

состава колебаний и расширению областей существования субгармонических режимов колебаний. Наличие нескольких гармонических составляющих внешнего возмущения приводит к расщеплению фазовых траекторий резонансных колебаний на плоскости  $(y, \ddot{y})$ .

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Андронов А.А., Е.А. Леонтович, И.И. Гордон, А.Г. Майер. Качественная теория динамических систем второго порядка -М.: Главное издательство. Государственное издательство физико-математической литературы, 1966.- 568с.
2. Гроп. Идентификация механических систем. – М.: Мир, 1979. – 312 с.
3. Волкова В.Е. Анализ методов параметрической идентификации динамических систем//Сб. «Строительство, материаловедение, машиностроение» - вып.56, - Днепропетровск ПГАСиА. – 2010. – с. 104-109
4. Казакевич М. И., Волкова В. Е. Фазовые траектории нелинейных динамических систем. Атлас. – Днепропетровск: Наука и образование, 2002. – 94 с.
5. Казакевич М. И., Волкова В. Е. Динамика систем с двумя потенциальными ямами. – Днепропетровск: Арт-Пресс, 2000. – 160 с.
6. Меньшиков Ю.Л. Поляков Н.В. Идентификация моделей внешних воздействий.- Днепропетровск: Наука и образование, 2009.- 188с.
7. Плахтиенко Н.П. Методы идентификации механических колебательных систем// Прикладная механика. - 2000. - 36, № 12- С. 38 - 68.
8. Kerschen G., Worden K., Vakakis A.F., Golinval J.-C., Past, present and future of nonlinear system identification in structural dynamics// Mechanical Systems. Signal Process.-vol. 20 (3)- 2006.-p 505–592.

УДК 624.016:519.24

### ТИПОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ДЕФЕКТІВ ТА ПОШКОДЖЕНЬ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

*к.т.н., с.н.с. Воскобійник О.П.*

*Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка, Полтава*

**Постановка проблеми.** При розгляді актуальної на сьогодні проблеми забезпечення конструктивної надійності будівель та споруд на перший план виходять задачі вияву потенційно небезпечних ситуацій, що можуть призвести до аварійного руйнування. Відповідно адекватна експертна оцінка технічного стану об'єктів будівництва, а також своєчасне втручання в процес

експлуатації шляхом проведення заходів з підвищення експлуатаційних якостей деградуючих будівельних конструкцій, що зазнають фізичного зношення, має одне з вирішальних значень. Іншим аспектом цього питання є невідповідність діючої нормативної бази з питань технічної експлуатації будівельних конструкцій вимогам сьогодення. По-перше, має місце неузгодженість положень чинних норм, що регламентують питання діагностування технічного стану будівельних конструкцій, виконаних з різних матеріалів (бетону, залізобетону, металу). З іншого боку, конструктивні форми в наш час розвиваються швидше, ніж норми їх розрахунку та стандарти на виготовлення й випробування. Саме така ситуація в Україні склалася зі сталезалізобетонними конструкціями, для яких, незважаючи на широке застосування, на сьогодні відсутні вітчизняні норми розрахунку, проектування та оцінювання технічних станів.

**Зв'язок з науковими та практичними завданнями та аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз нормативних [3, 4] та довідкових [2] джерел, присвячених питанням обстеження залізобетонних та металевих конструкцій, свідчить, що більшість рекомендації, за якими можна надати експрес-висновок про технічний стан, базуються на співставленні фактичних та нормованих параметрів можливих дефектів і пошкоджень, наведених, як правило, у вигляді відповідних таблиць. Такий підхід хоча і дає змогу лише опосередковано судити про технічний стан об'єкту діагностування та є досить формалізованим, але при відповідному узагальненні може слугувати методологічною основою для розроблення відсутніх, на сьогодні, аналогічних рекомендацій щодо комплексних сталезалізобетонних конструкцій.

