінату (Полтавська область). Плита товщиною 120 мм із бетону класу В15 просочена по усій висоті мастилом, що проливалось від паяльної машини, в результаті чого міцність бетону знизилася і стала (на момент дослідження) відповідати класу В10 (причому рівномірно по усій товщині плити).

На рисунку 4 відображена зміна несучої здатності нормального перерізу зі зменшенням міцності (класу) бетону. Верхній графік наведений для оптимально армованого перерізу. Причому, зі зменшенням міцності бетону величина  $\xi$  досягала (для класу В10) свого граничного значення  $\xi_R$ . Нижній графік показано для мінімально можливого армування. Як видно з графіка, зміна міцності бетону впливає на зміну міц-

Зниження класу бетону в конструкціях, що експлуатуються (мається на увазі рівномірне зниження по усій висоті перерізу), частіше за все має місце при просоченні матеріалу нафтопродуктами. В 1988 р. було обстежено ділянку перекриття ампуль-

ності нормального перерізу елементів, що згинаються, не суттєво. Так для оптимально армованих елементів, які найчастіше зустрічаються в практиці експлуатації, зменшення класу бетону від В30 до В10, тобто зміна міцності на 65,2%, призвело до зменшення несучої здатності лише на 24,8%. Для слабоармованих елементів зниження міцності ще менше (нижній графік на рисунку 4). При такому ж зменшенні класу бетону і мінімальному армуванні зменшення несучої здатності має місце лише на 1,1%.

Таким чином, при зміні основних параметрів, які впливають на міцність нормальних перерізів залізобетонних елементів, що згинаються, необхідно не лише аналізувати величину цих змін, але і враховувати при цьому вплив насиченості поперечного перерізу арматурою.

В [2] наведена методика, яка дає можливість реалізувати наведене в статті ранжирування параметрів залізобетонних конструкцій на імовірнісній основі. В цьому випадку ми отримуємо ймовірність зменшення несучої здатності залізобетонної конструкції при зміні її характеристик.

### *Висновки*

1. Встановлено, що вплив параметрів залізобетонних конструкцій залежить від насиченості поперечного перерізу арматурою.

2. Наведені пропозиції можуть бути використані при оцінюванні технічного стану та його прогнозуванні.

### *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 Е.В., Семко А.В. Применение равнонадежных железобетонных конструкций — резерв экономии / Строительные материалы и конструкции. — Киев: Будівельник, 1988. — № 4. — С. 27-28. 3. Ранжирование параметров железобетонных конструкций при их диагностике // Савицкий Н.В., Швец Н.А., Тытюк А.А. / Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. Вип. 59, кн. 2. — К.: НДІБК, 2003. — С. 252-260. 4. 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.