

УДК 624.016:519.24

## КЛАСИФІКАЦІЯ ДЕФЕКТІВ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КАРКАСІВ

*к.т.н., с.н.с. Воскобійник О.П.*

*Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка, Полтава*

**Постановка проблеми.** Сьогодення ставить до сучасної будівельної науки задачі створення нових типів надійних та ефективних конструктивних систем, що дозволяють раціонально поєднати програми енергозбереження, економії ресурсів та зменшення матеріаломісткості виробництва, з одного боку, та забезпечення надійності й конструктивної безпеки будівель і споруд – з іншого. Цим вимогам цілком відповідають сталезалізобетонні каркаси, що поєднавши в собі для сумісної роботи окремі конструктивні елементи, виконані з різних матеріалів (сталі, бетону, залізобетону, сталезалізобетону), створюють широке різноманіття комплексних конструктивних систем, тим самим дозволяючи досить гнучко вирішувати цілу низку оптимізаційних задач проектування.

**Зв'язок з науковими та практичними завданнями та аналіз останніх досліджень та публікацій.** 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, адже широке впровадження сталезалізобетону в Україні, яке відбувалось останні десять років і привело до прийняття основного документа з проектування ДБН В.2.6-160:2010 «Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення» [4], не зняло всіх питань, пов'язаних з особливостями проектування, будівництва, експлуатації, нормування розрахунку та оцінювання технічних станів таких конструктивних елементів. Хоча останнім часом в цьому напрямку проводяться активні наукові дослідження [3, 13, 2], які були започатковані в роботах [9, 14]. Це свідчить про нагальну необхідність у розвиток ДБН В.2.6-160:2010 [4] в найближчий час розробити ще цілий ряд стандартів (ДСТУ), серед яких нормативні документи, що регламентуватимуть процедуру обстеження, оцінювання технічних станів та підсилення сталезалізобетонних конструкцій та комплексних сталезалізобетонних конструктивних систем (каркасів), що є **невирішеною частиною загальної проблеми, котрій присвячується стаття.**

Таким чином, основною метою статті є створення узагальненої класифікації можливих дефектів різних типів сталезалізобетонних каркасів, проаналізувавши причини їх утворення, способи виявлення, розрахунку та підсилення.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Розглядаючи дефекти сталезалізобетонних каркасів (див. структурно-логічну схему, наведену на рисунку 2) слід зазначити, що вони розташовані в одному типологічному ряді з аналогічними залізобетонними та сталевими каркасами (рис. 1), що детально розглянуто в [8]. Тому типові дефекти сталевих та залізобетонних (збірних та монолітних) каркасів можуть мати місце при проектуванні, монтажі та

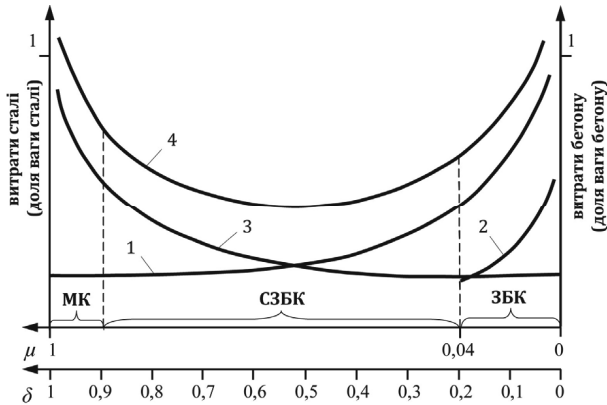


Рис. 2. Матеріаломісткість різних типів каркасів:  
 1 – вартість бетону; 2 – вартість опалубки; 3 – вартість сталі;  
 4 – сумарні витрати на матеріали;  $\mu$  – відсоток армування;  $\delta$  – частка несучої здатності сталевих елементів до обетонування

експлуатації й сталезалізобетонних конструктивних систем. Принципово відмінними будуть лише дефекти, пов'язані з незабезпеченням сумісної роботи складових комплексних перерізів: сталевого прокату та залізобетону або бетону замонолічування. Проте при аналізі класифікації дефектів сталезалізобетонних каркасів в першу чергу необхідно розглянути дефекти, що виникають внаслідок помилок при проектуванні та виготовленні сталезалізобетонних конструкцій, а також рекомендації щодо варіантів підсилення сталезалізобетонних каркасів з дефектами та пошкодженнями.

Загальна класифікація дефектів за можливим перевищенням вимог граничних станів поділяє їх на дві основні групи – за міцністю та деформативністю (рис. 2).