Таким чином, основною метою статті є на основі типологічного порівняльного аналізу закономірностей утворення та розвитку дефектів і пошкоджень (на прикладі згинальних елементів, виконаних з різних конструктивних матеріалів: залізобетону, металу, сталезалізобетону), розробити відповідну класифікацію для сталезалізобетонних конструкцій. Такий підхід може слугувати методологічною основою для подальшого розроблення основних засад нормування технічних станів розглядуваного типу конструктивних елементів.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Контроль відповідності параметрів будівельного об'єкта або його елементів вимогам надійності та безпеки [4] здійснюється шляхом перевірки відповідності певних контрольних умов. Для кожного об'єкта (в даному випадку будівельної конструкції або елементу) можливо вказати перелік параметрів, які в тій чи іншій мірі будуть характеризувати його технічний стан. Таким чином, при діагностуванні (обстеженні) постає проблема визначення діагностичних (контрольованих) параметрів, за якими можна судити про технічний стан будівельних конструкцій на даний момент часу (як правило, на момент обстеження). Вибір контрольованих параметрів залежить від застосованого методу діагностування (контролю технічного стану). Основним критерієм відповідності вимогам експлуатаційної придатності будівельних конструкції при їх візуальному обстеженні є, насамперед, аналіз наявних дефектів та пошкоджень.

Згідно визначень, прийнятих в нормах [5], щодо питання оцінювання технічного стану будівельних конструкцій, відхилення якості, форми або фактичних розмірів елементів та конструкцій від вимог нормативно-технічної чи проектної документації, яке виникає при проектуванні, виготовленні та монтажу називаються дефектами. Пошкодження [5] – відхилення від первісного рівня якості елементів та конструкцій, яке виникає під час експлуатації або аварії.

За характером виникнення дефекти та пошкодження можна поділити на три групи (рис. 1): технологічні дефекти (непов'язані безпосередньо з дією силових факторів); механічні дефекти та пошкодження (зумовлені зовнішніми механічними впливами на конструкцію, в тому числі дією агресивного середовища); силові пошкодження (пов'язані з навантажувальним ефектом).



Рис. 1. Класифікація дефектів та пошкоджень будівельних конструкцій

До першої групи віднесені дефекти виготовлення конструкцій, пов'язані, як правило, з порушенням технології. Для залізобетонних елементів, це перш за все, наявність усадкових або нормальних тріщин в стиснутій зоні балок, що пов'язане з недотриманням водоцементного відношення або нерівномірному (неосесиметричному) попередньому напруженні елементів залізобетонних, металевих та сталезалізобетонних балок. В сталевих та сталезалізобетонних балках до такого типу дефектів належить недотримання технології (черговості та режиму) зварювання, що призводить до локального деформування окремих елементів. Неправильне складування та транспортування таких конструкцій, а також неточність виготовлення опалубки або прокату призводить до наявності початкових викривлень (відхилень від прямолінійного положення) або зміни форми поперечного перерізу.

До другої групи віднесені механічні дефекти та пошкодження, виникнення яких зумовлене зовнішніми механічними діями (удари, сколювання, вирізи) або впливом агресивного середовища (корозія, зволонення, дія високих температур, тощо). Такого роду впливи можуть мати місце як під час виготовлення або транспортування конструкції (дефекти), так і на стадії експлуатації (пошкодження). Механічні дефекти та пошкодження призводять, як правило, до зменшення площі поперечного перерізу, або зміни фізико-механічних характеристик матеріалів (наприклад, при дії високих температур), але в будь-якому разі їх наявність тією чи іншою мірою впливає на міцність, довговічність та експлуатаційну придатність конструкцій.

До третьої групи нами віднесені силові пошкодження, що зумовлені безпосередньо дією навантажень (навантажувальним ефектом) під час експлуатації будівельних конструкцій. До такого роду пошкоджень відносяться прояви (індикатори) перевантаження – надмірні деформації та переміщення конструкції, силові тріщини, зміна форми та положення, тощо. Всі ці пошкодження пов'язані дією навантажень, під якими розуміються як і безпосередньо силові впливи, так і впливи від змінення опор, зміни температур та інших подібних явищ, що викликають реактивні сили. Усадка або зварні напруження є також проявами зовнішнього навантажувального ефекту (впливу), але в запропонованій класифікації вони віднесені до технологічних дефектів, як не пов'язані з безпосередньо із зовнішніми проектними силовими впливами.

