

УДК 624.015.5

**АНАЛИЗ СУЧАСНОГО СТАНУ КОНСТРУЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ ЗІ
СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ**

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ
ЗДАНИЙ СО СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ**

**ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE CONSTRUCTION OF
BUILDINGS WITH REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

Єфіменко В.І., д.т.н., проф. (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг), **Паливода О.А.** (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг)

Ефименко В.И., д.т.н., проф. (Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог), **Паливода А.А.** (Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог)

Efimenko V.I., Doctor of Engineering, Professor (Kryvyi Rig National University, Kryvyi Rig), **Palyvoda O.A.** (Kryvyi Rig National University, Kryvyi Rig)

Виконано аналіз застосування сталезалізобетонних конструкцій; розглянуто тенденції в будівництві, що впливають на більш широке використання сталезалізобетону; окреслено основні напрямки його розвитку; відзначено причину гальмування цього розвитку.

Выполнено анализ применения сталежелезобетонных конструкций; рассмотрено тенденции в строительстве, которые влияют на более широкое использование сталежелезобетона; очерчено основные направления его развития; отмечено причину торможения этого развития.

Analysis of reinforced concrete structures using is performed; trends in construction which affect extended use of composite reinforced concrete are studied; main directions of its development are outlined; the cause of inhibition of this development is noted.

Ключові слова:

Сталезалізобетон, застосування, розвиток.

Сталежелезобетон, применение, развитие.

Composite reinforced concrete, using, development.

Вступ. Науковий прогрес в області будівельних конструкцій серед інших факторів полягає в пошуку нових поєднань сталі та бетону для їх спільної раціональної роботи в конструкції. До таких конструкцій відносяться і сталезалізобетонні. В наш час сталезалізобетонні конструкції широко розповсюджені в цілому світі. Використання цих конструкцій в будівлях та спорудах обумовлюється їх економічною доцільністю та особливостями архітектурно-планувальних рішень.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження сталезалізобетонних конструкцій в різні роки проводилися такими вченими, як Р.В. Воронков [1], Ф.С. Клименко [2], Л.І. Стороженко [3,4], В.І. Єфіменко [3], О.В. Семко [4,5] та інші.

Останнім часом техніко-економічний розвиток будівництва набув нових особливостей, які накладають свій відбиток на доцільність використання сталезалізобетону. Це насамперед збільшення кількості і підвищення якості комплектів опалубки для монолітних залізобетонних конструкцій, набуття досвіду їх використання, застосування суперпластифікаторів для монолітного бетону, що дозволяє достатньо впевнено контролювати якість бетонних робіт. Збільшення обсягів будівництва збільшує навантаження на підприємства збірного залізобетону та на існуючий в них парк автоформ, який розширюється недостатніми темпами. Це призводить до збільшення вартості збірного залізобетону, порівняно з монолітним. Подорожчання сталевих труб відбувається теж більш швидкими темпами, ніж листового та фасонного прокату [3].

Сталезалізобетонні конструкції поєднують в собі всі позитивні характеристики як залізобетонних, так і сталевих конструкцій.

Сталезалізобетонна конструкція є комплексною, що складається зі сталеві труби та бетонного ядра, які працюють спільно. На відміну від звичайного сталевий стержня, сталезалізобетонний ефективно працює на стиск. Така ефективність пояснюється тим, що бетон в трубі знаходиться в умовах всестороннього стиску. В процесі роботи конструкції створюється об'ємний напружений стан бетону, що підвищує його міцність приблизно у 2 рази і дозволяє йому витримувати поздовжнє напруження, яке є значно більшим за призмову міцність. Труба-оболонка виконує функції як поздовжнього, так і поперечного армування, сприймаючи зусилля по всім напрямкам і під будь-яким кутом [4].