Особливістю та найбільш важливим фактором забезпечення надійності каркасів є проектування та виготовлення вузлів [5, 6, 7, 10, 11], тому що будь-який каркас – по суті це об'єднання окремих елементів в єдину будівельну систему саме за допомогою вузлів. Внаслідок цього комплексний характер роботи сталезалізобетонних вузлів має визначальну роль при проектуванні сталезалізобетонних каркасів і на сьогодні є недостатньо вивченим та не має широкої бази типових рішень, узгоджених будівельною спільнотою, а також відсутні відповідні нормативні документи з питань проектування вузлів сталезалізобетонних каркасів.

Фактично дослідження сталезалізобетонних вузлів в останні роки в Україні виконувались тільки в Полтавській школі професорів Стороженка Л.І. та Семка О.В. [8 – 12, 14, 15]. Хоча відомі дані про аварії сталезалізобетонних каркасів свідчать про першочергову роль саме вузлів, як джерел руйнування будівель в цілому. Тому розглядаючи вузли сталезалізобетонних каркасів слід детальніше зупинитись на силових факторах, що обумовлюють утворення дефектів при проектуванні та виготовленні.

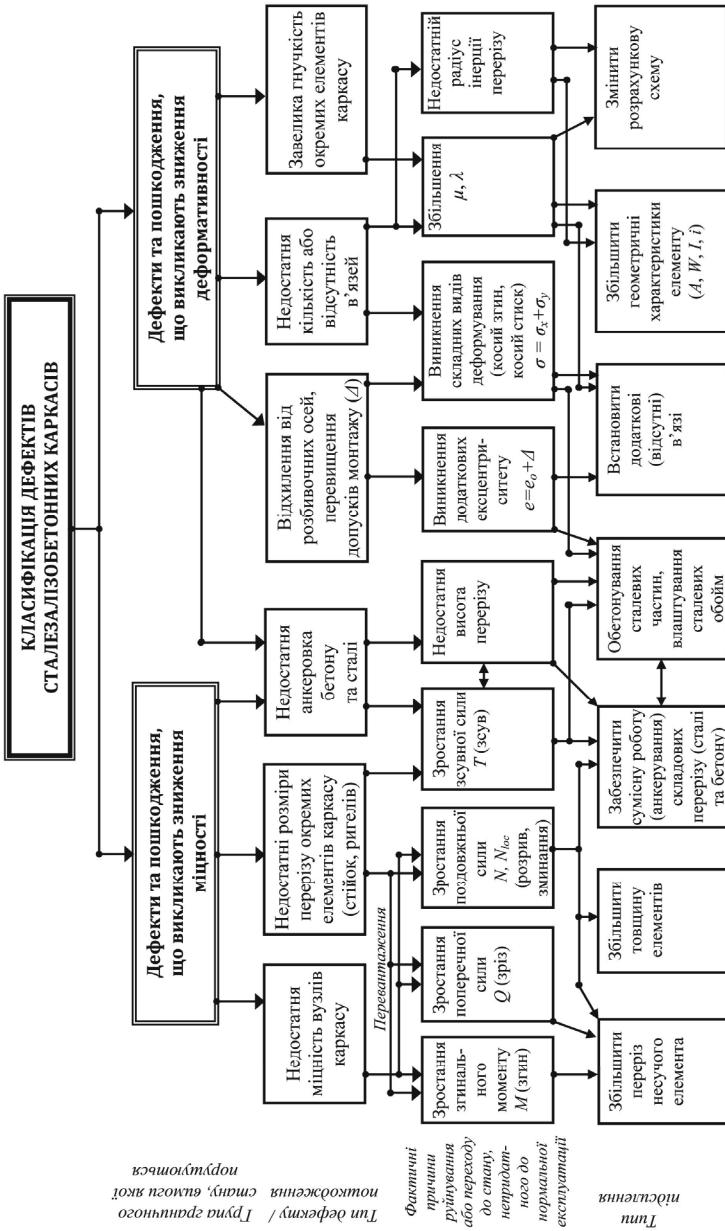


Рис. 2. Класифікація дефектів сталезалізобетонних конструкцій

Для рамних каркасів найбільш небезпечними є недооцінка фактора дії поперечної сили  $Q$ , що веде до крихкого прогресуючого руйнування каркасу. Типовим дефектом для сталезалізобетонних каркасів цієї категорії можуть бути недостатній переріз сталевих вертикальних фасонки, що зрізаються, недостатня кількість вертикальних стержнів в монолітному бетоні в зоні продавлювання, неякісне виконання чи недостатня кількість зварних швів, що працюють на зріз (це особливо небезпечно в шарнірних вузлах рам, де відсутні горизонтальні елементи, завдяки яким вузол сприймає згинальний момент). Для цих елементів також в першу чергу слід контролювати якість зварних швів, особливо в розтягнутих верхніх елементах жорстких вузлів. Проте при недостатній товщині стиснутих (нижніх) елементів можлива втрата їх місцевої стійкості, що збільшує деформативність вузла.