Наявність силових пошкоджень є свого роду «індикаторами» перевантаження конструкції. При чому їх виникнення може бути зумовлене як дією завеликих навантажень, так і зменшенням несучої здатності конструкцій внаслідок наявності іншого роду дефектів та пошкоджень (технологічних та механічних). Отже, при розгляді впливу цих факторів на технічний стан необхідна комплексна оцінка зовнішніх (навантажувальних ефектів) та внутрішніх (несучої здатності) властивостей будівельних конструкцій. Так, наприклад, сама по собі наявність механічних пошкоджень, що призводить до зменшення площі перерізу елемента або виникнення додаткових ексцентриситетів прикладання навантаження не може слугувати критерієм віднесення конструкції до тієї чи іншої категорії технічного стану. Навіть при значних втратах площі поперечного перерізу несуча здатність конструктивного елемента може бути забезпечена при наявності відповідних запасів міцності, закладених при проектуванні. З іншого боку технологічні дефекти або механічні дефекти та пошкодження можуть бути ініціаторами перевантаження конструкції і при незначному (меншому за розрахунковий) навантажувальному ефекті, особливо, якщо конструкція запроєктована без запасів. В цьому разі вони призводять до виникнення силових пошкоджень (тріщин, деформацій, переміщень), досягнення якими певних меж свідчить про перевантаження конструкції. Отже, силові пошкодження слугують свого роду індикаторами категорій технічного стану, що потребує капітального ремонту (при незабезпечені вимог експлуатаційної придатності) або підсилення чи розвантаження та повної заміни (при незабезпечені несучої здатності) конструктивного елемента.

Запропоноване в статті порівняння аналогічних за походженням та ступенем впливу на параметри експлуатаційної придатності (категорію технічного стану) дефектів та пошкоджень (металевих, залізобетонних, сталезалізобетонних – комплексних) дозволяє виявити закономірності в утворенні, розрахунку та підсиленні різних типів конструктивних елементів. Отже, запропоноване авторами типологічне порівняння дає змогу встановити особливості ознак категорій технічного стану сталезалізобетону, якому притаманні певні властивості як залізобетону, так і металу, а також виділити характерні відмінні риси комплексних сталезалізобетонних конструкцій при діагностуванні їх технічного стану.

Розроблена на основі відомих рекомендацій [2] типологічна класифікація ознак технічного стану (на прикладі згинальних елементів, виконаних з різних типів конструктивних матеріалів – залізобетону, металу, сталезалізобетону), може бути представлена у вигляді таблиці, запропонованої автором в [1]. В рядках цієї таблиці наведені аналогічні за походженням (причиною виникнення), тобто типологічні, дефекти та пошкодження, причини їх виникнення та рекомендації щодо усунення та подальшої експлуатації конструкцій. Порівняльний аналіз схеми виникнення дефектів та пошкоджень (відповідно до [1]) свідчить, що їх можна поділити на дві основні групи: дефекти та пошкодження, що виникають внаслідок дії силових або технологічних факторів (рис. 3).

Виникнення силових дефектів та пошкоджень зумовлене дією того чи іншого силового фактору. Для балок це, перш за все, згинальний момент та поперечна сила. Вплив цих силових факторів, насамперед, і визначає характер та місце розташування силових дефектів та пошкоджень згинальних елементів. Очевидно, що для розглянутого типу конструкцій (однопротітних розрізних балок) можливо виділити зони дії найбільш небезпечних (екстремальних) силових факторів. Розташування цих місць залежить від співвідношення геометричних розмірів згинальних елементів ( $h/l_0$ ), їх форми перерізу, системи прикладання сил, тощо, але в загальному випадку має вигляд близький до зображеного на рис. 2.

Внаслідок порівняння характеру прояву перевищення зовнішніх силових факторів, що призводить до виникнення екстремальних напружень в небезпечних зонах згинальних елементів (рис. 2) при експлуатації

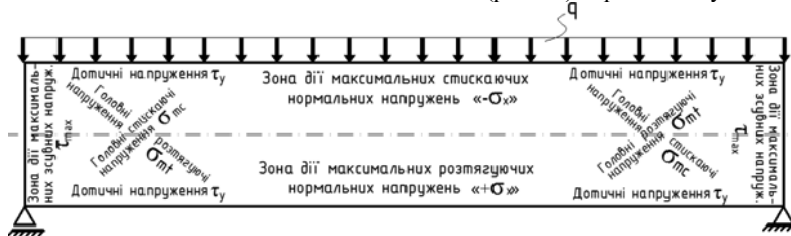


Рис. 2. Характерні зони дії найбільш небезпечних силових факторів, що діють в однопротітних розрізних балках

залізобетонних та сталевих елементів, можна виділити як аналогічні (наприклад, збільшення прогинів при підвищенні згинального моменту – перевантаженні, що викликає зростання максимальних нормальних напружень «+  $\sigma_x$ » і «-  $\sigma_x$ »), так і відмінні риси, пов'язані з особливостями роботи балок з різних конструктивних матеріалів.