А також дослідженнями встановлено, що замість очікуваної усадки відбувається набухання бетону в трубі та його розширення. Це розширення зберігається протягом багатьох років, що сприяє кращій роботі конструкції. Причиною набухання є відсутність обміну вологою між бетоном та зовнішнім середовищем. При цьому величини усадочних деформацій досить незначні. Це є однією з переваг сталезалізобетону.

Таким чином, ізоляція бетону від зовнішнього середовища створює кращі умови для роботи бетону під навантаженням. В неізольованому бетоні

розвиток мікротріщин весь час прогресує, а нелінійність деформації повзучості спостерігається протягом місяця. Тоді як в ізольованому бетоні при тих же напруженнях ці показники зникають в перші дні експлуатації [5].

Заповнення сталеві труби бетоном підвищує її протикорозійну стійкість, захищаючи від корозії її внутрішню поверхню, зменшує гнучкість елементу, збільшує місцеву стійкість стінок труби, підвищує опір оболонки зминанню у вузлах спряження та при ударних впливах під час транспортування та монтажу.

Зовнішня поверхня трубобетонних конструкцій приблизно в 2 рази менша, ніж конструкцій з профільованого прокату, внаслідок чого у них менші витрати на фарбування та експлуатацію. На циліндричних поверхнях затримується менше пилу та бруду, які являються активізаторами процесів атмосферної корозії, тому трубобетонні конструкції мають кращу корозійну стійкість.

Використання циліндричних стержнів в спорудах, на які діють значні вітрові навантаження, дозволяє знизити ці навантаження за рахунок покращення аеродинамічних властивостей. Стержень круглого перерізу є рівностійким при однакових розрахункових довжинах. Жорсткість на кручення такого стержня значно вища за жорсткість стержня відкритого профілю. При використанні трубобетонних конструкцій немає необхідності у фарбуванні, металізації чи герметизації внутрішніх поверхонь труб, що є обов'язковим для трубчастих конструкцій, незаповнених бетоном.

Сталезалізобетонні конструкції мають переваги в порівнянні з залізобетонними. Відомо, що застосування залізобетонних конструкцій дозволяє економити сталь: на ферми – до 40%, на балки – до 20%, на колони – 50-70%. Проте при цьому вартість зведення залізобетонних конструкцій вища, ніж сталевих: ферм – до 40%, підкранових балок – до 55%, колон – до 35% [6]. Отже, заміна сталевих конструкцій залізобетонними хоча і дає економію сталі, проте веде у ряді випадків до подорожчання споруд і будівель на стадії зведення (монтажу).

Застосовуючи сталеві конструкції замість залізобетонних, необхідно враховувати умови, в котрих вони будуть знаходитись при експлуатації. Обстеженнями встановлено, що при підвищених температурах конструкції з залізобетону з бетонами звичайних марок руйнуються через 5-10 років внаслідок пересушування бетону та дегідратації цементного каменю [7]. В агресивних умовах з успіхом можна застосовувати сталезалізобетон, в якому бетон захищено від агресивного впливу сталеві оболонкою.

Повна вартість споруд з трубобетону значно менша вартості аналогічних залізобетонних та сталевих. Менша маса сталезалізобетонних елементів в порівнянні з залізобетонними полегшує їх транспортування і монтаж. Сталезалізобетон є більш економічним від залізобетону і внаслідок відсутності опалубки, кружал, хомутів, відгинів, петель, закладних деталей; він більш витривалий, менш схильний до механічних пошкоджень.

Відсутність розподільної та робочої арматури дозволяє отримати більш високоякісну укладку жорстких бетонних сумішей. Але водночас професор Стороженко [4] виділяє декілька недоліків, основним з яких є погана спільна робота гладкої поверхні листової сталі з бетоном.

Широке застосування трубчатих конструкцій в будівництві потребує зниження вартості самих труб, що може бути досягнуто при виробництві труб з листового прокату електрозварним способом. Собівартість електрозварних труб виявляється вищою собівартості сортового прокату на 2-6% [3]. Електрозварні труби відрізняються підвищеною точністю товщини стінки, діаметра, овальності, а отже, і задовольняють умовам використання в будівництві.

