

УДК 624.012

*Л.І. Стороженко, д.т.н., професор  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## **ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ Й БУДІВНИЦТВА СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**

*Розглянуто проблеми, пов'язані з дослідженням, проектуванням і будівництвом сталезалізобетонних конструкцій, зроблено висновок про доцільність їх широкого використання.*

**Ключові слова:** сталезалізобетон, трубобетон, дослідження, проектування, будівництво.

УДК 624.012

*Л.И. Стороженко, д.т.н., профессор  
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

## **ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Рассмотрены проблемы, связанные с исследованием, проектированием и строительством сталежелезобетонных конструкций, сделан вывод о целесообразности их широкого применения.*

**Ключевые слова:** сталежелезобетон, трубобетон, исследование, проектирование, строительство.

UDC 624.012

*L.I. Storozhenko, ScD, Professor  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

## **PROBLEMS OF RESEARCH, DESIGN AND CONSTRUCTION STEEL REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**

*The problems associated with the research, design and construction of steel reinforced concrete structures, the conclusion of the feasibility of their widespread use.*

**Keywords:** steel reinforced concrete, concrete filled steel tube structures, research, design, construction.

**Вступ.** Одним із напрямів у розвитку несучих будівельних конструкцій є пошук таких сполучень бетону і сталі, при яких за умови їх спільної роботи вони сприймали б максимально можливі діючі на них зусилля. Дослідження та використання сталезалізобетону, котрий являє собою сполучення металевих профілів із залізобетоном зі стрижневим

армуванням, набуло надзвичайно широкого розповсюдження в багатьох країнах і, зокрема, в Україні, тому виникає потреба розібратися в проблемах його дослідження, проектування й будівництва.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Відомо, що сталезалізобетонні конструкції, на відміну від звичайних залізобетонних, армовані не тільки стрижневою або дровою арматурою, а й сталевими профілями. Завдяки значним перевагам вони поширилися в усьому світі, що приводить до значної економії матеріалів, енергії та праці. У Європі вже протягом багатьох років уведено в дію нормативний документ Eurocode 4, присвячений проектуванню сталезалізобетонних конструкцій. У колишньому СРСР, у країнах СНД і в Україні подібний нормативний документ багато років був відсутній, у результаті чого застосування прогресивних та економічних сталезалізобетонних конструкцій значно гальмувалося. Проте існують численні вітчизняні й зарубіжні наукові публікації, присвячені сталезалізобетону.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Актуальність застосування сталезалізобетону обумовлено зміною завдань, поставлених сучасним життям перед будівельними організаціями України. Зменшилися обсяги будівництва збірного залізобетону через його велику матеріаломісткість, пов'язану із застосуванням різних статично визначених розрахункових схем конструкцій, а також через обмеженість сортаменту типових конструкцій, великі транспортні та монтажні витрати завдяки використанню потужних кранів. Застосування монолітного залізобетону поки що обмежується відсутністю капіталовкладень у дорогу опалубку, низькою культурою виробництва великих партій бетону для безперервного бетонування. У той же час сталезалізобетонні конструкції, які за часів СРСР застосовувалися лише в мостобудуванні, знаходять все більше поширення в цивільному та промисловому будівництві нашої країни. Це обумовлюється такими перевагами сталезалізобетону:

- можливістю використання будь-яких, зручних замовнику, а не лише модульних, розмірів споруди;
- ефективними нерозрізними статично невизначеними розрахунковими схемами;
- повною, або майже повною, порівняно з монолітним залізобетоном, відсутністю потреби в опалубці;
- більшою порівняно зі сталевими конструкціями вогне- та корозостійкістю;
- меншим обсягом монолітного бетону.

Таким чином, сталезалізобетонні елементи виступають як конкурентоспроможні порівняно із залізобетонними та сталевими конструкціями, проте необхідні подальші роботи як зі створення нових видів сталезалізобетонних конструкцій, так і з дослідження особливостей їх роботи.

**Постановка завдання.** У широкому розумінні сталезалізобетонні конструкції є комплексними трьохелементними несучими конструкціями, які об'єднують традиційні залізобетонні й металеві конструкції з усіма їх позитивними якостями. До складу сталезалізобетонних конструкцій входять різноманітні сталеві прокатні профілі, стрижнева арматура та бетон, поєднані у цілісну конструкцію. Метою статті є розгляд проблем, пов'язаних із дослідженням, проектуванням та будівництвом сталезалізобетонних конструкцій.