До таких характерних (притаманних лише окремому типу конструктивних елементів) ознак належать втрата стійкості стінки сталевих елементів при розвитку напружень зсуву  $\tau_{max}$  через зростання поперечної сили ( $Q_{max}$ ), або утворення похилих тріщин в залізобетонних елементах внаслідок сумісної дії згинального моменту та поперечної сили (зростання головних стискаючих  $\sigma_{mc}$  та розтягуючих  $\sigma_{mt}$  напружень). Отже, проявами силових впливів для згаданих типів конструкцій є виникнення силових пошкоджень, що є індикаторами технічного стану (недопустимих прогинів, деформацій, тріщин), закономірності утворення яких (на відміну від сталезалізобетонних конструкцій) в літературі вивчені досить глибоко [2]. Відмінною властивістю сталезалізобетону є те, що залежно від типу конструктивного вирішення такі елементи можуть мати характер роботи та ознаки, притаманні і іншим аналогічним конструкціям (металевим чи залізобетонним), або, навпаки, взагалі відмінні від обох цих типів конструкцій, нові, властиві лише комплексним елементам риси.

Типові дефекти та пошкодження згинальних елементів, можна згрупувати за видом силового фактору (рис. 3), що зумовлює їх виникнення: переважний вплив згинального моменту або поперечної сили. Як правило, утворення відповідних силових пошкоджень характерне в зонах дії максимальних (екстремальних) силових факторів, що зумовлюють їх появу (рис. 2), а саме пошкодження, які викликані дією згинального моменту ( $M_{max}$ ) локалізуються в середній частині прольоту балки, поперечної сили ( $Q_{max}$ ) – поблизу опорних частин.

Пошкодження, які виступають індикаторами дії занадто великого згинального моменту (перевантаження), або призводять до його зростання можна віднести до першої групи, до якої належать пошкодження, показані на рис. 3: поз. «1», «4», «7», «9», «11», «12», «13».

Утворення пошкоджень під номерами «4», «7» та «11» свідчить про початок руйнування стиснутої зони всіх розглядуваних типів балок внаслідок дії згинального моменту («4», «7») або під впливом високих температур («11»). В залізобетонних елементах поява такого типу пошкоджень (індикаторів) можлива внаслідок їх переармування або використанні «слабкого» бетону, проявом чого є утворення поздовжніх тріщин в стиснутій зоні, лещадок та роздавлювання бетону. Окрім того наявність нормальних тріщин в стиснутій зоні залізобетонних елементів може бути зумовлена і дефектами (порушенням технології) виготовлення, що буде розглянуто далі.