Сталезалізобетонні конструкції дуже надійні в експлуатації і, на відміну від звичайних залізобетонних конструкцій, мають інший характер руйнування. Вони не втрачають несучу здатність миттєво, а довгий час здатні витримувати зростаючі навантаження [5].

Доведено, що їх раціонально застосовувати у вигляді конструкцій, що працюють на згин; у вигляді стійок, що сприймають великі навантаження; а також в інженерних спорудах [4]. Поперечні перерізи таких конструкцій можуть бути різноманітними. Проте більшого розповсюдження набули конструкції з круглим у плані поперечним перерізом.

Постановка мети і задач досліджень полягає у наступному: виконати аналіз застосування сталезалізобетонних конструкцій та визначити їх переваги; визначити тенденції в будівництві, що впливають на застосування сталезалізобетону, а також розширити перелік напрямків його практичного використання.

Методика досліджень. Опрацювання друківаних джерел та вивчення досвіду практичного застосування сталезалізобетону різними підприємствами; виконання техніко-економічного порівняння та проведення аналізу результатів експлуатації сталезалізобетонних конструкцій із аналогічними, що виготовлені зі сталі та залізобетону.

Результати досліджень. Таким чином, вищевказані фактори та особливості дозволяють назвати такі основні напрямки практичного використання сталезалізобетону:

1) у складних індивідуальних будівлях та спорудах, запроектованих саме під сталезалізобетонні конструкції; це насамперед такі, в яких використовується на момент будівництва) сталевий каркас, який після обетонування сприймає значні тимчасові корисні навантаження; використання тут сталезалізобетону обумовлено конструктивними рішеннями будівель [6];

2) у випадках, коли це обумовлено конкретним техніко-економічним порівнянням із чисто сталевими або залізобетонними елементами (конструкціями); це монолітні сталезалізобетонні балки робочих майданчиків або міжповерхових перекриттів, в яких використовуються

площинні елементи інвентарної опалубки під монолітний залізобетон по сталевих балках перекриття, без використання незійомної опалубки з профнастилу або ребристих залізобетонних панелей [4];

3) підсилення існуючих сталевих або залізобетонних конструкцій утворенням комплексних сталезалізобетонних елементів; в цю категорію входять ті конструкції, в яких утворюється додатковий ефект за рахунок спільної роботи сталевого прокату та засобів анкетування [5].

Таким чином, актуальність застосування сталезалізобетонних конструкцій не викликає сумнівів, проте більш широке їх використання стримується тим, що нормативний документ щодо проектування таких конструкцій, який діє в Україні, з'явився зовсім нещодавно і набув чинності лише наприкінці 2011-го року.

При широкому застосуванні сталезалізобетонних конструкцій необхідним є індустріальний та більш продуктивний метод заповнення труб бетоном, який забезпечує високу міцність та однорідність бетонного ядра. Існують три способи ущільнення бетонної суміші в трубах: глибинне вібрування, штикування та зовнішнє вібрування [4].

Глибинне вібрування виконується глибинними вібраторами, що вводяться в бетон. Оболонка стержня при цьому нерухома. Такий спосіб застосовують при великих діаметрах труб (більше 100 мм).

Штикування – виконують вручну стержнями, довжина яких більша за довжину труби. Оболонка стержня при цьому способі також нерухома, а бетон ущільнюється під впливом стержнів, що переміщуються. При штикуванні одержують досить невисокий рівень якості бетону.

Найбільш ефективним та універсальним є метод *зовнішнього вібрування*, що здійснюється за допомогою вібростолу з вертикальними гармонічними коливаннями. При цьому способі труби, що надійно прикріплені до вібростолу у вертикальному положенні, вібрують разом з ним. Бетон подається зверху через воронки у вібруючу трубу, заповнює її і одночасно з цим ущільнюється.