**Основний матеріал і результати.** Особливе поєднання сталі й бетону, що створюється в сталезалізобетонному елементі, забезпечує сприятливі умови їх раціональної спільної роботи в комплексному сполученні та дає значну економію матеріалів і всіх інших витрат. При цьому в кожному конкретному випадку використовуються ті чи інші позитивні якості сталезалізобетону: можливість забезпечення несучої здатності в момент будівництва, на відміну від монолітного залізобетону, використання сталевих листів не лише як опалубки, але й як робочої арматури і т. п. Із достатньою повнотою сутність сталезалізобетону та його переваги викладено в навчальному посібнику [1]. Проблеми сталезалізобетону широко розкрито в колективній монографії [2].

Завдяки ефективній роботі під навантаженням, на особливу увагу заслуговують трубобетонні конструкції. Відомі суттєві переваги трубобетону: елементарно просте виготовлення та монтаж, відсутність опалубки, арматурних каркасів і закладних деталей, можливість сприйняття монтажних навантажень до бетонування конструкції. Доведено, що особливо ефективно застосовувати трубобетон у стиснутих елементах, на які діють значні навантаження.

Трубобетонні конструкції як різновид залізобетонних конструкцій із непрямым армуванням мають низку переваг порівняно зі звичайними залізобетонними конструкціями. У трубобетоні сталева труба-оболонка виконує одночасно функції як поздовжнього, так і поперечного армування, сприяє виникненню в елементі об'ємного напружено-деформованого стану. Оболонка сприймає зусилля в усіх напрямках і під різними кутами. Ефект оболонки утворює боковий тиск, який затримує виникнення мікротріщин у бетонному ядрі.

Трубобетонні конструкції дуже надійні в експлуатації, про це свідчить той факт, що у граничному стані вони не втрачають несучої здатності миттєво, як залізобетонні, а ще тривалий час можуть витримувати навіть зростаюче навантаження. Вони мають усі переваги раціональних трубчастих конструкцій, що потребують мінімальної кількості зварних робіт та мають відносно малу зовнішню поверхню. Внутрішня поверхня труб у цьому випадку надійно захищена від корозії. Бетонне ядро в умовах усебічного стиску витримує навантаження, яке значно перевищує призмову міцність і одночасно оберігає трубу від втрати місцевої та

загальної стійкості. Важливою перевагою трубобетонних конструкцій порівняно із залізобетонними є те, що вони не потребують опалубки і закладних деталей, тому що в цьому випадку використовується труба-оболонка. Проблемам трубобетону присвячено монографію [3].

Сталезалізобетонні конструкції викликають значний інтерес науковців та практичних працівників, наслідком чого є традиційні міжнародні науково-технічні конференції «Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація», які проводяться кожні два роки в Криворізькому національному університеті та Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка. Остання, десята конференція, відбулася 2012 року, а її матеріали опубліковано в збірнику наукових праць ПолтНТУ «Галузеве машинобудування, будівництво», випуск 3(33).

Значну увагу сталезалізобетонним конструкціям приділяє наукова та інженерна громадськість усього світу. Свідчення цього – присвячені сталезалізобетонним конструкціям міжнародні наукові конференції, що проводяться практично щорічно в різних містах світу (в Харбіні, Фукуйока, Кошице, Ірзеє, Інсбруці та ін.). На ці наукові форуми подають доповіді практично з усіх розвинутих країн світу. Вони присвячені найрізноманітнішим конструкціям із сталезалізобетону (сталебетону, трубобетону): сумісна робота сталевих балок із монолітними залізобетонними плитами; робота залізобетонних монолітних плит, армованих профільованим настилом; сталезалізобетон у мостових конструкціях і т. п. Трубобетону завжди присвячуються засідання спеціалізованої секції цих конференцій, що свідчить про значну увагу до таких конструкцій. Ураховуючи, що роботу традиційного трубобетону достатньо глибоко вивчено, звертають увагу на специфічні, нетрадиційні сполучення сталі й бетону в стиснутих конструкціях, які забезпечують об'ємний напружений стан у бетонному ядрі. Це і прямокутні поперечні перерізи, в тому числі й зварені з прокатних профілів, і елементи, що армовані, крім прокатної, додатковою стрижневою арматурою.

Міжнародну наукову громадськість цікавлять дослідження роботи трубобетону в сейсмічних умовах. Доведено, що в таких умовах трубобетонні конструкції є дуже надійними. Актуальним є вивчення вузлів сполучення трубобетонних стояків як з монолітним залізобетоном, так і з перекриттями по сталевих балках.

Результати міжнародних конференцій свідчать про зростаючу роль сталезалізобетонних конструкцій у сучасному будівництві, вказуючи, що сталезалізобетон став одним з основних матеріалів при спорудженні несучих конструкцій. Оцінено ефективність різноманітних сполучень бетону та сталі при їх спільній роботі в конструкції. Доведено ефективність застосування сталезалізобетону в конструкціях різних будівель і

споруд, у тому числі в мостах. Подальше розповсюдження отримують монолітні залізобетонні конструкції по профільованому настилу.