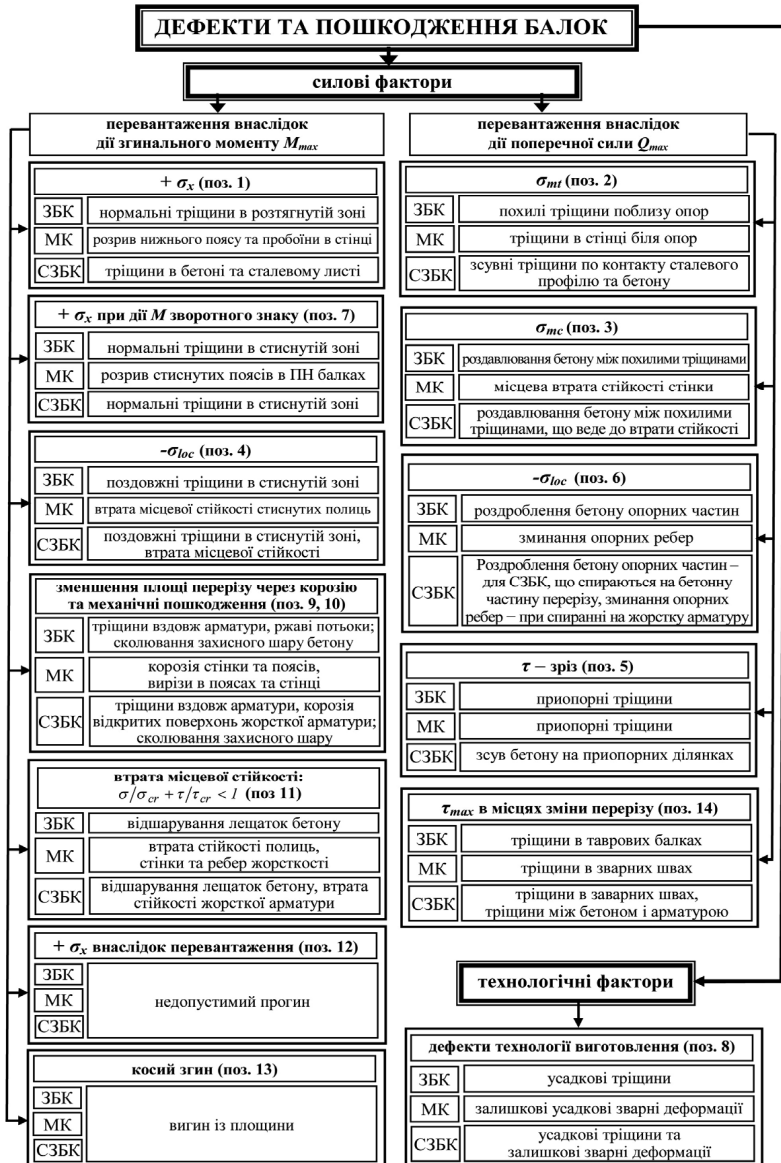


Рис. 3. Порівняльна схема причин виникнення дефектів та пошкоджень в балках

В сталевих балках цей ефект проявляється у вигляді втрати стійкості стиснутих полиць (поз. «4», рис. 3), появи ліній Людерса-Чернова, надмірних деформацій стиснутої зони під впливом високих температур (поз. «11», рис. 3), тощо. В сталезалізобетонних балках ознаки пошкоджень першої групи, як правило, більш наближені до їх проявів в залізобетонних конструкціях, окрім випадків використання (встановлення) сталевих елементів у стиснутій зоні. В цьому випадку перевантаження внаслідок дії згинального моменту викликає втрату стійкості стінки – незйомної опалубки або відрив стиснутих сталевих полиць від бетону, одночасно ці процеси супроводжуються роздавлюванням прилеглого до сталі бетону. Прикладом таких сталезалізобетонних елементів є залізобетонні балки із зовнішнім листовим армуванням, що слугує незйомною опалубкою.

Пошкодження під номерами «1» та «12» проявляються або по всій довжині балки (прогин), або локалізуються в зоні дії максимальних нормальних розтягуючих зусиль (поява нормальних тріщин, що більш характерно для залізобетонних балок, свідчить про перевантаження лише при значній ширині розкриття –  $a_{срс} > 0,4$  мм, або при меншій ширині розкриття – за особливих вимог щодо тріщиностійкості залізобетонних конструкцій).

Пошкодження під номерами «9» та «10» відносяться швидше до експлуатаційних, що виникають внаслідок зовнішніх несилкових (навантажувальних) впливів – дії агресивного середовища (корозія сталі та бетону), високих температур, механічних пошкоджень (удари, влаштування вирізів, отворів в елементах, тощо), та знижують несучу здатність балок за згинальним моментом. Тріщини та сколювання бетонного захисного шару виникають через розширення (збільшення в об'ємі) продуктів корозії, що викликає розколювання захисного шару бетону у вигляді тріщин вздовж кородованої арматури, «дутиків» – виколів тонкого ( $a < 3...5$  мм) захисного шару бетону, з часом розвиток цих процесів призводить до повного відриву захисного шару бетону після чого процеси корозії арматури розвиваються з більшою інтенсивністю. Сталеві та сталезалізобетонні балки, в яких відсутній захисний шар бетону, більш «чутливі» до впливу агресивного середовища, що викликає розвиток корозійних процесів в металі. Поступове зменшення площі перерізу елементів внаслідок корозії викликає потребу в їх підсиленні, виконання якого здійснюється за розрахунком із урахуванням фактичної площі пошкодженого перерізу.

Щодо впливу високих температур (пожежі), слід зауважити, що вогнестійкість сталезалізобетонних конструкцій, як правило, вища, ніж сталевих, в яких при температурах вищих за 300°C спостерігається явище температурної повзучості.