Досвід показує [7, 1], що досить небезпечним може бути і неврахування дії поздовжніх сил  $N$  ( $N_{loc}$ ), що передаються у вузли з ригелів каркасу. Це в свою чергу викликає розриви елементів від сумісної дії  $M$ ,  $Q$ ,  $N$ ; локальні змінання стінок колон (особливо трубчастого перерізу) у випадку не заповнення їх бетоном або недостатній його міцності в трубі [7] тощо. Тому особливо увагу слід приділяти сумісній дії всіх силових факторів у вузлі при проектуванні закладних деталей сталезалізобетонних каркасів із залізобетонними колонами [5], а також при використанні безфасонних вузлів [10]. Як правило, ступінь небезпеки дефектів вузлів перевіряється розрахунком, результати якого можуть свідчити про IV (аварійний) стан каркасу в цілому, навіть, коли зовнішніх пошкоджень у вузлі на стадії монтажу не було зафіксовано.

Як уже зазначалося, характерним лише для сталезалізобетонних каркасів є такий тип дефектів – як недостатнє анкерування бетону та сталевих прокатів (незабезпечення сприйняття зсувних зусиль  $T$ ). Дефекти виготовлення (чи помилки при проектуванні) у вигляді недостатньої кількості анкерних засобів між монолітним бетоном та сталевим прокатом досить часто зустрічається в сучасному будівництві. Проявляється він у вигляді підвищеної хисткості, деформативності елементів каркасу, що фактично працюють окремо. Внаслідок цього досить часто незаанкерені профнастилі сталезалізобетонних плит втрачає стійкість, а прогини сталевих балок, навіть під дією монтажних навантажень, можуть суттєво перевищувати допустимі (адже висота окремо бетонної частини перерізу та сталевих прокатів суттєво менша, ніж проектна висота комплексної сталезалізобетонної балки, а це зменшує не тільки жорсткість, а й міцність).

Вище перелічені дефекти мають, як правило, скритий характер, і можуть бути виявлені лише в процесі нагляду за будівництвом, а також внаслідок дії корисного навантаження. Проте існує цілий ряд дефектів (в тому числі у вигляді відхилень від проекту), що утворюються на стадії монтажу сталезалізобетонного каркасу та можуть бути досить легко виявлені при обстеженні. Це насамперед виникнення додаткових ексцентриситетів через відхилення колон від проектного вертикального положення чи неспівності монтажних елементів. При цьому виникають додаткові зусилля, що слід враховувати при розрахунку. Неточності монтажу досить часто призводять до фактичної роботи елементів в умовах складного деформування – косоного

згину, косою стиску, косою згину з крученням тощо [12], а це досить суттєво змінює параметри напружено-деформованого стану елементів каркасу.

Як правило, не викликає складності виявлення дефектів у вигляді відсутності або пошкодження (видалення, вирізання) в'язей, що збільшує розрахункову довжину та гнучкість елементів каркасу та може призвести до аварійно небезпечної втрати стійкості. Аналогічні наслідки можливі при наявності пошкоджень у вигляді корозії, вирізів, сколювань, що ведуть до зменшення геометричних характеристик перерізу стиснутих елементів каркасу.

Що стосується узагальненого аналізу типів підсилення окремих сталезалізобетонних елементів та сталезалізобетонного каркасу в цілому, то їх можна поділити на наступні основні групи:

- збільшення перерізів елементів за рахунок обетонування або влаштування обійми зі сталевого прокату, збільшення товщини окремих елементів сталевими накладками або залізобетонними рубашками;

- збільшення товщини сталевих елементів (частин перерізу) на дію локального навантаження або обетонування порожнин за елементами, що підсилюються;

- забезпечення анкерування шляхом встановлення анкерів-тяжів (попередньо-напружених), приклеювання окремих складових сталезалізобетонних конструкцій, влаштування жорстких упорів (по торцях) або в ніші бетону з подальшим обетонуванням;

- встановлення додаткових в'язей по каркасу (як вертикальних так і горизонтальних);

- зміна розрахункової схеми каркасу, а саме: переведення шарнірних вузлів у жорсткі; об'єднання розрізних балок у нерозрізні (і навпаки); переведення рамної системи у рамно-в'язеву; введення пружних опор для елементів каркасу тощо.