Незважаючи на всі економічні труднощі, в Україні продовжуються дослідження й будівництво із застосуванням сталезалізобетонних конструкцій. З останніх праць слід виділити дослідження трубобетону з кільцевими центрифугованими ядрами. Виконані в цьому напрямі роботи показали, що в цьому випадку бетонне ядро працює дуже ефективно, а такі конструкції доцільно використовувати як при стиску з різними ексцентриситетами, так і при роботі на згин. Значний інтерес викликає низка досліджень, присвячених специфічним умовам роботи трубобетону: при крученні, згині, при повторних навантаженнях, в умовах високих температур. Цікаві роботи присвячено виявленню особливостей поведінки трубобетону в місцях обпирання, у вузлах з'єднання і т.п.

Значні роботи з дослідження сталезалізобетонних конструкцій виконують у наш час у Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка, Науково-дослідному інституті будівельних конструкцій (м. Київ), Криворізькому національному університеті, Українській державній академії залізничного транспорту, Національному університеті «Львівська політехніка» та інших наукових закладах.

Вивчено особливості роботи елементів конструкцій з трубобетону залежно від їх геометричних характеристик, фізико-механічних властивостей бетонного ядра та матеріалу оболонки, напруженого стану, що створюється в конструкції. Продовжуються дослідження вузлів поєднання трубобетонних конструкцій, у тому числі з подальшого вдосконалення їх розрахунку з урахуванням об'ємного напруженого стану ядра й оболонки. Розроблено і вивчено нові типи вузлів з'єднання трубобетону з монолітними залізобетонними конструкціями. Викликають безумовний інтерес результати досліджень конструктивних елементів трубобетонних конструкцій зі стрижневим армуванням ядра. Розглянуто й запропоновано нові типи анкерування для забезпечення спільної роботи бетону і металевих профілів. Цікаву роботу виконано з дослідження центрифугованих трубобетонних елементів. Розроблено та введено в дію Державний нормативний документ, присвячений проектуванню сталезалізобетонних конструкцій.

Широке застосування сталезалізобетонних конструкцій у будівництві гальмується відсутністю літератури з їх розрахунку і проектування. Доведено, що в низці випадків їх доцільно будувати в незнімній опалубці [4]. Цікаві несучі конструкції з трубобетону збудовані в різних областях України, в тому числі в Кривому Розі й на Полтавщині. Зокрема, тут доречно нагадати про успішне використання трубобетону в промисловому та цивільному будівництві при підсиленні існуючих будівель і споруд. Заслужують на увагу пропозиції щодо створення нових видів сталезалізобетонних конструкцій, у тому числі структурних покриттів [5],

безбалкових та часторебристих перекриттів [6]. До сьогодні ще дуже багато питань, пов'язаних з будівництвом сталезалізобетонних конструкцій, залишаються не дослідженими. До того ж масове будівництво із застосуванням сталезалізобетонних конструкцій висуває перед науковцями нові питання, на які необхідно давати вичерпні відповіді.

**Висновки.** Використання сталезалізобетонних конструкцій у практиці проектування і будівництва дозволяє підвищити ефективність несучих будівельних конструкцій, знизити вартість, енерго-, трудовитрати та всі інші витрати при зведенні будівель і споруд. Необхідне подальше дослідження особливостей роботи цих конструкцій у будівлях та спорудах різного призначення.

#### *Література*

1. *Стороженко, Л.І. Сталезалізобетонні конструкції / Л.І. Стороженко, О.В. Семко, В.Ф. Пенц. – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – 181 с.*
2. *Високоєфективні технології та комплексні конструкції в промисловому й цивільному будівництві / В.О. Онищенко, О.Г. Онищенко, С.Ф. Пічугін, Л.І. Стороженко, О.В. Семко, Ю.С. Слюсаренко, І.А. Ємельянова. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2011. – 520 с.*
3. *Стороженко, Л.І. Труبوبетон / Л.І. Стороженко, Д.А. Єрмоленко, О.І. Лапенко. – Полтава: АСМІ, 2009. – 322 с.*
4. *Стороженко, Л.І. Залізобетонні конструкції в незнімній опалубці / Л.І. Стороженко, О.І. Лапенко. – Полтава: АСМІ, 2008. – 312 с.*
5. *Стороженко, Л.І. Дослідження і проектування сталезалізобетонних структурних конструкцій / Л.І. Стороженко, В.М. Тимошенко, О.В. Нижник. – Полтава: АСМІ, 2008. – 262 с.*
6. *Стороженко, Л.І. Дослідження та проектування сталезалізобетонних безбалкових і часторебристих перекриттів / Л.І. Стороженко, О.В. Нижник. – Полтава: Дивосвіт, 2011. – 300 с.*

*Надійшла до редакції 25.09.2013  
© Л.І. Стороженко*