До прояву впливу згинального моменту  $M$  відносяться і дефекти типу «7» та «13». В цих випадках відзначається, як правило, зміна знаку та (або) кута повороту діючого на конструкцію моменту. Такі дефекти виникають при нерівномірному (неосесиметричному) попередньому напруженні елементів залізобетонних, металевих та сталезалізобетонних балок або неправильному складуванні та транспортуванні таких конструкцій, що суттєво впливає на



експлуатаційну деформативність таких балок. Слід при цьому зауважити, що чітко зафіксувати наявність такого типу дефектів в балкових конструкціях можливо при їх монтажі або початкових стадіях навантаження. Допустимі вигини балок з початковими дефектами встановлюються згідно розрахунку та залежно від рівня діючого навантаження виконуються їх підсилення. Також слід підкреслити, що утворення нормальних тріщин в стиснутій зоні згинальних залізобетонних та сталезалізобетонних елементів може бути зумовлене силовими впливами, як під час виготовлення (дефекти), так і при експлуатації (пошкодження). Але в будь-якому випадку цей тип дефектів та пошкоджень є проявом (індикатором) завеликого згинального моменту на стадії виготовлення або експлуатації. Хоча в першому випадку це свідчить про порушення експлуатаційних вимог, що висувуються до конструкції (II група граничних станів) і є менш небезпечним, ніж в другому випадку, коли має місце переважання конструкції.

Друга група дефектів та пошкоджень за дією переважного силового фактору – це пошкодження викликані дією поперечної сили, як правило, в поперечному перерізі балки.

В залізобетонних конструкціях це пошкодження типу «2» та «3», що виникають при недостатній кількості поперечної арматури та невеликій ширині поперечного перерізу внаслідок сумісної дії згинального моменту та поперечної сили в зоні дії максимальних головних стискаючих  $\sigma_{mc}$  (поз. 3, рис. 3) та розтягуючих  $\sigma_{mt}$  (поз. 2, рис. 3) напружень. В сталевих балках індикаторами недостатньої несучої здатності на дію поперечної сили слугують наступні прояви (пошкодження): втрата стійкості стінки (поз. «3», рис. 3) або утворення тріщин у стінці (поз. «2», рис. 3) – при недостатній витривалості або застосуванні крихких сталей. В сталезалізобетонних конструкціях задача визначення несучої здатності на дію поперечної сили  $Q$  ускладнюється необхідністю сумісного розрахунку бетону, підсиленого сталевим прокатом та стійкості сталевих листа, приклеєного до бетону. В цьому випадку можлива поява додаткового ефекту від сумісної роботи елементів сталезалізобетонної конструкції.

Пошкодження типу «6» свідчить про зминання при неправильно законструйованих опорних майданчиках або їх недостатніх розмірах, що відбувається при помилках монтажу конструкцій. Цей тип пошкоджень є досить небезпечним та практично у всіх випадках при виявленні вимагає підсилення опорних ділянок пошкоджених балок. Для сталезалізобетонних конструкцій це питання вимагає додаткових досліджень, так як розмір опорного майданчика таких елементів може бути меншим, ніж аналогічних залізобетонних та більшим, ніж у сталевих балок.

Пошкодження типу «5» та «14» є індикаторами дії максимальних дотичних напружень. В залізобетонних балках зоною дії цих внутрішніх силових факторів є зона на межі анкерування робочої арматури (при її проковзуванні, вириванні – тип «5») або переріз між стінкою та полицею таврових перерізів, де можливе виникнення поздовжніх тріщин відриву – тип «14». Аналогічні дефекти можуть виникати і сталезалізобетонних балках. В

сталевих балках проявом цього типу пошкоджень є, як правило, тріщини в флангових зварних швах, викликані дією дотичних напружень, та приопорні тріщини (тип «5») в опорному ребрі та між стінкою та полицею. Ці пошкодження вимагають підсилення за розрахунком. Для сталевих балок слід при підсиленні слід застосовувати спеціальну технологію зварювання (отвори-ловителі, заварка ділянками – протиходом, попередній прогрів, розробка кромок та т. ін.)

Остання третя група для всіх типів розглядуваних балок (залізобетонних, металевих та сталезалізобетонних) – це дефекти, виникнення яких зумовлене технологічними факторами – тип «8», та не пов'язане з навантажувальним ефектом в процесі експлуатації. Зоною розповсюдження третьої групи дефектів, як правило, є вся довжина балки.