**Висновки.** В статті викладена узагальнена класифікація дефектів сталезалізобетонних каркасів, а також проаналізовані особливості їх утворення, виявлення, розрахунку та підсилення. При цьому особливу увагу приділено виділенню дефектів, характерних лише для сталезалізобетонних каркасів, у співставленні з дефектами, притаманними різним типам каркасів (сталевим, залізобетонним, сталезалізобетонним). Приведена класифікація може бути розширена при аналізі конкретних прикладів проектування, будівництва та експлуатації сталезалізобетонних каркасів, адже кількість можливих дефектів апіорі перевищує будь-яку кількість новостворених конструкцій.

Внаслідок необізнаності будівельників, а подекуди й проектувальників, стосовно особливостей роботи нового типу конструктивних систем виникнення в них дефектів є особливо небезпечним.

#### ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Ерёмин К. И. Аварии зданий и сооружений и их причины. [Текст] / Пермьяков М.Б., Асланов С.А., Хребто В.Е., Сафронов М.Ф. – Экология промышленного производства: Межотраслев. науч. практич. журнал по отеч. и зарубеж. мат-лам – М., 2001, №2. - С. 16 – 17.
2. Савицкий М.В. Методика обстеження та оцінки технічного стану

- залізобетонних конструкцій відповідальних об'єктів [Текст] / М.В. Савицький, Т.Ю. Шевченко, А.О. Титюк, О.М. Савицький – Вісн. Нац. ун-ту «Львів. політехніка». Теорія і практика буд-ва. – 2010. – № 662. – С. 320-322.
3. Воскобійник О. П. Типологічна класифікація дефектів та пошкоджень сталезалізобетонних конструкцій [Текст] / О.П. Воскобійник // Строительство. материаловедение. машиностроение : сб. науч. тр. – Дн-ск: ПГАСА, 2011. – Вып. 61.– С. 98–108.
  4. ДБН В.2.6-160:2010. Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення [Текст] : чинний з 2011–09-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 55 с.
  5. Довженко О. О. Варіаційний метод розрахунку несучої здатності закладних деталей вузлів сталезалізобетонних рам [Текст] / О. О. Довженко, О. В. Малюшицький // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне, 2012. – Вып. 23. – С. 211–216.
  6. Кортушов П. Г. Вузли з'єднання трубобетонних стояків із монолітним залізобетоном [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / П. Г. Кортушов. – Полтава, 1999. – 20 с.
  7. Назаров О. В. Напружено-деформований стан трубобетонних елементів при місцевих силових впливах [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.01 / О. В. Назаров. – К., 2004. – 20 с.
  8. Семко О. В. Про концепцію оптимальності різних типів каркасів промислових та громадських будівель [Текст] / О. В. Семко, О. П. Воскобійник // Промислове будівництво та інженерні споруди. – К., 2008. – № 3. – С. 22–25.
  9. Семко О. В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : монографія / А. В. Семко. – К. : Сталь, 2004. – 320 с.
  10. Семко О. В. Особливості конструювання і розрахунку вузлів сталобетонних колон з швелерів [Текст] / О. В. Семко, А. В. Гасенко // Будівельні конструкції : зб. наук. пр. – К. : НДІБК, 2006. – Вып. 65. – С. 183–186.
  11. Семко О. В. Вузол з'єднання монолітного залізобетонного перекриття зі сталезалізобетонною колоною з використанням фасонки [Текст] / О. В. Семко, А. О. Дмитренко, Т. А. Дмитренко // Галузеве машинобудування, будівництво : зб. наук. праць. – Полтава : ПолтНТУ, 2011. – Вып. 1 (29). – С. 161–165.
  12. Семко О. В. Особливості роботи та напружено-деформованого стану сталезалізобетонних балок, що працюють на складні види деформацій [Текст] / О. В. Семко, О. П. Воскобійник, А. О. Пойда // Науковий вісник будівництва. – Харків : ХДТУБА, ХОТ АБУ, 2011. – Вып. 66. – С. 137–142.
  13. Семко О. В. Керування ризиками при проектуванні та експлуатації сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : монографія / О. В. Семко, О. П. Воскобійник. – Полтава : ПолтНТУ, 2012. – 514 с.
  14. Стороженко Л. И. Сталезалізобетонные конструкции [Текст] / Л. И. Стороженко, О. В. Семко, В. И. Ефименко. – К. : Четверта хвиля, 1997. – 160 с.