Технологія виготовлення трубобетонних стержнів за допомогою зовнішнього вібрування розширює можливості конструювання потужних вузлів наскрізних конструкцій за рахунок використання прорізних фасонки та інших деталей, що розташовані в трубі. Глибинне вібрування ж ускладнює встановлення цих деталей в трубі.

Сталезалізобетонна конструкція являє собою сукупність поєднаних стержнів, тому необхідно приділяти належну увагу їх з'єднанню.

Найпростішим способом є осьовий, тобто «в стик». Стиснутий стик трубобетонного стержня повинен забезпечувати передачу зусиль як по оболонці, так і по ядру. Існують два конструктивних рішення стиків для передачі зусиль по ядру. При першому з них, трубобетонні елементи плоскими торцями щільно примикають один до одного. Таке рішення називають «сухим» стиком. За іншим рішенням бетонне ядро не доводиться

до місця обрізу оболонки стержня. Після стикування оболонок двох стержнів між суміжними торцями бетонних ядер залишається вільна порожнина, яку заповнюють бетоном або розчином. Це рішення дістало назву «мокрого». При цьому воно має два варіанти заповнення порожнини: 1) стик заповнюється жорстким розчином та ущільнюється трамбівками; 2) в стикову порожнину вводиться ін'єкція з пластичного розчину. Розрахунок стиків оболонок виконується за всіма правилами розрахунку зварних з'єднань, за якими повинні бути розраховані зварні шви та стикові накладки, якщо вони застосовуються [4].

Як і в трубчатих сталевих конструкціях, кращими є вузли без фасонки з криволінійним обрізом труб. При цьому робота вузлів трубобетонних конструкцій покращується внаслідок відсутності місцевих деформацій оболонки, яка підпирається з внутрішньої сторони бетонним ядром.

На конструкцію вузла впливає технологія збирання конструктивного комплексу в цілому. При традиційному постержневому збиранні, вузол утворюється з'єднанням стержнів. Проте можливо також виготовляти вузли як окремі частини і збирання конструкції ведеться зі стержнів та вузлових елементів. При цьому всі з'єднання виконуються найпростішим способом «стик».

Висновки. Прекрасні конструктивні та технічні властивості сталезалізобетону дозволяють використовувати його в різних сферах будівництва – мостобудування, будівництві метро, промислових та житлових будівлях. Окрім будівництва, сталезалізобетон застосовують в машинобудуванні, де таким чином досягають економії сталі до 40%.

Отже, сталезалізобетон є досить високотехнологічним та перспективним матеріалом; практичне застосування сталезалізобетонних конструкцій різних типів свідчить про необхідність виконання техніко-економічного та конструктивного аналізу варіантів можливого застосування сталезалізобетону; а опрацювання та вдосконалення нормативної бази в Україні прискорить та розширить впровадження надійних та ефективних сталезалізобетонних конструкцій.

1. Воронков Р.В. Железобетонные конструкции с листовой арматурой. – Л.: Стройиздат, 1975. – 145 с.
2. Клименко Ф.Е. Сталобетонные конструкции с внешним полосовым армированием. – К.: Будівельник, 1984. – 88 с.
3. Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація: зб. наук. пр. – Кривий ріг: КТУ, 2006. – 370с.
4. Стороженко Л.І., Семко О.В., Пенц В.Ф. Сталезалізобетонні конструкції.: Навчальний посібник. – Полтава, 2005. – 189 с.
5. Єфіменко В.І. Експлуатаційна надійність сталезалізобетонних конструкцій// Сталезалізобетонні конструкції. Випуск 4. – Кривий Ріг, – 2000. – С. 9-14.
6. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции. – К.: Будівельник, 1978. – 82с.
7. Стрелецкий Н.Н. Сталежелезобетонные конструкции в нашей стране // Металлические конструкции. Работы школы Н.С. Стрелецкого. – М., – 1995. – С. 126-132.