В залізобетонних балкових конструкціях причиною виникнення цього типу дефектів є недотримання технології їх виготовлення, наприклад, перевищення водоцементного відношення, що викликає появу значних усадкових деформацій, глибокого початкового тріщиноутворення, зниження міцності бетону і як наслідок – прискорення корозії захисного шару бетону. В сталевих та сталезалізобетонних балках цей дефект виникає через недотримання технології (черговості та режиму) зварювання, що призводить локального деформування окремих елементів балок, або як наслідок корозійних впливів та зміни температурного режиму, впливу високих температур, тощо. Такі елементи підсилюються за розрахунком після відновлення захисного покриття.

Підсумовуючи вищесказане, можна зробити висновок, що фактично для всіх типів балкових конструкцій характерне утворення декілька типів дефектів та пошкоджень, за рахунок переважного впливу різних навантажувальних факторів – згинального моменту та поперечної сили, ступінь впливу яких відрізняється залежно від їх конфігурації (співвідношення  $h/l_0$ ), а отже, як свідчить досвід проєктування таких елементів їх рівномірність досягається досить рідко.

Дефекти та пошкодження, викликані привалуючою дією згинального моменту  $M$  характеризуються концентрацією індикаторами їх прояву поблизу середини прольоту балки – в зоні дії максимального згинального моменту  $M_{max}$  – це і нормальні тріщини при (більш характерні для залізобетону), і тріщини при дії моменту зворотного знаку (в попередньо-напружених конструкціях, або від дії моменту з площини балки – косий згин, нерівномірне попереднє напруження, транспортні або монтажні впливи).

Підсумовуючи вищесказане, слід відмітити, що наявність дефектів та пошкоджень в залізобетонних, металевих та сталезалізобетонних конструкціях, зазвичай, призводить до зміни характеру їх роботи під навантаженням через зміну геометричних характеристик перерізів та способу прикладання навантаження, що зумовлює виникнення непередбачених при проєктуванні таких конструкцій складних видів деформування.

Проведений аналіз свідчить, що завдяки сумісній роботі при поєднанні складових компонентів сталезалізобетону, реалізуючи принцип резервування,

такий тип конструктивних елементів характеризується меншою (порівняно з залізобетоном та металом) «чутливістю» до дефектів та пошкоджень. Доведено, що сталезалізобетонні конструкції, навіть, після досягнення арматурою (жорсткою та гнучкою) межі текучості можуть сприймати значні (до 10-15%) навантаження, працюючи в пластичній стадії. Ця особливість характеризує підвищену живучість сталезалізобетону. З іншого боку, найбільш небезпечним для сталезалізобетонних конструкцій є відсутність (дефект) або порушення (пошкодження) сумісної роботи, вузлів та засобів з'єднання.

**Висновки.** На основі проведеного типологічного аналізу закономірностей утворення та розвитку дефектів і пошкоджень (на прикладі згинальних елементів, виконаних з різних конструктивних матеріалів: залізобетону, металу, сталезалізобетону), в статті запропоновано відповідну класифікацію для сталезалізобетонних конструкцій. Застосований підхід може слугувати методологічною основою для подальшого розроблення основних засад нормування технічних станів розглядуваного типу конструктивних елементів.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Воскобійник О. П. Типологічне порівняння дефектів та пошкоджень залізобетонних, металевих та сталезалізобетонних балкових конструкцій [Текст] / О.П. Воскобійник // Вісник національного університету «Львівська Політехніка». Теорія і практика будівництва. – 2010. – № 662. – С. 97 – 103.
2. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий: атлас схем и чертежей [Текст] / А. И. Мальганов, В. С. Плевков, А. И. Полищук. – Томск: Том. ун-т, 1990. – 456 с.
3. ДБН 362-92 Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації. – Введ. 1992–03–15. – К.: Держбуд України, 1992. – 45 с.
4. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ [Текст]. Введ. 2009 – 12- 01 – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.
5. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд / Державний комітет будівництва архітектури та житлової політики України та Держнаглядохоронпраці Україна – К.: 1997.
6. Семко О. В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : монографія / А. В. Семко. – К. : Сталь, 2004. – 320 с.
7. Стороженко Л. І. Залізобетонні конструкції в незійомній опалубці [Текст] / Л. І. Стороженко, О. І. Лапенко. – Полтава : АСМИ, 2008. – 312 с.